

Д. . . онравов :. . Дроно:

ЫСШАЯ ШКОЛ :

С.С.Добронравов В.Г.Дронов

---

---

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Допущено Министерством  
образования Российской Федерации  
в качестве учебника для студентов  
строительных специальностей  
высших учебных заведений



Москва  
«Высшая школа» 2001

Рецензенты:

кафедра технологии строительного производства  
Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета  
(зав. кафедрой — д-р техн. наук, проф. *А.Ф. Мацкевич*);  
вице-президент Главмосстроя, акад. академии проблем качества РФ,  
проф. *Ю.В. Смирнов*

**Добронравов С.С., Дронов В.Г.**

Д 56 Строительные машины и основы автоматизации: Учеб. для  
строит. вузов. — М.: Высш. шк., 2001. — 575 с.: ил.

ISBN 5-06-003857-2

В учебнике рассмотрены основные строительные машины, применяемые в промышленном, гражданском и коммунальном строительстве. Приведены описания конструкций и рабочих процессов машин, указаны область их применения, технико-экономические и эксплуатационные характеристики, а также условия технической эксплуатации. Описаны основные элементы гидропривода строительных машин и системы автоматического управления машинами, в том числе с использованием микропроцессорной техники.

*Для студентов строительных специальностей вузов. Может быть полезен студентам средних специальных учебных заведений.*

УДК 69.002.5  
ББК 38.6-5

ISBN 5-06-003857-2

© ГУП «Издательство «Высшая школа». 2001

Оригинал-макет данного издания является собственностью издательства «Высшая школа» и его репродуцирование (воспроизведение) любым способом без согласия издательства запрещается.

В учебнике в сравнительно небольшом объеме даны необходимые сведения по основным группам специальных и общестроительных машин, применяемых в городском строительстве. По каждой группе машин рассматриваются назначение, область применения, классификация, индексация, устройство, рабочие процессы, конструктивные особенности, принципиальные и кинематические схемы, направления перспективного развития, а также технико-экономические и эксплуатационные показатели машин, основы их технической эксплуатации с наивысшей эффективностью. Учитывая, что в городском строительстве наиболее трудоемкими и дорогостоящими являются отделочные работы, которые составляют до 30% общих трудовых затрат и до 20% от общей стоимости строительства, в учебнике приведены развернутые сведения о строительно-отделочных и ручных машинах.

В книге рассмотрены методы определения производительности строительных машин, что необходимо для правильного выбора типоразмеров и числа машин при выполнении определенных технологических операций.

Большое значение для повышения производительности и качества, снижения трудоемкости и доли ручного труда при выполнении строительно-монтажных работ имеет внедрение новых эффективных технологических процессов и их комплексная механизация и автоматизация.

В учебник включен раздел, в котором изложены основы автоматизации строительных машин и технологических процессов.

Предисловие, введение написаны проф. С.С. Добронравовым и доц. В.Г. Дроновым совместно, главы 4, 7, 8, 11 — проф. С.С. Добронравовым, главы 1, 3, 9, 10 — доц. В.Г. Дроновым, главы 2, 5, 6 — проф. С.С. Добронравовым и канд. техн. наук М.С. Добронравовым совместно.

Авторы выражают глубокую благодарность за ценные замечания и рекомендации рецензентам книги — коллективу кафедры технологии строительного производства Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета (зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. А.Ф. Мацкевич) и начальнику Управления главного механика Главмосстроя проф. Ю.В. Смирнову.

Замечания и пожелания, направленные на улучшение книги, просьба присылать в адрес издательства «Высшая школа».

*Авторы*

Подъем городского строительства на качественно новый уровень возможен за счет последовательного проведения курса на дальнейшую его индустриализацию, существенного сокращения ручного труда, совершенствования структуры и организации строительного производства.

Одним из ведущих факторов в решении задач сокращения себестоимости и сроков строительства, повышения производительности труда и общей эффективности строительного производства является комплексная механизация строительного производства. Широкому внедрению комплексной механизации и автоматизации в строительное производство способствует насыщение строительства необходимым количеством высокопроизводительных машин, освоение производства ряда новых типов машин, расширение технологических возможностей средств механизации и совершенствование организации их эффективного использования.

Непрерывный количественный и качественный рост городского строительства требует дальнейшего сокращения стоимости, трудоемкости, сроков строительного производства, повышения эффективности капиталовложений и производительности труда, успешное решение которых может быть обеспечено совершенствованием технологии и организации работ, внедрением поточных методов производства, повышением эффективности использования существующего машинного парка строительства, созданием и внедрением новых, более совершенных и производительных строительных машин и оборудования, широкой комплексной механизацией и автоматизацией тяжелых и трудоемких технологических процессов, улучшением условий труда.

Современное городское строительство ведется индустриальными методами и представляет собой комплексно-механизованный поточный процесс монтажа зданий и сооружений из сборных элементов, изготавливаемых на заводах и домостроительных комбинатах (ДСК) в условиях высокомеханизованного и автоматизированно-

го производства. В настоящее время в городском строительстве используется огромный парк строительных машин и оборудования (около 600 тыс. ед.), позволяющий комплексно механизировать основные работы на всех стадиях строительного производства. Комплексная механизация строительства на современном этапе развития техники требует внедрения систем машин, базирующихся на применении основных машин повышенной единичной мощности с комплектацией их средствами механизации всех технологических процессов. Важным фактором повышения производительности труда в строительстве является возрастающая оснащенность строительного производства механизацией и нормо-комплектами для кровельных, штукатурных и малярных работ. Для сокращения малоквалифицированного и монотонного труда, а также труда в тяжелых и вредных для здоровья условиях, все шире осуществляются мероприятия по внедрению автоматических манипуляторов (промышленных роботов) при производстве отделочных, землеройно-планировочных и других работ. Номенклатура строительных машин постоянно расширяется и пополняется более совершенными типами и моделями, отвечающими современным требованиям технологии городского строительства.

При производстве строительных работ в сложившихся городских условиях часто возникают дополнительные трудности из-за необходимости выполнения работ в стесненных условиях и в сжатые сроки, поскольку большинство из них связано с нарушением пешеходного движения, установившегося режима работы транспорта, наземных и подземных коммуникаций и т.п. Кроме того, зачастую приходится выполнять трудоемкие подготовительные операции по разрушению старых строений, фундаментов, дорожных покрытий и т.п. Для эффективного выполнения работ в стесненных условиях используется широкая номенклатура высокопроизводительных специальных и универсальных машин многоцелевого назначения, обладающих компактностью, высокими мобильными и транспортными качествами и обеспечивающих полную безопасность работ в данных условиях. Широко используются в стесненных условиях средства малой механизации, позволяющие практически полностью исключить ручной труд. Растущие из года в год масштабы и современная технология городского строительства требуют постоянного увеличения парка строительных машин и оборудования, расширения номенклатуры, повышения технического уровня машин, улучшения организации их использования.

Повышение технического уровня основных видов строительных машин и оборудования обеспечивается прежде всего за счет



повышения их единичной мощности (энергонасыщенности) и производительности, универсальности и технологических возможностей, надежности и долговечности, улучшения удельных показателей важнейших рабочих параметров, развития гидрофикации приводов, широкого использования в конструкциях машин унифицированных узлов, агрегатов и деталей, расширения номенклатуры сменного рабочего оборудования, применения современных систем автоматизации управления рабочими процессами машин, повышения приспособляемости машин к техническому обслуживанию и ремонту, улучшения условий труда машинистов (операторов) и т.п.

От инженера-строителя как руководителя и организатора современного высокомеханизированного строительства требуются знания принципов действия и устройства строительных машин и оборудования, факторов, влияющих на их производительность и качество выполняемых работ, а также основ рационального выбора и правильной эксплуатации машин.

# Глава 1

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

---

### 1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К МАШИНАМ

Каждая машина состоит из сборочных единиц (элементов), выполняющих определенные функции при ее работе: силового оборудования (одного или нескольких двигателей) для получения механической энергии; рабочего оборудования для непосредственного воздействия на перерабатываемый материал и выполнения заданного технологического процесса; ходового оборудования (у переносных и стационарных машин оно отсутствует) для передвижения машины и передачи ее веса и рабочих нагрузок на опорную поверхность; передаточных механизмов (трансмиссии), связывающих рабочее и ходовое (у самоходных машин) оборудование с силовым; системы управления для запуска, останова и изменения режимов работы силового оборудования, включения, выключения, реверсирования, регулирования скоростей и торможения механизмов и рабочего органа машины; несущей рамы для размещения и закрепления на ней всех узлов и механизмов машины. Сборочные единицы многих строительных машин унифицированы.

Машина представляет собой устройство, совершающее полезную работу с преобразованием одного вида энергии в другой. Она состоит из ряда механизмов различного назначения, объединенных общим корпусом, рамой или станиной. Механизмы включают в себя узлы в виде законченных сборочных единиц, представляющих совместно работающие детали. Деталь является частью машины, изготовленной в основном из однородного по наименованию и марке материала без использования сборочных операций. Их подразделяют на простые (заклепка, штифт, шпонка), сложные (распределительный вал, корпус редуктора и двигателя), общего (болты, валы, зубчатые колеса) и специального назначения, применяемые в различных видах машин (крюки кранов, корпуса ковшей экскаваторов, поршни насосов).

Основными требованиями, предъявляемыми к деталям, являются простота их форм, экономичность (стоимость материала, затраты на изготовление и эксплуатацию) и надежность (способность сохранять во времени свою работоспособность). Работоспособность же определяют, как по отдельным, так и совместным показателям прочности, износостойкости, теплостойкости, жесткости, устойчивости и виброустойчивости. Значения необходимых показателей зависят от условий работы деталей (для крепежных деталей — прочность, для ходового винта — износостойкость). Однако главным показателем для большинства деталей является прочность — свойство детали сопротивляться изменению формы (разрушению) под воздействием внешних нагрузок.

Наиболее распространенными способами оценки прочности деталей являются: 1) сравнение расчетных напряжений от действующих нагрузок с допускаемыми напряжениями  $\sigma \leq [\sigma]$  и  $\tau \leq [\tau]$ , где  $\sigma$ ,  $[\sigma]$ , и  $\tau$ ,  $[\tau]$  — соответственно расчетное и допускаемое нормальное или касательное напряжения; 2) сравнение действительного коэффициента запаса прочности  $n$  с допускаемым  $[n]$ , причем всегда  $n \geq [n]$ .

Допускаемые напряжения определяют по формулам  $[\sigma] = \sigma_{\text{пред}}/[n]$  и  $[\tau] = \tau_{\text{пред}}/[n]$ , где  $\sigma_{\text{пред}}$  и  $\tau_{\text{пред}}$  — предельные нормальные и касательные напряжения, при достижении которых нарушается нормальная работа детали, т.е. появляются трещины, деформации, разрушения.

Допускаемый коэффициент запаса прочности включает в себя ряд коэффициентов

$$[n] = [n_1] [n_2] [n_3],$$

где  $[n_1]$  — коэффициент учитывающий точность определения действующих на деталь нагрузок и возникающих в ней напряжений;  $[n_2]$  — коэффициент, учитывающий однородность физико-механических свойств материала детали;  $[n_3]$  — коэффициент, учитывающий специфические требования безопасности работы детали.

Напряжения от действующих на детали нагрузок могут быть постоянными и переменными по времени. Переменные напряжения, в свою очередь, делятся на симметричные, асимметричные, знакопостоянные, знакопеременные и пульсирующие.

При расчетах деталей машин на прочность при постоянных или переменных напряжениях в качестве предельного напряжения принимают соответствующие пределы прочности и выносливости (при растяжении, сжатии, изгибе и кручении), а также коэффициенты запаса прочности по табличным данным. Для определения требуемых размеров детали выполняют проектный расчет по допускаемым напряжениям, а затем уточненный проверочный расчет по коэффициентам запаса прочности.

Надежность деталей зависит от изготовления (точность обработки), и качества используемого материала, а также правильного выбора видов и режимов работы деталей.

Основными материалами для изготовления деталей машин являются стали, чугуны, цветные металлы и сплавы. Стали применяют углеродистые (детали машин и металлические конструкции) и легированные (ответственные детали), а чугуны — серые (широкое использование, в том числе корпуса редукторов), белые (тормозные колодки, отвалы, наконечники зубьев ковшей экскаваторов) и ковкие. Цветные металлы, такие как медь, цинк, свинец, олово, алюминий и другие, используют в основном в сплавах: бронзах, латунях, баббитах, силуминах и т.д. Основное достоинство этих сплавов — сравнительно небольшая масса, коррозионная стойкость, хорошие антифрикционные и технологические свойства, электропроводность и т.п.

Широко используются в строительных машинах и неметаллические материалы: резина (шины, амортизаторы, элементы упругих муфт, ремни, детали уплотнения), кожа (амортизаторы, манжеты, прокладки, ремни), графит (токосъемные щетки, смазка трущихся поверхностей), асбест, металлокерамика и различные виды пластмасс. Последние обладают рядом основных преимуществ перед металлами: легкостью, прочностью, тепло- и электроизоляцией, стойкостью к действию агрессивных сред (щелочей, масел, бензина), фрикционностью и антифрикционностью (в зависимости от назначения детали), шумо- и вибропоглощающими свойствами, сравнительно небольшой трудоемкостью изготовления деталей, более низкой стоимостью и т.д. Из пластмасс изготавливают зубчатые колеса, шкивы, канатные блоки, вкладыши подшипников, втулки, корпусные детали, элементы электрооборудования и т.п. Однако еще более широкое применение ограничивается их склонностью к «старению» (изменение механических и линейных характеристик в процессе эксплуатации).

Определенные требования, наряду с деталями, предъявляются к сборочным единицам и к самим машинам. Основные требования, характеризующие одновременно качество строительных и дорожных машин, можно представить рядом показателей: назначения, надежности, стандартизации и унификации, безопасности, технологичности, транспортабельности, а также экологические, эргономические, эстетические, патентно-правовые и экономические.

Качество — обобщенная способность машины удовлетворять определенным потребностям, связанным с их назначением.

**1. Назначение** характеризуется свойствами машины, определяющими основные функции (для выполнения которых она предназначена) и обуславливающими область их применения. К этой группе относят следующие показатели:

- классификационные, определяющие один или несколько основных параметров (передаточное число редуктора, вместимость ковша экскаватора, скрепера, грузоподъемность кранов, размеры отвала бульдозера и т.п.);

- функциональные и технической эффективности (обеспечение максимально возможной производительности при работе в любую погоду, любое время суток и года, минимальной стоимости единицы продукции при работе в конкретных производственных условиях), а также качества выполняемой работы;

- конструктивные, определяющие основные проектно-конструкторские решения машины (габаритные и присоединительные размеры; рабочее давление в гидросистеме; мощность привода; усилие на рабочем органе; скорости рабочих органов; ширина, глубина и радиус действия; тип ходового устройства и привода; наличие элементов автоматики; приспособленность к меняющимся условиям эксплуатации; возможность работать в стесненных условиях; достаточно высокая маневренность, проходимость, мобильность и устойчивость; минимальная масса; простота и прочность конструкции, легкость ее технического обслуживания и ремонта).

**Маневренность** — способность машины передвигаться и разворачиваться с минимальным радиусом поворота в стесненных условиях стройплощадок и при транспортировании.

**Прочность** — способность машины преодолевать различные неровности местности, небольшие водные преграды, двигаться по грунтам со слабой несущей способностью и снежному покрову. Она характеризуется видом ходового оборудования, силой тяги, удельным давлением на опорную поверхность (грунт, дорожное покрытие), величиной дорожного просвета (расстоянием от нижней точки машины до опорной поверхности), а у колесных машин радиусами продольной и поперечной проходимости.

**Мобильность** — способность машины к достаточно быстрому перемещению с объекта на объект с минимальной трудоемкостью перевода ее из транспортного положения в рабочее и обратно.

**Устойчивость** — способность машины противостоять действию сил, стремящихся опрокинуть ее при рабочем процессе и перемещениях на подъемах, спусках и косогорах.

**2. Надежность** характеризует общее свойство машины сохранять свою работоспособность во времени и включает в себя такие понятия как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

**Работоспособность** — состояние машины, при котором она способна выполнять заданные функции и сохранять значения заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией.

**Безотказность** — свойство машины непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой нагрузки. Она в свою очередь, характеризуется:

- сопротивляемостью элементов конструкции разрушению, износу, коррозии и т.п.;

- стабильностью физико-механических свойств конструктивных материалов;

- стабильностью рабочих процессов в сборочных единицах, агрегатах и системах.

Для таких причин нарушения работоспособности как коррозия, облучение, действие внешних температурных факторов и т.п., время работы до отказа оценивается календарной продолжительностью работы машины (месяцы, годы) и называется *сроком службы до отказа*, а регламентированное время работы машины — *сроком службы*.

Для большинства машин основное значение имеет продолжительность работы (в отработанных часах) или выполненный объем (число циклов, масса или объем переработанных материалов, производительность и т.п.), поэтому время работы до отказа в этом случае называется *наработкой* на отказ, а регламентированное время работы машины — *ресурсом*.

**Отказ** — нарушение работоспособности машины. Все виды отказов делятся на две группы:

**А** — из-за нарушения элементов (поломки, деформации, износ, обрыв проводов, короткое замыкание и т.п.);

**Б** — вследствие нарушения качества функционирования (нарушение регулировок, засорение гидросистемы, течь в местах соединения шлангов и т.п.).

Отказы классифицируются:

- по частоте — единичные и повторяющиеся;

- по взаимосвязям — первичные (независимые) или вторичные (зависимые), вызванные действиями другого отказа;

- по условиям возникновения — возникшие при выполнении основных функций или при хранении, транспортировке, на холостом пробеге;

- по уровню внешних воздействий — при нормальных или ненормальных (отклонение от правил техобслуживания и управления, при недопустимых нагрузках и т.п.) условиях работы;

- по внешним проявлениям — явные (быстрое обнаружение) и скрытые (время обнаружения выше установленных норм);

- по виду — легкие (разрушение прокладки), средние (вызывают остановку машины для ремонта), тяжелые (значительные разрушения);

- по сложности устранения — требуют проведения технического обслуживания, текущего или капитального ремонта;

- по способности к восстановлению — устраняемые в эксплуатационных или стационарных условиях;

- по возможности прогнозирования — прогнозируемые (диагностическими приборами от изменения параметров, наработки, возраста) или непрогнозируемые;

- по характеру изменения параметров — постепенные (начинаются сразу после начала работы машины, зависят от длительности работы и связаны с процессами износа, коррозии, усталости и ползучести материалов); внезапные (сочетание неблагоприятных факторов и случайных внешних воздействий, превышающих возможности машины к их восприятию, возникают через некоторые случайные промежутки времени, не зависят от состояния машины и длительности предыдущей работы, а процесс протекает быстро) и сложные (включают особенности предыдущих отказов, время возникновения — величина случайная, а скорость процесса зависит от сопротивляемости элементов машины);

- по последствиям — отказы функционирования (связаны с повреждениями отдельных элементов машины, которая не может выполнять свои функции: выкрошился зуб шестерни, насос не подает масло в систему, не заводится двигатель внутреннего сгорания) или параметрические (машина может выполнять свои функции, но работает за пределами своих технических требований — характеристик: загазованность воздуха, падение КПД передачи, снижение давления в рабочей жидкости гидросистемы). Оба вида отказов могут быть как постепенными, так и внезапными (в последнем случае отказ будет параметрическим, если потеряна точность работы машины или ее элементов, и функциональным, если произошло заклинивание одного из механизмов).

**Долговечность** — свойство машины сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

**Предельное состояние** машины возникает при невозможности ее дальнейшей эксплуатации.

В строительных машинах различают три группы элементов, отличающихся характеристиками предельных состояний:

**А** — невозстанавливаемые элементы после первого отказа (пружины, подшипники качения, зубчатые колеса, уплотнения, тормозные накладки);

**Б** — восстанавливаемые элементы и простые системы, имеющие в эксплуатации более одного отказа. Их работоспособность до предельного состояния поддерживается регулировкой, очисткой, заменой элементов и т.д. Предельное состояние — отказ, вызывающий необходимость в восстановительном или капитальном ремонте;

**В** — сложные системы (машины в целом). Работоспособность их до предельного состояния поддерживается в результате проведения мероприятий по техническому обслуживанию и текущему ремонту. Предельное состояние наступает при возникновении необходимости в капитальном ремонте или списании машины.

**Ремонтопригодность** — приспособленность машины к предупреждению, обнаружению и устранению причин повреждений (отказов) путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Ремонтопригодность машин включает в себя следующие основные понятия:

- доступность (удобство осуществления осмотра по регулировке и замене деталей руками и инструментом с отсутствием работ на ощупь и с минимальными объемами дополнительных работ и минимальной утомляемостью рабочих);

- контролепригодность (возможность контроля технического состояния элементов машин при профилактических мероприятиях, а также поиска отказавшего элемента или причины неисправности с помощью специальных методов и средств, к каковым относятся диагностическая аппаратура, индикаторы давления, температуры, загрязненности фильтров и т.п.);

- легкосъемность (замена сборочных единиц или агрегатов с минимальными затратами времени и труда, определяемая массой, габаритами, системой крепления и конструкций разъемов съемного узла);

- взаимозаменяемость (характеризуется объемами пригоночных работ при установке однотипных элементов);

- блочность и агрегатность (возможность демонтажа и монтажа на машину сборочной единицы или агрегата без предварительной разборки его или смежного с ним узла);

- степень унификации (использование однотипных деталей и сборочных единиц в разных машинах, особенно на ограниченном пространстве применения последних).

**Сохраняемость** — свойство машины сохранять исправное состояние и работоспособность в течение и после срока хранения или транспортирования. Она характеризуется сопротивляемостью конструкцией машины изменению характеристик элементов под воздействием влажности, атмосферного давления, облучения, загрязненности атмосферы, окружающей температуры, собственной массы при хранении и т.п. Высокие показатели сохраняемости достигаются лакокрасочным покрытием и герметизацией, применением специальных заглушек и пробок, установкой опорных приспособлений, хранением в боксах и др.

Все показатели надежности носят вероятностный статистический характер.

**3. Стандартизация и унификация** характеризуют насыщенность машин стандартными, унифицированными и оригинальными деталями и сборочными единицами.

**Стандартизация** предусматривает введение обязательных норм — стандартов, которым должны соответствовать определенные детали, сборочные единицы и параметры машин при проектировании, изготовлении и эксплуатации. По заводским и отраслевым нормам, государственным (ГОСТ) и международным (ИСО) стандартам выпускается большое количество деталей и узлов (крепежные детали, подшипники, редукторы, гидроаппаратура, системы и приборы автоматизации), применяемых в машинах различного назначения, а также устанавливаются вместимость ковша экскаватора, грузоподъемность трубоукладчика и др.

Конструкцию машин допускается изменять и совершенствовать. В соответствии с этим используется взаимозаменяемость деталей и узлов, позволяющая производить их сборку или замену без предварительной подгонки.

Взаимозаменяемость основана на широкой унификации, т.е. на рациональном сокращении номенклатуры однотипных деталей и сборочных единиц для применения их в разных машинах, а также и в однотипных машинах.

Наличие стандартов позволяет осуществить массовое изготовление по новейшей технологии деталей и узлов, повышение их качества (ведущее к надежности и долговечности) и снижение затрат времени, труда материалов и средств при проектировании, изготовлении и эксплуатации машин.

**4. Эргономические требования** отражают взаимодействие человека с машиной и делятся на:

- гигиенические — соответствие кабины условиям жизнедеятельности и работоспособности машиниста (размеры кабины, освещенность, вентиляция с фильтрами для очистки воздуха, вибрация, пыле- и газонепроницаемость и т.д.);

- антропометрические — соответствие рабочего места и его частей форме, весу и размерам тела машиниста (удобное, регулируемое по высоте и горизонтали сиденье машиниста, регулируемые подлокотники, расстояние до рычагов, рукояток и кнопок управления и т.д.);

- физиологические и психофизические — соответствие рабочего места физиологическим свойствам машиниста и особенностям функционирования его органов чувств (скоростные и силовые возможности машиниста требуют легкое механизированное или автоматизированное управление; пороги слуха, зрения и т.д.);

- психологические — соответствие рабочего места машины возможностям восприятия и переработки информации, соответствие закрепленным и вновь формируемым навыкам человека.

Частично эргономические требования представлены в требованиях безопасности.

**5. Эстетические требования** характеризуются информационной выразительностью (соответствие формы назначению), рациональностью форм, целостностью композиции, совершенством производственного исполнения, соответствием современному стилю, внутренней и внешней отделкой и окраской, согласованностью с окружающей средой, удобством расположения и четкостью исполнения фирменных знаков, марок, указателей и т.п.

**6. Экологические требования** учитывают вопросы, связанные с охраной окружающей среды при эксплуатации машин. К ним относятся выявление возможностей механических (нарушение земной поверхности и растительности), химических (содержание и вероятность выбросов вредных частиц, газов, масел, топлива, излучений не только при эксплуатации, но и при хранении и транспортировании), световых, звуковых, биологических, радиационных (растительный и животный мир) и других воздействий на окружающую среду с целью их ограничения до допустимых пределов.

**7. Безопасность** должны обеспечивать конструкция машины, меры и средства защиты людей, работающих на машине и рядом с ней при эксплуатации, монтаже-демонтаже, ремонте, хранении, транспортировании, в зонах возможной опасности, в том числе в аварийных и послеаварийных ситуациях от механических (защита движущихся элементов машины кожухами, заносы и устойчивость, на поворотах и при вращении поворотных платформ, в продольном и поперечном направлениях против опрокидывания), электрических (замыкания в электроцепи), тепловых (разогреваемые строительные материалы, пар, повышенная температура воды, двигателя, сварка и наплавка) воздействий, ядовитых и взрывчатых паров, шумов, радиоактивных излучений и т.п.

Снижение травматизма достигается повышением прочности и жесткости конструкции кабины, использованием на них бесосколочных стекол, установкой на окна защитных решеток, а в потолке — аварийного люка, обеспеченностью звуковой и световой сигнализацией и приборами, предупреждающими о критических ситуациях и при взаимодействии с совместно работающими рабочими, автоматическими устройствами безопасности и блокировки. Большое значение имеет обзорность, т.е. хорошая видимость и освещенность рабочих органов и окружающих их участков рабочей среды, в том числе с круговым обзором для мобильных машин. На машине должны устанавливаться огнетушители, противоосколочные козырьки, стеклоочистители, омыватели и устройства, исключющие обледенение и запотевание стекол, обогревателей для холодного времени года, кондиционеров для жаркого и тропического климата и т.д.

**8. Технологичность** предусматривает оптимальное распределение затрат материалов, средств, труда и времени при подготовке производства, изготовлении деталей, сборке и отделке узлов и машины в целом, эксплуатации и ремонтах (в том числе удобство замены узлов и агрегатов), возможность использования прогрессивных технологий с автоматизацией процессов путем внедрения манипуляторов и промышленных роботов.

**9. Транспортабельность** машин и оборудования должна обеспечить их приспособленность к перемещению в пространстве на транспорте (автомобильном, железнодорожном, водном, воздушном), с прицепом, на специальных транспортных средствах и своим ходом с минимальными затратами труда и времени на подготовительные операции (укладка в тару, упаковывание, частичный демонтаж, погрузка, крепление и т.п. с противоположными операциями после перевозки).

**10. Патентно-правовые требования** предусматривают патентные чистоту (оригинальные решения в конструкции машин) и защиту (заявки на изобретения в нашей стране, патенты в странах предполагаемого экспорта) машин и являются основным фактором при определении их конкурентоспособности, для возможной реализации не только в стране, но и на внешнем рынке.

**11. Экономические требования** характеризуются ценой и экономическим эффектом, определяемыми на стадиях проектирования, подготовки производства, изготовления, испытаний и эксплуатации при соответствующем увеличении производительности, снижении массы машины, стоимости перерабатываемой продукции и улучшении качества выполняемых работ.

Все вышеизложенные требования, предъявляемые к строительным машинам и оборудованию, регламентируются соответствующими заводскими, отраслевыми, государственными и международными правилами, нормами и стандартами.

Практически все машины состоят из ряда основных сборочных единиц, к которым можно отнести ходовое, силовое и рабочее оборудование, трансмиссии и системы управления, установленные на общей раме (неповоротной, поворотной) или станине.

Каждая машина имеет ряд документов, без которых невозможно ее изготовление, эксплуатация и ремонт. Основными являются:

- чертеж общего вида — документ, определяющий конструкцию машины, взаимодействие ее основных частей и поясняющий принцип действия;

- сборочные чертежи и чертежи деталей — документы, изображающие деталь и данные для ее изготовления и контроля (размеры, обработка, допуски, посадки) или сборочную единицу и данные для ее сборки и контроля;

- схемы — документы, на которых в виде условных обозначений показаны составные части машины и связи между ними (кинематическая для механического привода, электрическая, гидравлическая, пневматическая и др.);

- техническое описание и инструкция по эксплуатации;

- инструкция по монтажу, демонтажу и перевозке (по необходимости).

## 1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ИНДЕКСАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

**Классификация.** В строительстве эксплуатируется значительное количество машин, различающихся между собой по назначению, конструкции, принципу действия, размерам, параметрам и т.п. Рассмотрим основы классификации строительных машин и оборудования.

*По назначению* (технологическому признаку) машины делят на транспортные; транспортирующие; погрузочно-разгрузочные; грузоподъемные; для земляных работ; для свайных работ; для переработки и сортировки каменных материалов; для приготовления, транспортировки, укладки и уплотнения бетонных и растворных смесей; для уплотнения грунтов; для ремонта и содержания дорог; для отделочных работ; ручные машины. Каждая группа делится на подгруппы (бульдозеры, скреперы, экскаваторы в группе машин для земляных работ). Внутри подгрупп машины отдельных типов различаются конструкцией узлов или машин в целом (экскаваторы одноковшовые с прямой или обратной лопатой, траншейные роторные или цепные, шагающие, с поперечным копаньем). Каждый тип машин имеет ряд типоразмеров (моделей), близких по конструкции, но отличающихся отдельными параметрами (вместимость ковша, размеры, масса, мощность, производительность). При изготовлении машин одного типоразмерного ряда широко используются стандартные детали и унифицированные сборочные единицы.

*По режиму работы* (принципу действия) различают машины периодического (циклического) действия, выполняющие работу путем периодического многократного повторения одних и тех же чередующихся рабочих и холостых операций с циклической выдачей продукции (бульдозеры, скреперы, одноковшовые экскаваторы) и машины непрерывного действия, выдающие или транспортирующие продукцию непрерывным потоком (многоковшовые экскаваторы непрерывного действия, конвейеры). Машины циклического действия отличает их универсальность и приспособленность к работе в различных производственных условиях, а машины непрерывного действия — повышенная производительность. Имеются машины и ком-

бинированного действия (шагающие экскаваторы, экскаваторы поперечного копания для формирования откосов каналов и т.п.).

**По степени подвижности** машины делят на переносные, стационарные и передвижные (в том числе в кузове автотранспорта, прицепные и полуприцепные к грузовым автомобилям, тракторам, тягачам и самоходные).

**По типу ходового оборудования** различают машины на гусеничном, пневмоколесном, рельсовом ходу, шагающие и комбинированные.

**По виду силового оборудования** машины подразделяют на работающие от электрических двигателей и двигателей внутреннего сгорания. Первые обладают большой готовностью к работе, но зависят от наличия электроэнергии, а вторые не зависят от источников энергии и являются автономными. Многие строительные машины имеют комбинированный привод с использованием гидравлических и пневматических двигателей. К таким относят дизель-электрический, дизель-гидравлический (наиболее распространен), дизель-пневматический, электрогидравлический, электропневматический и т.п.

**По количеству двигателей**, установленных на машине, различают одномоторные (все механизмы приводятся в действие от одной силовой установки) и многомоторные (для каждого механизма предусмотрен индивидуальный двигатель).

**По системам управления** машины делят на механические (рукоятки и педали, приводящие в действие системы рычагов), гидравлические (безнасосные и насосные, где частично или полностью используются гидроустройства), пневматические (с использованием сжатого воздуха), электрические (с использованием электрооборудования) и комбинированные (электрогидравлические, пневмоэлектрические и т.п.).

**По степени универсальности** машины подразделяют на универсальные многоцелевого назначения, снабженные различными видами быстросъемных рабочих органов, приспособлений и оборудования для выполнения большого разнообразия технологических операций (строительные одноковшовые экскаваторы, погрузчики) и специализированные, имеющие один вид рабочего оборудования и предназначенные для выполнения только одного технологического процесса (дробильные машины, бетононасосы).

**По степени автоматизации** различают машины с механизированным управлением, с автоматизированным управлением и контролем на базе микропроцессорной техники, с автоматизированным управлением на расстоянии, с автоматическим управлением на базе микропроцессоров и мини-ЭВМ, строительные манипуляторы и роботы, а также роботизированные машины и комплексы.

Более подробная классификация по конкретным машинам и оборудованию будет приведена в соответствующих главах книги.

**Индексация строительных машин.** На все выпускаемые в нашей стране строительные машины распространяется единая система индексации, в соответствии с которой каждой машине разработчиком присваивается индекс (марка), содержащий буквенное и цифровое обозначение. Основные буквы индекса, располагаемые перед цифрами, обозначают вид машины. Например, буквенная часть индекса одноковшовых строительных экскаваторов содержит буквы ЭО, экскаваторов траншейных роторных — ЭТР, цепных — ЭТЦ, землеройно-транспортных машин — ДЗ, машин для подготовительных работ и разработки мерзлых грунтов — ДП, машин для уплотнения грунтов и дорожных покрытий — ДУ, кранов стреловых самоходных — КС, строительных башенных кранов — КБ, оборудования для погружения свай — СП, бурильных и бурильно-крановых машин — БМ, машин для отделочных работ — СО, лебедок — ТЛ, погрузчиков многоковшовых — ТМ и одноковшовых — ТО, подъемников — ТП, конвейеров и питателей — ТК, машин для уборки и очистки городов — КО, ручных машин электрических — ИЭ, пневматических — ИП, вибраторов — ИВ и т.п. Цифровая часть индекса означает техническую характеристику машины. После цифровой части в индекс могут быть включены дополнительные буквы, обозначающие порядковую модернизацию машины, вид ее специального исполнения и т.п.

В нашей стране все строительные машины выпускают в соответствии с Государственными стандартами (ГОСТами). В каждом ГОСТе указываются область его распространения, основные параметры и размеры, технические требования, методы испытаний, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение машин. Предусмотренные в Государственных стандартах показатели и нормы отражают достигнутый передовой уровень техники в нашей стране и за рубежом.

### 1.3. ТРАНСМИССИИ

Трансмиссия представляет собой систему механизмов для передачи энергии от двигателя к исполнительным органам машины с изменением скоростей, крутящих моментов, направления и вида движения. В зависимости от способа передачи энергии их делят на механические, электрические, гидравлические и пневматические. В рассматриваемых ниже механических передачах наиболее распространенными являются передачи вращательного движения, одни из которых используют трение (фрикционные и ременные), а другие — зацепление (зубчатые, червячные, цепные и винтовые). В каждой передаче вал, передающий мощность, называется *ведущим* (входным), а воспринимающий ее — *ведомым* (выходным).

Основными параметрами передач являются мощность на ведущем  $P_1$  и на ведомом  $P_2$  валах (в Вт), а также быстроходность, характеризующаяся угловой скоростью  $\omega_1$  или частотой вращения ведущего  $n_1$  и ведомого  $\omega_2$  и  $n_2$  валов (в рад/с и с<sup>-1</sup>), где  $\omega = \pi n / 30$ . Так как при передаче мощности от ведущего вала к ведомому происходят ее потери на трение в движущихся частях, то  $P_1 > P_2$ . Величина этих потерь характеризуется КПД передачи

$$\eta = P_2 / P_1 < 1.$$

Общий КПД системы передач определяется как произведение КПД отдельных передач:

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \dots \eta_n.$$

Передачи могут выполняться с постоянным и переменным (регулируемым) передаточным числом  $u$ , определяемым как соотношение частот вращения одного вала к другому. Различают понижающие (редукторные) передачи, у которых  $u > 1$  и  $n_1 > n_2$  и повышающие (мультипликаторные), у которых  $u < 1$  и  $n_1 < n_2$ . В строительных машинах преимущественное распространение получили понижающие передачи, у которых

$$u = n_1 / n_2.$$

Передаточное число системы передач определяется как произведение передаточных чисел передач ее составляющих, т.е.

$$u_{\text{общ}} = u_1 u_2 u_3 \dots u_n.$$

Между различными параметрами передач существуют следующие соотношения: мощность  $P$  (Вт) можно выразить через окружное усилие  $F$  (Н) элемента передачи и его окружную скорость  $v$  (м/с):

$$P = Fv \text{ при } v = \pi n D;$$

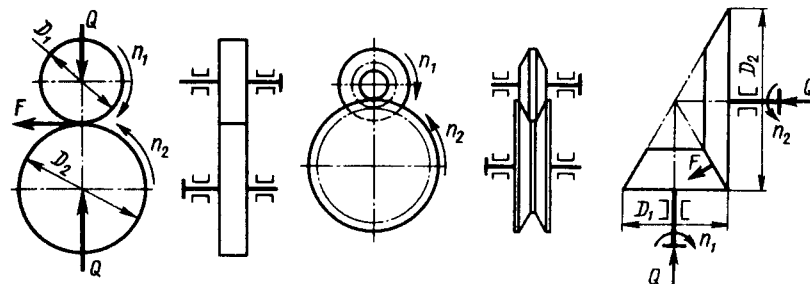
крутящий момент  $M_{\text{кр}}$  (Н·м) можно выразить через мощность  $P$  (Вт) и частоту вращения  $n$  (с<sup>-1</sup>):

$$M_{\text{кр}} = P / n.$$

Крутящие моменты на ведущем  $M_{\text{кр}1}$  и ведомом  $M_{\text{кр}2}$  валах передачи связаны зависимостью

$$M_{\text{кр}2} = M_{\text{кр}1} u.$$

**Фрикционные передачи** работают за счет сил трения, возникающих в месте контакта цилиндрических, конических и клиновых катков (рис. 1.1), при их взаимном прижатии друг к другу с усилием  $Q$ . Величина силы трения между катками  $F = Qf$ , где  $f$  — коэффициент трения. Рабочие поверхности фрикционных катков изготавливают из

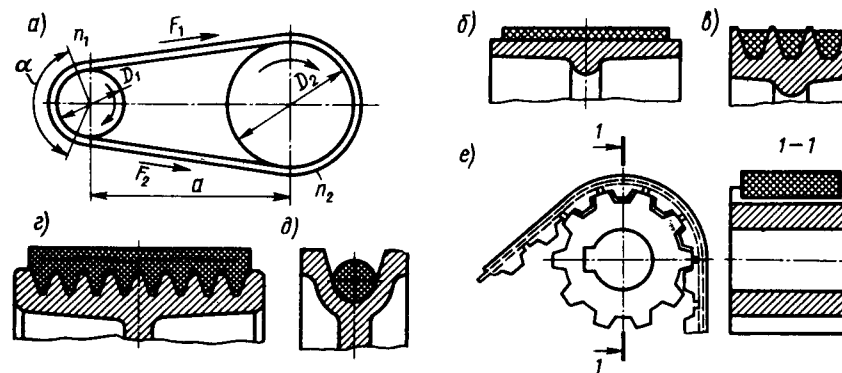


Р и с. 1.1. Фрикционные передачи

различных материалов, применяемых в сочетании сталь по стали, пластмассе, коже, прессованному асбесту или прорезиненной ткани, чугун по коже и т.п. Передаточное число фрикционной передачи без учета проскальзывания катков  $u \approx D_2 / D_1$ , где  $D_1$  и  $D_2$  — диаметры катков. В силовых передачах  $u \leq 10$ . Фрикционную передачу с переменным передаточным числом называют *вариатором*. По конструкции вариаторы разделяют на лобовые, конусные, шаровые, торовые, многодисковые и клиноременные.

Фрикционные передачи просты по конструкции, обеспечивают плавность и бесшумность работы, безударное включение на ходу, бесступенчатое регулирование передаточного числа и реверсивность движения. Основные их недостатки — проскальзывание катков и ограниченный диапазон передаваемых мощностей (до 20 кВт).

**Ременные передачи** состоят из ведущего и ведомого шкивов (рис. 1.2, а), расположенных на определенном расстоянии друг от друга и охватываемых между собой одним или несколькими бесконечными ремнями. Усилие от ведущего шкива к ведомому передается за счет сил трения, возникающих между шкивами и ремнем вследствие натяжения последнего. В соответствии с формой поперечного



Р и с. 1.2. Ременные передачи



сечения ремня различают плоскоременные (рис. 1.2, б), клиноременные (рис. 1.2, в), поликлиновые (рис. 1.2, з) и круглоременные (рис. 1.2, д) передачи. К ремненным передачам условно относят передачи с зубчатыми ремнями (рис. 1.2, е), работающие по принципу зацепления. Плоский ремень таких передач имеет на внутренней поверхности зубья трапецеидальной формы, входящие в зацепление со впадинами на шкиве.

По применяемому материалу стандартные плоские ремни бывают прорезиненные тканевые, полиамидные, кожаные, хлопчатобумажные и шерстяные, круглые — хлопчатобумажные и капроновые, а клиновые — кордтканевые и кордшнуровые. Шкивы передач изготовляют литыми из чугуна, стали и легких сплавов.

Наибольшее распространение в строительных машинах получили клиноременные передачи, обеспечивающие передачу больших мощностей при сравнительно малых межосевых расстояниях и больших передаточных числах. В таких передачах используют один или несколько (но не более восьми) ремней. Оптимальное расстояние между осями шкивов  $a$  составляет для плоскоременных передач  $a_{\min} \geq 2(D_1 + D_2)$ , для клиноременных передач  $a_{\min} = 0,55(D_1 + D_2) + H$ , где  $D_1$  и  $D_2$  — диаметры шкивов;  $H$  — высота сечения ремня.

Передаточное число ременных передач не является строго постоянным (за счет проскальзывания ремня) и определяется по формуле

$$u \approx D_2/D_1.$$

Для плоскоременных передач  $u \leq 5$ , клиноременных  $u \leq 10$ . Окружное (тяговое) усилие передачи

$$F = F_2 - F_1,$$

где  $F_1$  и  $F_2$  — соответственно натяжения в сбегавшей и набегающей ветвях ремня,

$$F_2 = F_1 e^{f \alpha_1},$$

где  $e = 2,718$  — основание натурального логарифма;  $f$  — коэффициент трения между ремнем и шкивом;  $\alpha_1$  — угол обхвата ремнем ведущего шкива;  $\alpha_1 \geq 150^\circ$  — для плоскоременных передач и  $\alpha_1 \geq 120^\circ$  — для клиноременных.

Необходимое натяжение ремня (ремней) в процессе работы обеспечивается регулируемыми и автоматически действующими натяжными устройствами.

Клиновые ремни выпускают семи различных типов (0, А, Б, В, Г, Д, Е), каждый из которых может передавать определенную мощность. Расчет клиноременной передачи сводится к выбору ремня и определению необходимого их количества в зависимости от передаваемой мощности  $P$  (кВт).

$$z = P/P_p,$$

где  $P_p$  — расчетная мощность, передаваемая одним ремнем, кВт;  $P_p = P_0 k_\alpha k_p$ ;  $P_0$  — мощность, передаваемая одним ремнем (по ГОСТу), кВт;  $k_\alpha$  — коэффициент, учитывающий влияние угла обхвата ремнем малого шкива,  $k_\alpha = 0,52 \dots 1$  для  $\alpha_1 = 120 \dots 180^\circ$ ;  $k_p$  — коэффициент, учитывающий режим работы передачи,  $k_p = 0,7 \dots 1$ .

Достоинства ременных передач — простота конструкции и эксплуатации, небольшая стоимость, плавность и бесшумность работы, предохранение механизмов от перегрузки за счет проскальзывания ремня. Основной недостаток — непостоянство передаточного числа.

**Зубчатые передачи** в общем случае состоят из двух зубчатых колес, находящихся в зацеплении. Ведущее, обычно меньшее колесо, называется *шестерней*, а ведомое большее — *колесом*. По взаимному расположению колес зубчатые передачи подразделяют на передачи с внешним (рис. 1.3, а, в—з) и внутренним (рис. 1.3, б) зацеплением.

По расположению геометрических осей валов, на которых установлены зубчатые колеса, различают передачи: с параллельными осями — цилиндрические зубчатые колеса внешнего или внутреннего зацепления (рис. 1.3, а—з), с пересекающимися осями — кониче-

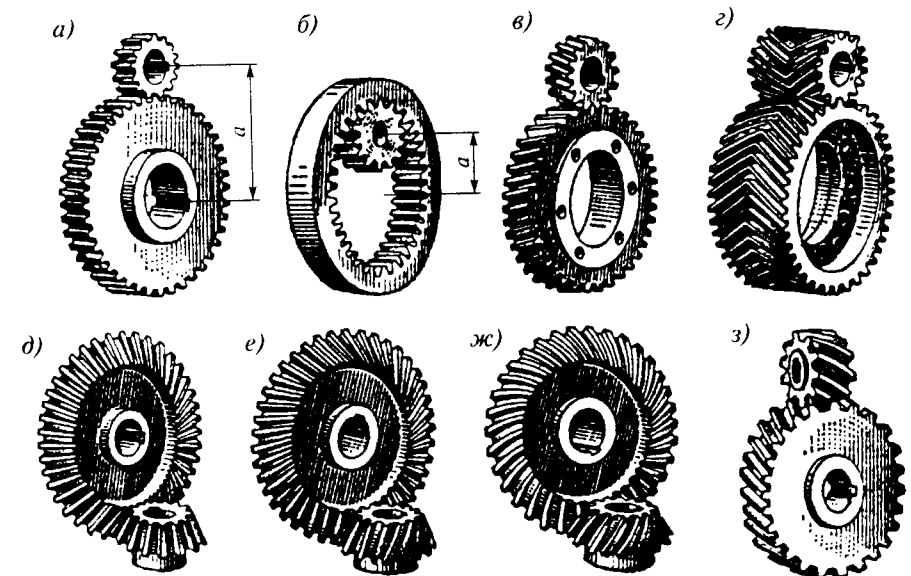


Рис. 1.3. Зубчатые передачи

ские зубчатые колеса (рис. 1.3, *д, е*), с перекрещивающимися осями — цилиндрические винтовые (рис. 1.3, *з*), конические гипоидные (рис. 1.3, *жс*) и червячные (см. рис. 1.6).

По расположению зубьев на колесах передачи бывают прямозубые (рис. 1.3, *а, б, д*), косозубые (рис. 1.3, *в, е*), с круговыми зубьями (рис. 1.3, *жс*) и шевронные (рис. 1.3, *з*).

В строительных машинах наиболее широко применяют цилиндрические зубчатые передачи. По сравнению с ремennыми зубчатые передачи способны передавать большие мощности, обеспечивают точность, постоянство и большие величины передаточного числа, имеют малые габариты, обладают более высокими КПД, долговечностью, надежностью и простотой в эксплуатации.

Рассмотрим геометрию зубчатого зацепления *прямозубых* цилиндрических колес (рис. 1.4). Боковые эвольвентные профили зубьев колес касаются в точке *P*, называемой *полусом зацепления*. Эта точка делит линию центров  $O_1O_2$  в отношении, равном передаточному числу *и*. Окружности диаметрами  $d_1$  и  $d_2$ , касающиеся в точке *P*, называют *делительными* и выбирают в качестве базы для определения основных размеров зубчатых колес. Делительная окружность делит зуб по высоте на две части — головку и ножку. Окружность диаметром  $d_w$ , отсекающую на ножке зуба точку, от которой начинается построение эвольвентного профиля, называют *основной*. Касательная к основным окружностям шестерни и колеса представляет собой геометрическое место точек касания профилей двух соприкасающихся зубьев и называется *линией зацепления*. Угол  $\alpha$  между линией зацепления и перпендикуляром к линии центров колес называют *углом зацепления*.

Геометрические и кинематические параметры зубчатых передач стандартизированы. К основным параметрам прямозубых цилиндрических передач относят:  $z_1$  и  $z_2$  — число зубьев шестерни и колеса;  $u = z_2/z_1$  — передаточное число;  $P_t$  — окружной шаг зубьев (расстояние между одноименными профилями соседних зубьев по дуге делительной окружности), мм;  $m = P_t/\pi$  — модуль зацепления (основная характеристика размеров зубьев), мм;  $h_a = m$  — высота головки зу-

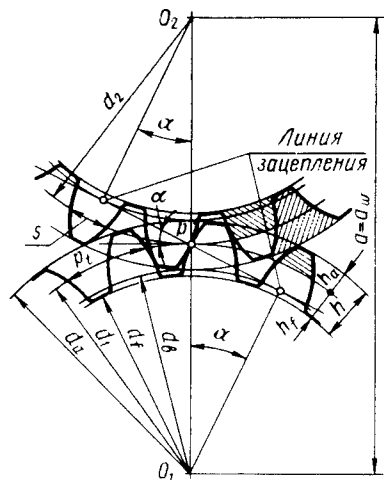


Рис. 1.4. Схема зацепления прямозубых цилиндрических колес

ба, мм;  $S$  — толщина зуба по делительной окружности, мм;  $d = mz$  — диаметр делительной окружности, мм;  $d_a = d + 2h_a = m(z + 2)$  — диаметр окружности выступов, мм;  $d_f = d - 2h_f = m(z - 2,5)$  — диаметр окружности впадин, мм;  $a_w = m(z_1 + z_2)/2$  — межосевое расстояние колес, мм;  $b = (6 \div 10)m$  — ширина рабочей части колес, мм.

Передачи, включающие в себя зубчатые цилиндрические колеса с перемещающимися осями, называют *планетарными* (рис. 1.5). Такая передача состоит из центральной (солнечной) шестерни *а* с наружными зубьями, зубчатого венца *б* с внутренними зубьями и водила *Н*, на котором укреплены оси сателлитов (зубчатых колес) *г*. Вращаясь вокруг своих осей и вместе с осью вокруг солнечной шестерни, сателлиты совершают планетарное движение.

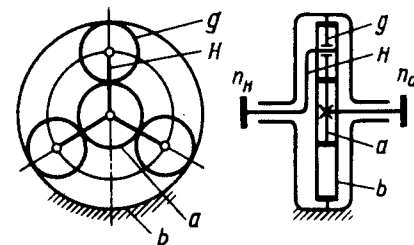


Рис. 1.5. Планетарная передача

В большинстве случаев зубчатый венец *б* выполняется неподвижным, а водило *Н* — подвижным; при этом движение может передаваться от *а* к *Н* и наоборот. Передаточное число планетарной передачи: шестерня *а* — ведущая,  $u_{aH}^b = n_a/n_H = 1 + z_b/z_a$ ; водило *Н* — ведущее,  $u_{Ha}^b = n_H/n_a = 1 + z_a/z_b$ . Если в такой передаче все зубчатые колеса и водило будут подвижными, то такую передачу называют дифференциальной или дифференциалом.

Планетарные передачи все шире применяют в конструкциях современных строительных машин благодаря компактности, малой массе и возможности использования их как редукторов с большими постоянным и переменным (коробки передач) передаточными числами. Они применяются в ходовых и поворотных устройствах стреловых самоходных и башенных кранов, одноковшовых экскаваторов, приводах ленточных конвейеров и ручных машин.

У *косозубых* цилиндрических колес (см. рис. 1.3, *в*) зубья наклонены к оси вращения под углом  $\beta = 8 \dots 15^\circ$ . За счет наклона зубьев увеличивается их длина, что позволяет косозубым передачам передавать большие мощности при одинаковых габаритах с прямозубыми. В отличие от прямых косые зубья входят в зацепление и нагружаются не сразу, а постепенно, причем в зацеплении одновременно находятся как минимум две пары зубьев. Это способствует повышению плавности работы передачи, снижению динамических нагрузок, уменьшению шума. Косозубые колеса применяют в основном в быстроходных передачах. Основным недостатком косозубых передач является возникновение осевой нагрузки, требующей установки

специальных подшипников для ее восприятия. В передачах с шевронными зубьями (см. рис. 1.3, *з*) осевые силы взаимно уничтожаются. Такие передачи характеризуются высокой нагрузочной способностью.

**Конические** зубчатые передачи (см. рис. 1.3, *д, е, ж*) применяют при необходимости расположения валов под углом (чаще всего  $90^\circ$ ). Они сложнее цилиндрических и требуют высокой точности изготовления и монтажа. Валы таких передач нагружены значительными осевыми усилиями. Конические передачи выполняют с прямыми, косыми и круговыми зубьями. Последние два типа зубьев обеспечивают повышенную плавность работы и нагрузочную способность передач.

**Червячные передачи** (рис. 1.6, *а*) передают вращение между близкорасположенными перекрещивающимися (чаще всего под углом  $90^\circ$ ) валами. Движение в червячных передачах осуществляется по принципу винтовой пары. Винтом является червяк 1, в зацеплении с которым находится червячное колесо 2, подобное сектору, вырезанному из длинной гайки и изогнутому по окружности. Резьба червяка может быть однозаходной и многозаходной, правой и левой. Наиболее распространена правая резьба с числом заходов  $z_1 = 1, 2, 4$ . Число зубьев червячного колеса  $z_2 \geq 28$ . Передаточное число червячной пары  $u = z_2/z_1$ . По форме поверхности, на которой образуется резьба, различают цилиндрические (рис. 1.6, *б*) и глобоидные (рис. 1.6, *в*) червяки. Форма профиля резьбы червяка может быть прямолинейной (трапецеидальной) и криволинейной (эвольвентной).

Червячную пару изготавливают из материалов, обладающих антифрикционными свойствами и износостойкостью: червяк — из углеродистых или легированных сталей, венец или червячное колесо — из бронзы или чугуна. Червячные передачи характеризуются высокой компактностью, плавностью и бесшумностью работы и позволяют получать большие передаточные числа (40...100 и более). Так

как вращение не может передаваться от колеса к червяку, а в этом заключается свойство самоторможения червячной передачи, то их широко применяют в стрелоподъемных, поворотных и ходовых механизмах строительных машин. К недостаткам относятся пониженный КПД, возможность заедания при рабо-

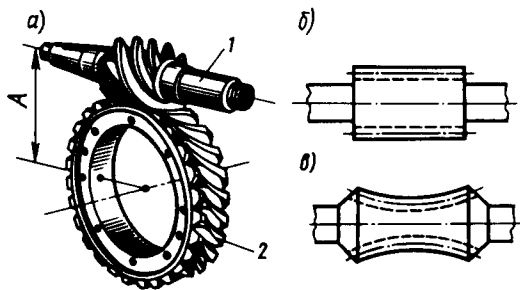


Рис. 1.6. Червячная передача

те и необходимость применения дорогих антифрикционных материалов.

**Редуктором** называется механизм, предназначенный для уменьшения частоты вращения выходного вала по сравнению с входным, увеличения крутящего момента и состоящий из одной или нескольких механических передач, помещенных в общем закрытом корпусе. Общее передаточное число редуктора  $u_{\text{общ}} = n_6/n_7$ , где  $n_6$  и  $n_7$  — соответственно частоты вращения быстроходного *Б* (входного) и тихоходного *Т* (выходного) валов,  $c^{-1}$ .

По числу передач, входящих в редуктор, различают одно-, двух- и многоступенчатые редукторы. Одноступенчатые цилиндрические редукторы (рис. 1.7, *а*) позволяют получать передаточные числа  $u \leq 10$ , двухступенчатые (рис. 1.7, *б—г*) —  $u \leq 60$ , трехступенчатые (рис. 1.7, *д*) —  $u > 60$ , одноступенчатые конические редукторы (рис. 1.7, *е*) —  $u \leq 6,3$ , одноступенчатые червячные (рис. 1.7, *ж*) —  $u > 30$ . Для получения больших передаточных чисел и передачи движения между пересекающимися быстроходным и тихоходным валами применяют комбинированные редукторы, включающие различные виды передач — коническо-цилиндрические (рис. 1.7, *з*), червячно-зубчатые (рис. 1.7, *и*), планетарные и др.

В механических трансмиссиях строительных машин широко используют зубчатые редукторы с переменным передаточным числом (коробки перемены передач), позволяющие ступенчато изменять скорость и крутящий момент выходного вала и направление его

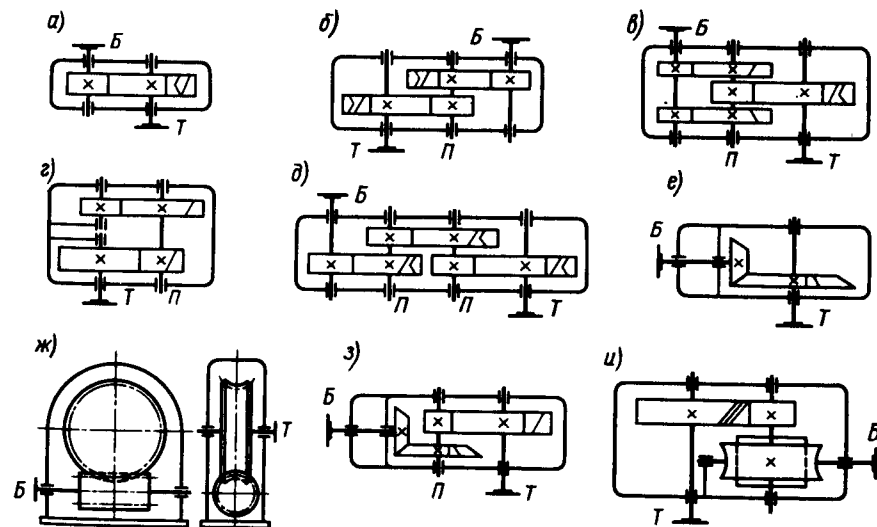


Рис. 1.7. Кинематические схемы редукторов

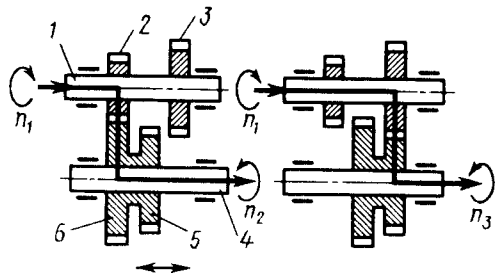


Рис. 1.8 Схема коробки передач

вращения. Простейшая коробка перемены передач показана на рис. 1.8. Изменение частоты вращения выходного (вторичного) вала 4 осуществляется перемещением сдвоенных шестерен 5 и 6 вправо или влево, до зацепления их с шестернями 2 или 3 на входном (первичном) валу 1. Поочередное включение в работу двух пар шестерен с различным передаточным числом обеспечивает вращение выходного вала с двумя частотами  $n_2$  и  $n_3$ .

**Цепные передачи** (рис. 1.9, а) состоят из ведущей 1 и ведомой 3 звездочек и охватывающей их цепи 2. По конструкции приводные цепи делятся на роликовые, втулочные и зубчатые. Роликовая цепь состоит из внутренних пластин 8 (рис. 1.9, б), напресованных на втулки 7, свободно вращающихся на валиках 4, на которых напресованы наружные пластины 6. Относительно валиков свободно по-

ворачивается ролик 5, через который происходит зацепление цепи с зубом звездочки. Втулочная цепь не имеет роликов. Роликовые и втулочные цепи применяют при скоростях до 20 м/с. Зубчатая цепь (рис. 1.9, в) состоит из набора шарнирно соединенных между собой пластин двух видов с двумя зубообразными выступами 9, торцевые поверхности которых зацепляются с зубьями звездочки, и направляющих 10 без зубьев. Зубчатые цепи отличаются плавностью работы и применяются при скоростях более 20 м/с. Многорядные цепи (рис. 1.9, г) позволяют передавать большие нагрузки. Каждая цепь характеризуется шагом  $p$  (мм), шириной  $B$  (мм) и разрушающей нагрузкой ( $H$ ). Оптимальное межцентровое расстояние цепи передачи (мм) составляет  $a = (30...50)p$ . Передаточное число цепных передач  $u = z_2/z_1 \leq 8$ , в тихоходных передачах допускается  $u \leq 15$ . Скорость цепи (м/с):

$$v = n_1 z_1 p / 1000,$$

где  $z$  — число зубьев звездочки;  $n$  — частота вращения звездочки, с<sup>-1</sup>.

Со скоростью цепи связаны действующие на нее динамические нагрузки. Скорость цепных передач, применяемых в строительных машинах (грузовые, тяговые и приводные цепи), не превышает 10...15 м/с. По сравнению с ременными, цепные передачи способны передавать значительно большие нагрузки, обеспечивают постоянное передаточное число, надежно работают при малых межосевых расстояниях, уменьшают нагрузки на валы и опоры. Недостатки — высокая стоимость, шум при работе, небольшая долговечность.

Для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное и наоборот применяют реечный, винтовой, кривошипно-ползунный, эксцентриковый и кулачковый механизмы.

**Реечный механизм** (рис. 1.10, а) состоит из цилиндрического зубчатого колеса и зубчатой рейки, находящихся в зацеплении друг с другом. Если ведущим элементом является колесо, то вращательное движение преобразуется в поступательное, если рейка — поступательное во вращательное. Этот механизм применяется в реечном домкрате, станках и др.

**Винтовой механизм** (рис. 1.10, б) состоит из сопряженных винта и гайки, каждый из которых может получать поступательное движение по трем различным схемам:

- вращение неподвижной гайки позволяет поступательно перемещаться свободному винту в осевом направлении;
- при вращении закрепленного винта внутри лишенной возможности вращения гайки последняя получит поступательное движение;
- вращение винта относительно неподвижной гайки дает поступательное перемещение винту.

Применяется в винтовых домкратах, станках и др.

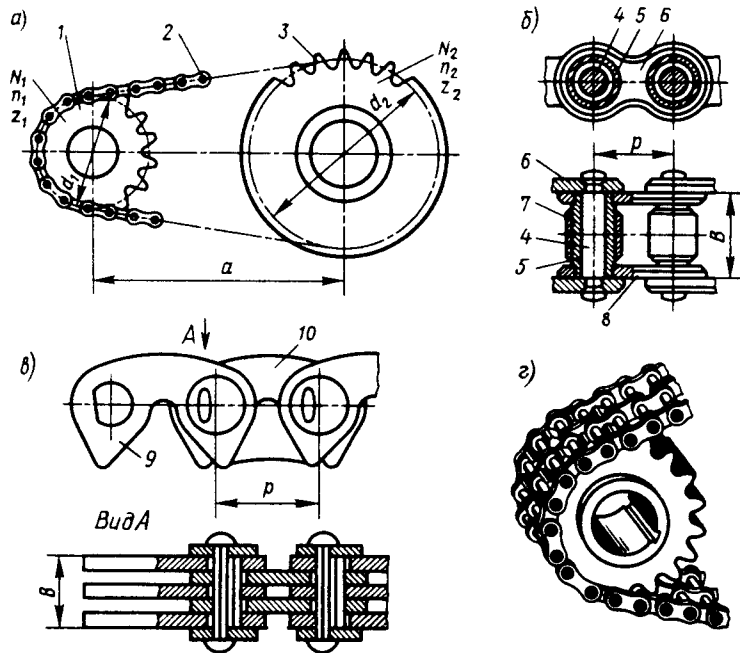


Рис. 1.9. Цепные передачи

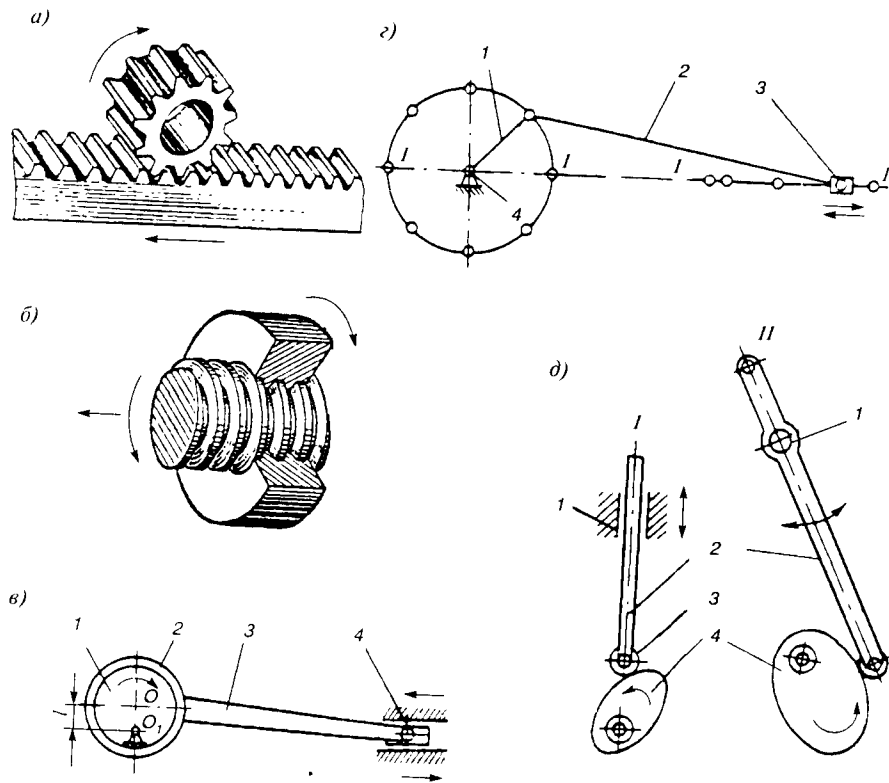


Рис. 1.10. Механизмы для преобразования движения

**Кривошипно-ползунный механизм** (рис. 1.10, *г*) состоит из кривошипа 1, шатуна 2, ползуна 3, неподвижной опоры 4 и может преобразовывать вращательное движение кривошипа в возвратно-поступательное ползуна (поршневой компрессор), а возвратно-поступательное движение ползуна во вращательное движение кривошипа (двигатели внутреннего сгорания).

**Эксцентрикый механизм** (рис. 1.10, *в*) является разновидностью кривошипно-ползунного, но может преобразовывать только вращательное движение в возвратно-поступательное. Особенностью этого механизма является эксцентрик (диск), у которого ось вращения не совпадает с его геометрической осью, расстояние между этими осями называют *эксцентриситетом*. Во время работы эксцентрику 1 сообщается вращение вокруг неподвижной оси  $O_1$ . При этом его геометрическая ось  $O$  описывает дугу окружности, радиус которой равен величине эксцентриситета  $e$ . Обойма 2 перемещается относительно эксцентрика и через шатун 3 сообщает ползуну 4 возврат-

но-поступательное движение. Такой механизм применяется в камнедробилках, прессах и др.

**Кулачковый механизм** (рис. 1.10, *д*) в общем случае состоит из опоры 1, штанги 2 с роликом 3 на ее конце для перекатывания по вращающемуся (ведущему) кулачку 4. При вращении кулачка штанга совершает возвратно-поступательное движение и называется толкателем *I*. В случае вращательного движения штангу называют коромыслом *II*. Эти механизмы используют в двигателях, топливных насосах и др.

**Оси, валы, подшипники, муфты.** Оси и валы представляют собой стержни различных сечений, на которых устанавливаются вращающиеся детали. Их изготавливают из стального проката, поковок и штамповок, а в некоторых случаях из высокопрочного чугуна с дальнейшей обработкой на металлорежущих станках.

1. **Оси** предназначены для поддержания деталей и узлов, вращающихся вместе с ними или относительно их (ось блока, барабана, ходового колеса) (рис. 1.11, *а*).

2. **Валы** служат для передачи крутящего момента и вращаются вместе с закрепленными на них деталями (зубчатые колеса, шкивы, звездочки, маховики, барабаны и т.п.). Различают валы прямые (рис. 1.11, *б*), коленчатые (рис. 1.11, *в*) и гибкие (рис. 1.11, *г*). Наиболее распространены прямые валы, которые часто изготавливают заодно с червяком или зубчатой шестерней, если их диаметры примерно равны. Коленчатые валы служат в основном для преоб-

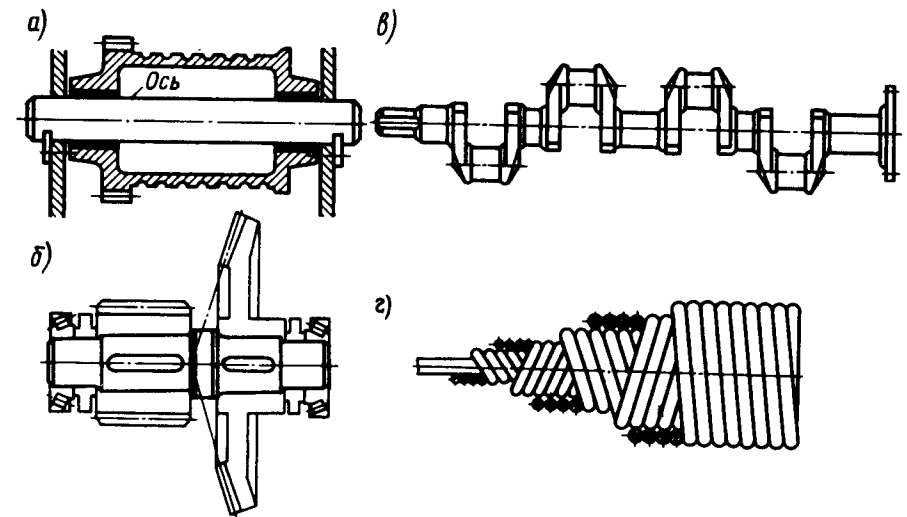


Рис. 1.11. Оси и валы

разования возвратно-поступательного движения во вращательное или наоборот (двигатели и насосы). Гибкие валы применяют для передачи вращения между узлами машин, меняющими свое относительное положение в процессе работы (вал вибратора, ручной машины и т.д.). Их изготавливают из нескольких слоев стальной проволоки разного диаметра, плотно намотанных на сердечник. При этом каждый слой имеет противоположное направление намотки, а направление намотки наружного слоя противоположно вращению вала при работе. Для предохранения вала от повреждений и удержания на нем смазки его закрывают специальным кожухом.

Оси и валы выполняют в основном круглыми сплошного или кольцевого поперечного сечения. Прямые валы и оси бывают постоянного диаметра по всей длине или ступенчатыми с различными диаметрами на отдельных участках. Ступенчатые валы и оси удобны для установки на них различных деталей, каждая из которых должна свободно перемещаться на свое место. Для соединения с деталями на осях и валах нарезают шпоночные канавки, шлицы, резьбу, а иногда выполняют и профильные сечения (см. рис. 1.15).

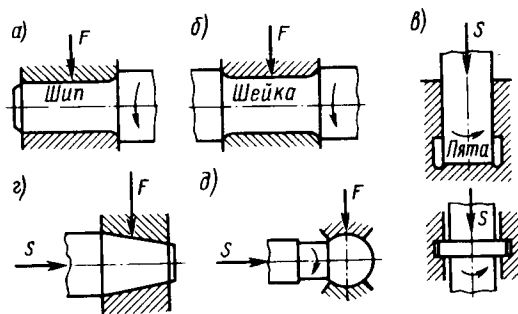


Рис. 1.12. Элементы валов и осей

Участки осей и валов называют опорными (под подшипники), несущими и переходными. Опорные участки, воспринимающие радиальные нагрузки, называют цапфами, а осевые нагрузки — пятнами (рис. 1.12, е). Концевые цапфы называют шипами (рис. 1.12, а), а промежуточные — шейками (рис. 1.12, б). По форме поверхности цапфы бывают цилиндрическими, коническими (рис. 1.12, з) и сферическими (рис. 1.12, д).

Оси и валы при расчете на прочность рассматривают как балку на двух опорах с приложенными к ней нагрузками.

Оси рассчитывают только на изгиб:

$$d = \sqrt[3]{10M_n / [\sigma_n]},$$

где  $d$  — диаметр оси, мм;  $M_n$  — максимальный изгибающий момент, Н·м;  $[\sigma_n]$  — допустимое напряжение на изгиб, Па.

При действии на ось нагрузок в различных плоскостях определяют результирующий изгибающий момент

$$M_n = \sqrt{M_r^2 + M_b^2},$$

где  $M_r$  и  $M_b$  — изгибающие моменты в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Валы рассчитывают на совместное действие изгиба и кручения:

$$d = \sqrt[3]{10M_{пр} / [\sigma_n]},$$

где  $d$  — диаметр вала, мм;  $M_{пр}$  — приведенный момент, Н·м.

$$M_{пр} = \sqrt{M_{кр}^2 + M_n^2},$$

где  $M_{кр}$  — крутящий момент в опасном сечении вала.

Для валов, работающих только на кручение,

$$d = \sqrt[3]{5M_{кр} / [\tau_{кр}]},$$

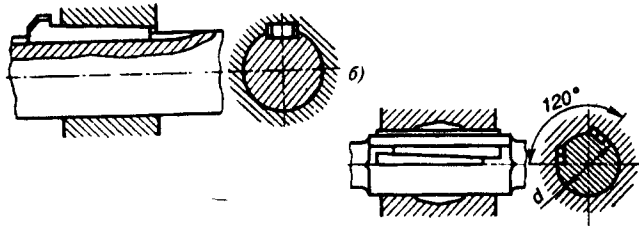
где  $[\tau_{кр}]$  — допустимое напряжение на кручение ( $[\tau_{кр}] = 0,5[\sigma_n]$ ).

Детали, составляющие машину, связаны между собой подвижными и неподвижными связями. Наличие подвижных связей, к которым относятся различного рода шарниры, подшипники и зацепления, определяется кинематической схемой машины. Неподвижные связи позволяют разбирать машину на узлы и детали, упростить изготовление машины, ее сборку, разборку, ремонт, транспортировку и т.д. Неподвижные связи называют соединениями и делят на неразъемные и разъемные. Неразъемные соединения (заклепочные, сварные, клеевые и т.п.) при разборке частично или полностью разрушаются и становятся непригодными для повторного использования. Разъемные соединения (резьбовые, клеммовые, клиновые, штифтовые, шпоночные, шлицевые и профильные) разбираются без разрушения крепящих элементов. Благодаря этому соединяющие и соединяемые детали могут применяться неоднократно.

Рассмотрим основные виды разъемных соединений деталей машин.

**Шпоночные и зубчатые (шлицевые) соединения** служат для скрепления вращающихся деталей (шкивов, зубчатых колес, барабанов, муфт и т.п.) на осях и валах и для передачи крутящего момента. Основным элементом шпоночного соединения является призматическая, сегментная или клиновидная шпонка. Клиновидные шпонки удержива-

а) Уклон 1:100



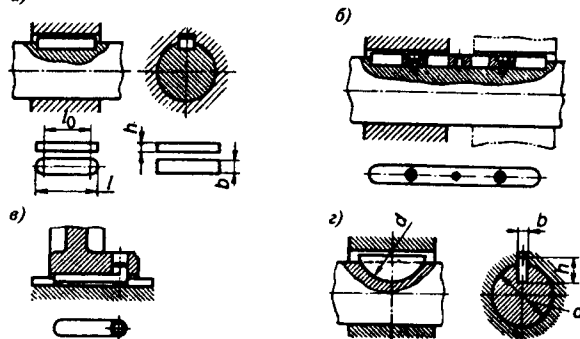
Р и с. 1.13. Соединения с клиновыми шпонками

ют деталь на валу или оси силами трения и могут быть врезными (рис. 1.13, а), тангенциальными и фрикционными (рис. 1.13, б). Широкие грани клиновых шпонок работают

на смятие. Клиновые шпонки, так же как и пазы ступиц, выполняют с уклоном 1:100. Врезные шпонки размещают в пазу вала и ступицы, фрикционные — только в пазу ступицы. Клиновые шпонки вызывают дополнительные напряжения в соединяемых деталях и имеют ограниченное применение. Наиболее распространенные *призматические* врезные шпонки разделяют на обыкновенные и высокие (рис. 1.14, а) с плоскими или скругленными концами (предназначены для неподвижного соединения ступиц с валами), направляющие (крепятся к валу винтами, а ступицы могут перемещаться вдоль вала по шпонке) (рис. 1.14, б) и скользящие (соединяются со ступицей выступом и перемещаются вдоль вала вместе со ступицей) (рис. 1.14, в). По высоте эти шпонки расположены примерно поровну в пазу вала и ступицы. Разновидностью призматических шпонок являются *сегментные* шпонки (рис. 1.14, г). Рабочие боковые грани призматических и сегментных шпонок работают на срез и смятие.

Ширину, высоту и длину шпонок принимают по ГОСТу в зависимости от диаметра вала. Рабочие напряжения среза и смятия определяют по формулам:

$$\tau_{ср} = 2M_{кр}/(bl_p d) \leq [\tau_{ср}], \quad \sigma_{см} = 4M_{кр}/(hl_p d) \leq [\sigma_{см}],$$



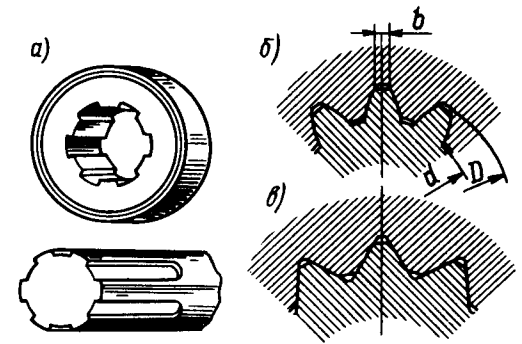
Р и с. 1.14. Соединения с призматическими шпонками

где  $M_{кр}$  — крутящий момент;  $d$  — диаметр вала;  $b, h, l_p$  — соответственно ширина, высота и рабочая длина шпонки.

Если расчет показывает, что шпонка перенапряжена, то устанавливают две (под углом  $180^\circ$ ) или три (под углом  $120^\circ$ ) шпонки.

В *зубчатых (шлицевых) соединениях* (рис. 1.15) наружные зубья, выполненные заодно с валом, входят в пазы между внутренними зубьями отверстия ступицы. Форма зубьев может быть прямоугольной (рис. 1.15, а), эвольвентной (рис. 1.15, б) и треугольной (рис. 1.15, в). Зубчатые соединения бывают неподвижными и подвижными, позволяющими установленной детали перемещаться вдоль оси вала. По сравнению со шпоночными эти соединения способны передавать больший крутящий момент и обеспечивают более точное центрирование ступицы детали на валу. Число шлиц и их размеры принимают в зависимости от диаметра вала по ГОСТу. Шлицевые соединения проверяют расчетом шлиц на смятие (по типу шпоночных соединений).

*Профильные соединения* обеспечивают соединение деталей посредством взаимного контакта по некруглой поверхности, которая может располагаться как параллельно оси вала (квадрат, треугольник и т.п.), так и наклонно к ней (конусная поверхность)



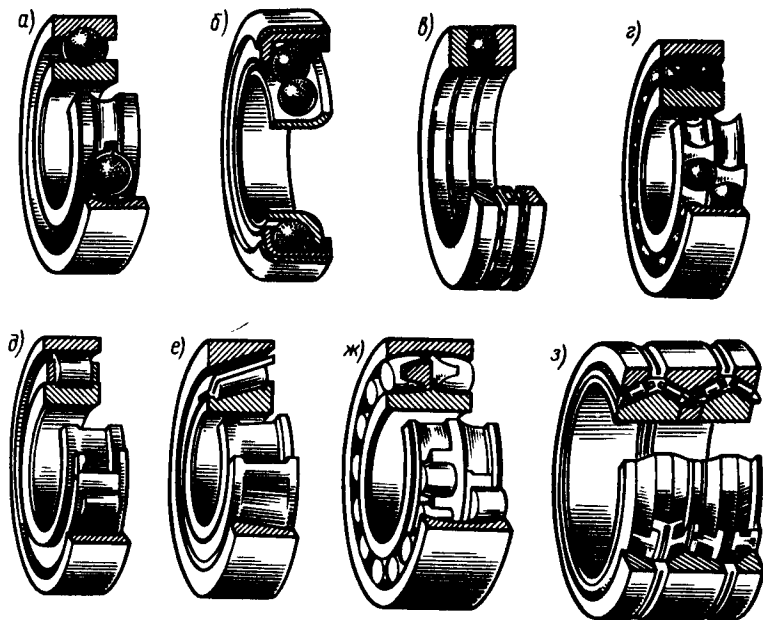
Р и с. 1.15. Зубчатые соединения

Эти соединения надежны, но сложны в изготовлении.

3. **Подшипники** являются опорами валов и вращающихся осей. По виду трения их делят на подшипники качения и скольжения.

*Подшипники качения* состоят из внутренних и наружных опорных колец с дорожками качения, по которым перекачиваются шарики или ролики различной формы. Для обеспечения нормальной работы подшипников шарики или ролики равномерно перемещаются по дорожкам качения в сепараторах. В некоторых подшипниках сепаратор отсутствует. Подшипники качения характеризуются незначительными моментами сил трения, нагревом, расходом смазочных материалов, габаритами, а также удобством и простотой обслуживания.

По конструкции колец подшипники делят на закрытые (рис. 1.16, б) и открытые. Роликоподшипники изготавливают с цилин-



Р и с. 1.16. Подшипники качения

дрическими короткими (рис. 1.16, д, ж, з), длинными, витыми, бочкообразными (рис. 1.16, жс), коническими (рис. 1.16, е) и игольчатыми (длинными малого диаметра) роликами. По числу дорожек качения подшипники разделяют на однорядные, двухрядные (рис. 1.16, г, жс) и многорядные (рис. 1.16, з). В последних шарики или ролики располагаются в шахматном порядке со смещением их в рядах относительно друг друга.

По направлению воспринимаемой нагрузки подшипники делят на радиальные, радиально-упорные (рис. 1.16, б, е) и упорные (рис. 1.16, в). Наиболее распространены радиальные несамоустанавливающиеся однорядные (рис. 1.16, а, д) и самоустанавливающиеся многорядные (рис. 1.16, г, жс, з) шариковые и роликовые подшипники, которые воспринимают радиальные и небольшие осевые нагрузки. Радиально-упорные и упорно-радиальные несамоустанавливающиеся (рис. 1.16, б, е) шариковые и роликовые однорядные подшипники воспринимают радиальную и одностороннюю осевую нагрузки. Упорные несамоустанавливающиеся подшипники (рис. 1.16, в) воспринимают только осевую нагрузку. Расчет этих подшипников ведется на долговечность по динамической грузоподъемности.

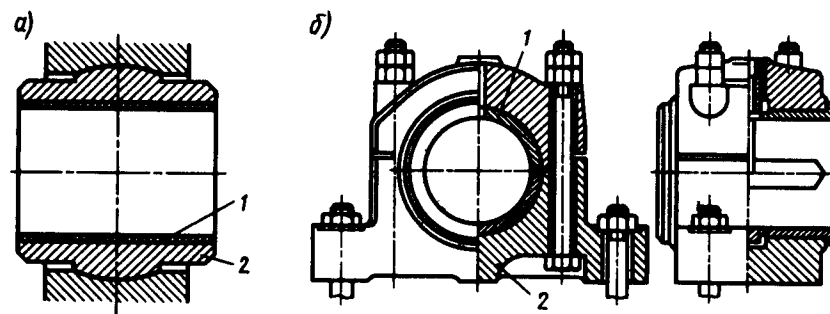
**Подшипники скольжения** (рис. 1.17) в общем случае состоят из корпуса 2 и установленных в нем вкладышей 1, на которые опираются цапфы осей или валов. Форма рабочих поверхностей подшипников соответствует форме цапф вала. Корпус подшипников выполняют из чугуна, реже из стали. Вкладыши изготавливают из антифрикционных материалов (баббитов, свинцовистых бронз, чугунов, металлокерамики, пластмасс и др.), которые заливают или наплавляют на стальную, чугунную или бронзовую основу.

По направлению действия нагрузок подшипники делят на радиальные, радиально-упорные и упорные. При вращении оси или вала в подшипнике цапфа скользит по его внутренней поверхности. Чтобы уменьшить трение, износ, нагрев и повысить КПД, трущиеся поверхности смазывают. По конструкции подшипники скольжения разделяют на неразъемные и разъемные. В первом случае вкладыши изготавливают в виде втулок (рис. 1.17, а), которые запрессовывают или крепят с помощью винтов к неразъемным корпусам. В разъемных подшипниках (рис. 1.17, б) устанавливают обычно два вкладыша.

Расчет подшипников скольжения ведется по среднему давлению, создаваемому между цапфой и вкладышем.

Подшипники скольжения применяют в быстроходных валах, валах большого диаметра и сложной конфигурации, при установке которых они должны разъединяться; при ударных и вибрационных нагрузках, в воде, агрессивных средах и при большом загрязнении.

**4. Муфты** представляют собой устройства, соединяющие валы, оси, стержни, трубы, канаты и т.д. Рассмотрим муфты для соединения валов. Они различаются между собой по конструкции, назначению, принципу действия и управления.



Р и с. 1.17. Подшипники скольжения



По назначению муфты служат для:

- соединения двух валов, расположенных на одной геометрической оси или под углом друг к другу;
- соединения вала с зубчатым колесом, шкивом ременной передачи и другими деталями;
- компенсации несоосности валов, что вызвано неточностью изготовления или монтажа;
- включения и выключения одного из валов при постоянном вращении другого;
- предохранения узла или машины от перегрузки;
- уменьшения динамических нагрузок;
- обеспечения возможности одному из валов перемещаться вдоль оси и т.д.

По принципу действия муфты делят на механические (основные муфты в строительных машинах), электрические и гидравлические.

По виду управления механические муфты подразделяют на неуправляемые (постоянно действующие), управляемые (цепные), автоматические и специальные. Наиболее распространенные неуправляемые муфты делят на жесткие, компенсирующие самоуставливающиеся и упругие.

**Жесткие муфты** предназначены для жесткого соединения соосных валов и выполняются неразъемными (втулочные) и разъемными (фланцевые с плоскостью разъема, расположенной параллельно или перпендикулярно оси вала). Втулочная муфта состоит из втулки, закрепляемой на концах валов с помощью штифтов (рис. 1.18, а), шпонок (рис. 1.18, б) и шлиц. Они просты в изготовлении, но требуют точного совмещения осей валов и осевого перемещения одного или обоих валов при сборке или разборке. Фланцевые муфты (рис. 1.18, в) состоят из двух полумуфт, соединенных болтами. В муфтах, где болты ставятся с зазором (вариант I), крутящий момент передается под воздействием момента трения, создаваемого затяжкой болтов, работающих на растяжение. Муфты, в которых болты ставятся без зазора и работают на срез (вариант II), способны передавать большие моменты и применяются для соединения валов диаметром до 200 мм.

**Компенсирующие самоуставливающиеся муфты** применяют для соединения валов, имеющих некоторые неточности взаимного расположения геометрических осей, вызванные погрешностями изготовления, монтажа, а также упругими деформациями валов. К ним относят **зубчатые муфты** (рис. 1.18, г), состоящие из двух полумуфт с наружными зубьями и наружной обоймы с внутренними зубьями. Полумуфты устанавливают на концах валов, а их зубья сцепляют с зубьями обоймы. Зубчатые муфты за счет смещения со-

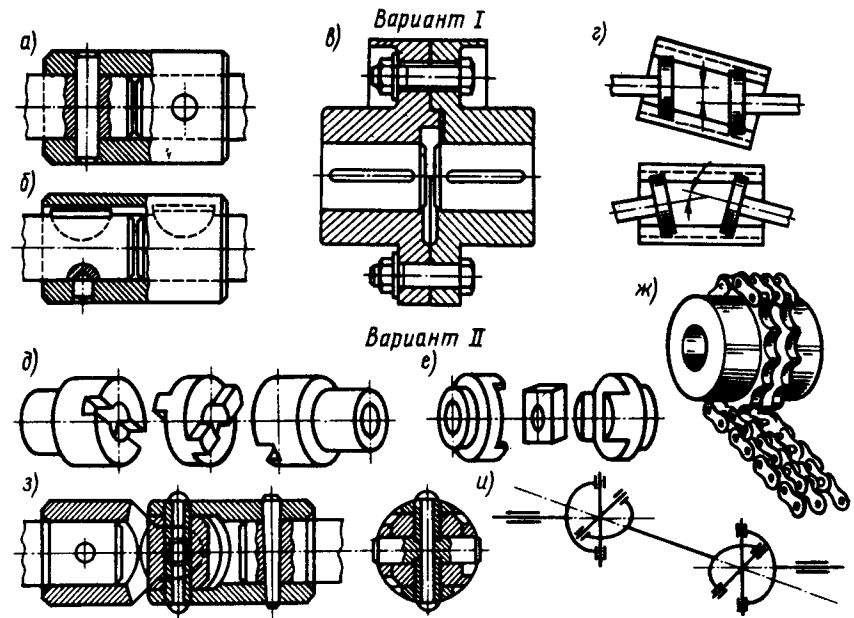


Рис. 1.18. Жесткие и компенсирующие муфты

пряженных зубьев компенсируют осевые, радиальные и угловые смещения валов. Эти же функции выполняют и **цепные муфты** (рис. 1.18, ж), состоящие из двух полумуфт в виде одинаковых цепных звездочек, которые одновременно охватывает однорядная, двухрядная роликовая или зубчатая цепь. Широкое применение имеют **кулачково-дисковые, крестовые муфты**, состоящие из двух полумуфт с прямоугольными пазами и среднего (плавающего) диска с крестообразно расположенными выступами (рис. 1.18, д), а также муфты со скользящим вкладышем (рис. 1.18, е). К недостаткам крестовых муфт относятся ограниченная скорость вращения и быстрый износ пазов полумуфт. Для соединения валов, наклоненных друг к другу под углом  $45^\circ$ , служат **шарнирные муфты**. Они разделяются на одинарные, состоящие из двух полумуфт-вилок, соединенных с помощью двух взаимно перпендикулярных шарниров (рис. 1.18, з), и сдвоенные, позволяющие передавать вращение между параллельными и наклонными валами (рис. 1.18, и). При необходимости осевого смещения валов во время работы их соединяют шарнирной сдвоенной муфтой с телескопическим промежуточным валом.

**Упругие муфты** предназначены для уменьшения динамических нагрузок, передаваемых через соединяемые ими валы, а также для

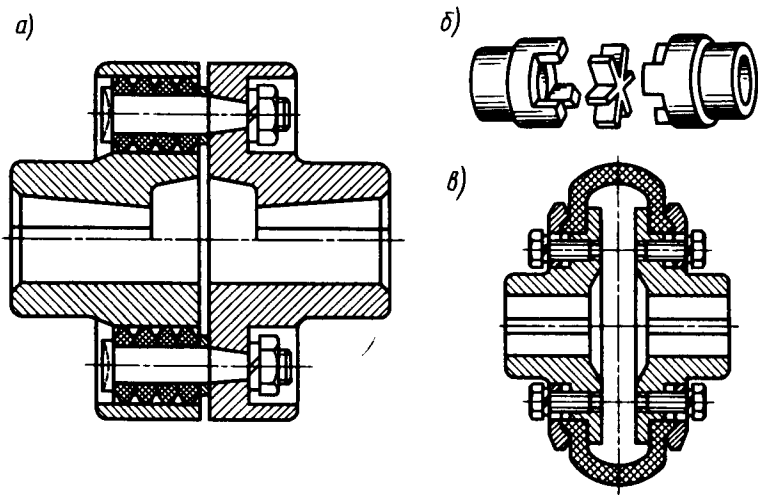


Рис. 1.19. Упругие муфты

компенсации неточности расположения соединяемых валов. Различают муфты с неметаллическими (резина) и металлическими (стальные витые и пластинчатые пружины, пакеты пластин и пружин) упругими элементами. К первым относятся втулочно-пальцевая муфта (подобна по конструкции жесткой фланцевой муфте с установкой на болтах одной из полумуфт резиновых втулок) (рис. 1.19, а), муфта с резиновой звездочкой (рис. 1.19, б), муфта с упругой торообразной оболочкой (рис. 1.19, в) и т.п. Муфты с металлическими упругими элементами применяют для передачи больших крутящих моментов, они имеют незначительные габариты, долговечны, но сложны и дороги в изготовлении.

**Управляемые** или **цепные муфты** служат для соединения и разъединения валов в процессе работы машины с помощью механического, электрического, пневматического или гидравлического механизма управления. Различают муфты, в которых для передачи движения используется зацепление (кулачковые и зубчатые) и трение (фрикционные). Кулачковые и зубчатые муфты применяют для сцепления валов с практически равными угловыми скоростями. Кулачковая муфта (рис. 1.20, а) состоит из двух полумуфт — неподвижной, жестко закрепляемой на одном валу, и подвижной, имеющей возможность перемещаться по направляющим шпонкам или шлицам вдоль оси другого вала при включении или выключении. На торцовых поверхностях полумуфт расположены кулачки треугольного, трапециoidalного или прямоугольного профиля, входящие в зацепление в рабочем положении. При несимметричном про-

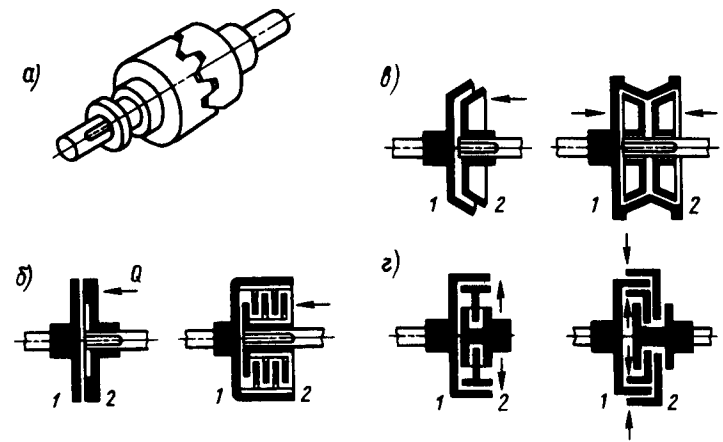


Рис. 1.20. Цепные муфты

филе кулачков муфта является неререверсивной. Зубчатая цепная муфта подобна по конструкции зубчатой компенсирующей муфте, но у нее наружная обойма выполняется подвижной.

**Фрикционные муфты** служат для осуществления плавного соединения и разъединения нагруженных валов, которые могут вращаться с различными угловыми скоростями. В зависимости от формы рабочих поверхностей эти муфты разделяют на дисковые (одно- и многодисковые) (рис. 1.20, б), конусные (с одинарным или двойным конусом, рис. 1.20, в) и цилиндрические (колодочные, ленточные, пневмокамерные и др.) (рис. 1.20, г). Соединение валов обеспечивается силой трения между рабочими поверхностями неподвижных 1 и подвижных 2 полумуфт. При перегрузках между полумуфтами возможна пробуксовка, что позволяет использовать их как предохранительное устройство. Сцепляющиеся поверхности муфт изготовляют из закаленной стали, чугуна, текстолита и металлокерамики. Муфты могут работать со смазкой, которая уменьшает износ рабочих поверхностей и улучшает их разъединение под нагрузкой. При работе без смазки рабочую поверхность одной из полумуфт покрывают заменяемыми после изнашивания фрикционными накладками из металлокерамики или на асбестовой основе, имеющими высокий коэффициент трения ( $f=0,3...0,4$ ). К фрикционным также относят электромагнитные дисковые и порошковые муфты с пневматическим и гидравлическим управлением.

Для включения различных механизмов строительных машин применяют специальные ленточные и пневмокамерные фрикционные муфты.

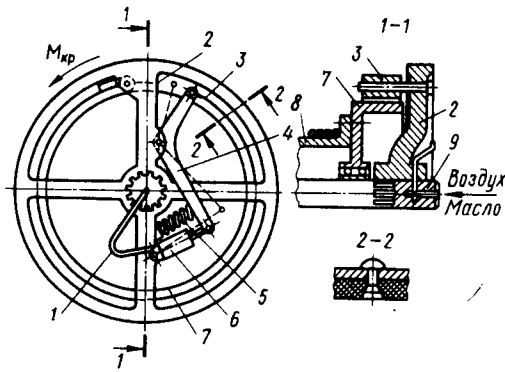


Рис. 1.21. Ленточная муфта

ными накладками. Барабан свободно вращается на валу 9, получающим вращение от двигателя. Один конец ленты шарнирно соединен с крестовиной 2, жестко закрепленной на валу, а другой — с двуплечим рычагом 4, поворот которого относительно крестовины осуществляется гидравлическим или пневматическим цилиндром 6 одностороннего действия. При подаче сжатого воздуха или масла по трубопроводу 1 в цилиндр, поворачиваемый его штоком рычаг затягивает ленту относительно шкива, и под действием сил трения вместе с крестовиной начинает вращаться барабан лебедки. Муфта выключается при снятом давлении в цилиндре возвратной пружины 5, возвращающей рычаг в исходное положение.

**Пневмокамерные фрикционные муфты** применяют для управления лебедками подъема ковша (груза), стрелы и механизмов реверса одноковшовых строительных экскаваторов и стреловых самоходных кранов, для включения привода рабочего органа траншейных экскаваторов и т.п. Основным элементом пневмокамерной муфты

(рис. 1.22) является пневмокамера 7, выполненная из резины и упрочняющих тканевых прокладок. Пневмокамера помещена внутри желоба обоймы 6, ступица 9 которой жестко закреплена на валу 10. На этом же валу свободно вращается барабан 1 лебедки, с которым выполнен заодно шкив 2 муфты. Пневмокамера связана с компрессором через воздухопровод 8 и вращающееся соединение, расположенное на валу. При подаче сжатого воздуха под давлением

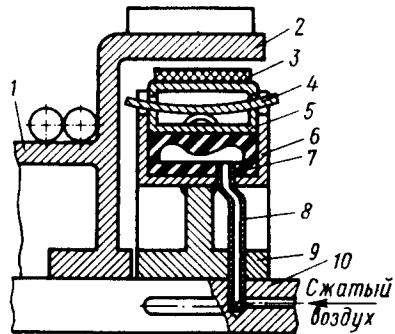


Рис. 1.22. Пневмокамерная муфта

0,5...0,7 МПа пневмокамера расширяется и прижимает колодки 5 с фрикционными накладками 3 к внутренней поверхности шкива, передавая крутящий момент барабану лебедки. При выключении муфты колодки возвращаются в исходное положение под воздействием пластинчатых пружин 4.

К достоинствам таких муфт относятся плавность включения и отсутствие необходимости их регулировки. Недостатком является недолговечность камер.

**Автоматические самоуправляемые муфты** делят на центробежные, обгонные и предохранительные.

**Центробежные муфты** используют для автоматического соединения или разъединения валов при достижении ведущим валом заданной частоты вращения. Они представляют собой фрикционные муфты, сцепляющиеся и расцепляющиеся под действием центробежных сил.

**Обгонные муфты** служат для передачи крутящего момента только в одном направлении и соединяют вал в том случае, когда скорость ведущего вала превысит скорость ведомого. Ведомый вал может свободно обгонять ведущий. Различают храповые и фрикционные обгонные муфты. Храповые муфты применяют редко в связи с резкими ударами при включении. Поэтому чаще используют бесшумные фрикционные шариковые или роликовые муфты. Такие муфты (рис. 1.23, а) состоят из звездочки специальной конструкции 1 и обоймы (или шестерни) 2, представляющих собой две полумуфты, и шариков или роликов 3, которые расположены в пазах звездочки. Шарик (ролик) удерживается в постоянном контакте с обоймой пружиной 5 с толкателем 4. Если ведущей является звездочка, соединение валов происходит только при вращении ее по часовой стрелке, а если ведущей является обойма (или шестерня), — против часовой стрелки. При обгоне звездочкой обоймы она сдвигается относительно обоймы по часовой стрелке, при этом шарик устремляется в сужающуюся часть паза и заклинивается между полумуфтами. В случае противоположного вращения одной из ведущих полумуфт шарик перемещается в широкую часть паза и происходит разъединение валов.

**Предохранительные муфты** применяют для защиты машины от перегрузок. Различают муф-

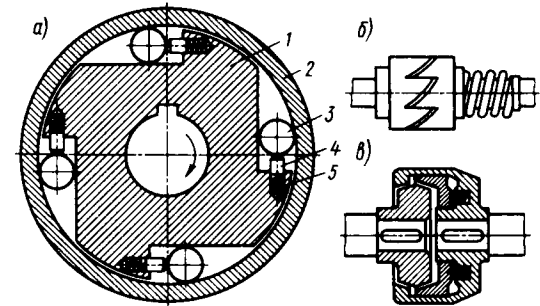


Рис. 1.23. Автоматические муфты

ты с разрушаемыми и неразрушаемыми элементами. Наиболее распространенной является муфта с одним или двумя срезными штифтами, передающими крутящий момент от одной полумуфты к другой. При перегрузке штифты срезаются, разъединя полумуфты. Муфты с неразрушаемыми элементами подразделяют на кулачковые (рис. 1.23, б), шариковые и фрикционные (рис. 1.23, в). Одна полумуфта таких муфт соединена с валом жестко, а другая является подвижной и прижимается к первой пружинами. При перегрузках происходит разъединение полумуфт за счет сжатия пружин. Эти муфты не имеют механизма управления и применяются при небольших скоростях и моментах, но частых и кратковременных перегрузках. Функции предохранительных муфт выполняют также управляемые фрикционные муфты, отрегулированные на передачу предельного момента.

## 1.4. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УЗЛЫ И ДЕТАЛИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

### 1.4.1. КАНАТЫ, БЛОКИ, БАРАБАНЫ, ПОЛИСПАСТЫ

**Канаты** представляют собой гибкие грузовые и тяговые органы, предназначенные для передачи усилий при подъеме и перемещении грузов. Различают стальные проволочные и пеньковые канаты. В строительных машинах наибольшее распространение получили стальные канаты, обладающие высокой прочностью и надежностью в работе. По назначению стальные канаты делят на грузоподъемные (ГЛ) и грузовые (Г). Их изготавливают из высокопрочной светлой или оцинкованной (группы С, Ж, ОЖ) проволоки диаметром 0,2...3 мм высшей (В), первой (I), второй (II) марок, предел прочности которых при растяжении составляет 1200...2600 МПа. Канаты бывают одинарной (рис. 1.24, а), двойной (рис. 1.24, б) и тройной свивки. Канаты *одинарной свивки* изготавливают из отдельных проволок, свитых по спирали в пряди. Эти канаты применяют для расчалок и оттяжек. Канаты *двойной свивки* получают навивкой на органический

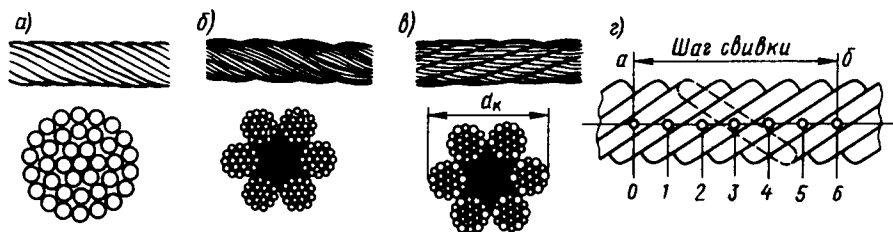


Рис. 1.24. Стальные проволочные канаты

(о.с.) или металлический (м.с.) сердечник предварительно свитых проволочных прядей. В канатах *тройной свивки* в качестве прядей используют канаты двойной свивки малого диаметра. Органические сердечники канатов изготавливают из пеньки, реже из синтетических материалов. Канаты с органическим сердечником отличаются гибкостью и лучше удерживают смазку. Канаты со стальным сердечником используют при резко меняющейся нагрузке, в условиях высоких температур и при многослойной навивке каната на барабан (под воздействием нагрузки от вышележащих витков канат не подвергается сплющиванию). Количество проволок в пряди и прядей в канате, так же как число проволок в слое и число слоев (от одного до трех), может быть различным.

Направление свивки проволок в прядях и прядей в канате бывает левое (Л) и правое (не обозначается). Если проволоки в пряди и пряди в канате имеют одно направление свивки, то такая конструкция называется канатом *односторонней свивки* (0) (рис. 1.24, б). Эти канаты более гибкие, меньше изнашиваются, но под нагрузкой могут раскручиваться. Проволоки в пряди и в соседних прядях касаются друг друга по линиям, поэтому их называют канатами с *линейными касаниями* (ЛК), которые могут иметь одинаковый диаметр проволок по слоям пряди (ЛК-О), проволоки двух разных диаметров в верхнем слое пряди (ЛК-Р), проволоки разного и одинакового диаметров в отдельных слоях пряди (ЛК-РО) и заполняющие проволоки меньшего диаметра, располагаемые между двумя слоями проволок (ЛК-3).

Если проволоки в пряди свиты противоположно направлению свивки прядей в канате, конструкцию называют канатом *крестовой свивки* (не обозначается) (рис. 1.24, в). Эти канаты имеют пряди, свитые из проволок одинакового диаметра, которые имеют между собой точечное касание (ТК). Они более прочны, меньше раскручиваются под нагрузкой и чаще применяются при подвеске груза на одной ветви каната (в стропях и траверсах). В случае, если грузозахватный орган подвешен на двух и более ветвях каната, используют канаты двойной односторонней свивки типа ЛК с шестью прядями, каждая из которых имеет 19...37 проволок. В канатах комбинированной свивки с точечным-линейным касанием проволок (ТЛК) одна часть проволок имеет линейное касание, другая — точечное. Конструкция канатов имеет индекс, включающий буквенные и цифровые обозначения. Так, индекс  $6 \times 19(1+6+6/6)+1$  о.с. показывает, что канат имеет 6 прядей по 19 проволок в каждой и 1 органический сердечник. Цифры в скобках обозначают, что в центре каждой пряди размещена 1 проволока, вокруг которой во втором слое расположены 6 проволок, а в наружном слое 6 проволок одного и 6 другого диаметров (6/6). Условное обозначение канатов строительных машин записывается в паспорте машины. Например, грузовой канат башенного крана четвертой размерной груп-

Таблица 1.1. Значения диаметров  $d_k$  стальных канатов в зависимости от предела прочности  $\sigma_n$  проволок

$d_k$ , мм	Значения $\sigma_n$ , МПа			$d_k$ , мм	Значения $\sigma_n$ , МПа		
	1570	1670	1770		1570	1670	1770
	Разрывное усилие $F_p$ , кН				Разрывное усилие $F_p$ , кН		
8,6	44,95	47,9	48,85	19,5	224,0	238,5	242,5
10,5	66,15	70,45	71,8	21,0	267,5	284,0	289,5
13,0	100,0	106,5	108,5	23,0	315,0	334,5	341,0
14,5	120,5	128,0	130,0	25,0	366,0	389,0	396,0
16,0	152,0	162,0	165,0	26,5	410,0	436,0	444,0
17,5	181,5	193,0	196,0	28,0	467,0	497,0	506,5

пы обозначен: 24,О-Г-І-Л-О-Н-1764(180) (ГОСТ 2688-80). Это значит, что канат имеет наружный диаметр 24 мм, грузовой, первой марки из светлой проволоки (не обозначается), левой односторонней свивки, нераскручивающийся, с временным сопротивлением разрыву 1764 МПа (180 кгс/мм<sup>2</sup>).

Тип и диаметр каната  $d_k$  выбирают по ГОСТу по разрывному усилию каната  $F_p$ , которое зависит от максимального натяжения каната  $F_{max}$  и коэффициента запаса его прочности  $K$  (табл. 1.1):

$$F_p \geq F_{max} K.$$

Коэффициент запаса прочности каната принимается в соответствии с требованиями Госгортехнадзора\* в зависимости от назначения каната, привода машины и режима работы механизма. Грузовые и стреловые канаты для механизмов с ручным приводом имеют  $K=4$ , для машинного привода  $K=5$ ; 5,5 и 6 соответственно при легком среднем и тяжелом режимах работы, канаты грузозахватных приспособлений имеют  $K=6$ , а канаты, предназначенные для подъема людей, —  $K=9$ .

При эксплуатации стальных канатов требуется постоянное наблюдение за их состоянием. Не следует допускать образования резких переломов (петель, узлов) и сплющивания каната. трения его,

\* Государственная инспекция Комитета по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору.

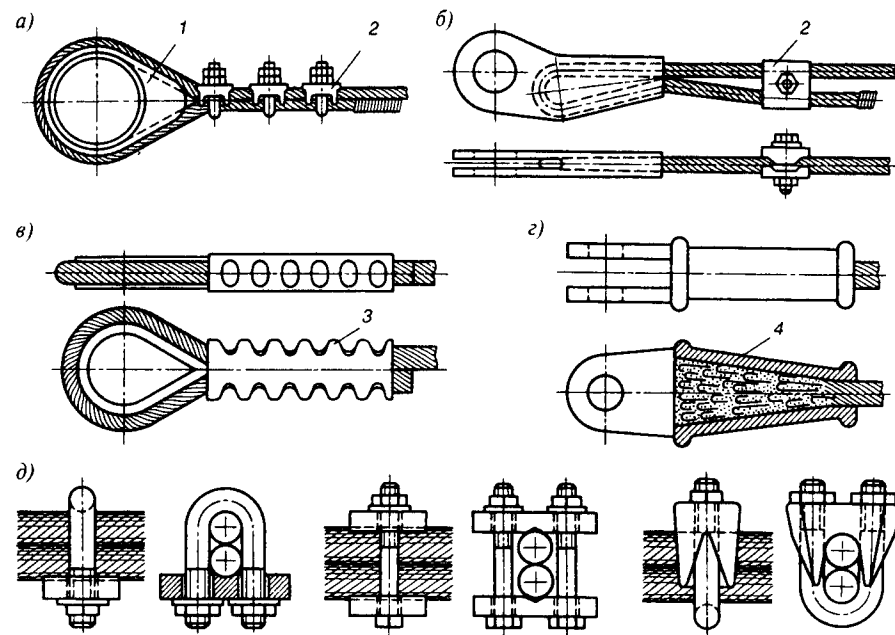
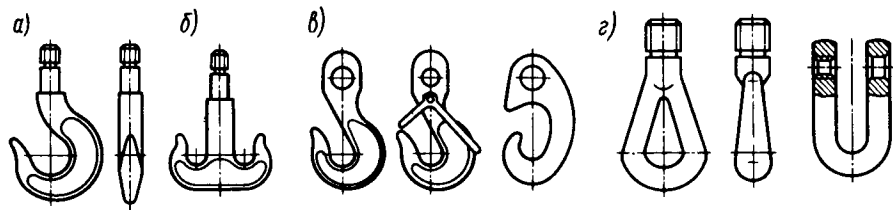


Рис. 1.25. Схемы крепления концов стальных канатов

особенно об острые ребра конструкций, и соприкосновения с электросварочными проводами. Для предотвращения канатов от действия коррозии и снижения износа проволок они регулярно смазываются специальными мазями или маслами. Выбраковка стальных канатов производится в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» по количеству обрывов проволок на шаге свивки, т.е. на расстоянии между двумя соседними витками одной пряди (рис. 1.24, з). Внутри этих витков располагается столько прядей, сколько их имеется в сечении каната (в данной конструкции каната шесть прядей).

Если помимо обрывов проволок имеет место поверхностный их износ или коррозия, то число обрывов, при котором бракуют канат, снижается. Канаты, предназначенные для подъема людей, бракуют при числе обрывов проволок на одном шаге свивки вдвое меньшем, чем все остальные канаты. При износе или коррозии в 40% и более от первоначального диаметра проволок канат заменяют.

Канаты из пеньки и синтетических материалов имеют малую прочность и применяются в качестве грузовых сеток, стропов, тяговых органов полиспастов с ручным приводом для подъема легких грузов, а также в качестве оттяжек на монтажных работах. Пеньковые канаты состоят обычно из трех прядей, свитых между собой в



Р и с. 1.26. Крюки и петли

противоположных направлениях и пропитанных смолой. Канаты из капрона, перлона и других синтетических материалов более прочны, не портятся от воды, но не выдерживают действия масла, бензина, растворителей и длительного действия прямых солнечных лучей. Эти канаты рассчитывают аналогично стальным, а коэффициент запаса прочности принимают равным 8.

Стальные канаты соединяют с узлами машин и поднимаемым грузом различными способами. Основным видом соединения каната с элементами грузозахватных приспособлений являются *петли*, образуемые на концах каната. Размеры петель зависят от назначения канатов или строп. Чтобы предохранить канат от резких перегибов и перетирания, внутри петли устанавливают металлический коуш 1 (рис. 1.25, а), размеры которого стандартизированы. По виду крепления петли делят на разъемные (рис. 1.25, а, б), которые крепятся зажимами 2 различной конструкции (рис. 1.25, д), и неразъемные, выполненные с помощью обжимной гильзы 3 (рис. 1.25, в), заливки расплетенного конца каната легкоплавким металлом в конической гильзе 4 (рис. 1.25, з) или заплетки.

Для подвешивания штучных грузов и специальных захватных приспособлений к канатам служат однорогие (рис. 1.26, а, в) и двуругие (рис. 1.26, б) *крюки* и грузовые *петли* (рис. 1.26, з), изготовленные ковкой или штамповкой из мягкой стали. Крюки и петли должны иметь клеймо завода-изготовителя и паспорт, в котором приводится их полная техническая характеристика.

Для подвешивания грузов к крюкам и петлям применяют канатные *стропы*. Стропы разделяют на кольцевые универсальные (рис. 1.27, а), прямые облегченные, имеющие с двух сторон петли или с одной стороны петлю, а с другой — крюк или кольцо (рис. 1.27, б, в), и многоветвевые, имеющие 2...8 одинарных стропов (рис. 1.27, з), которые устанавливают на серьгах с разъемной планкой. Последние предназначены для подъема тяжелых грузов с многоточечным подвесом.

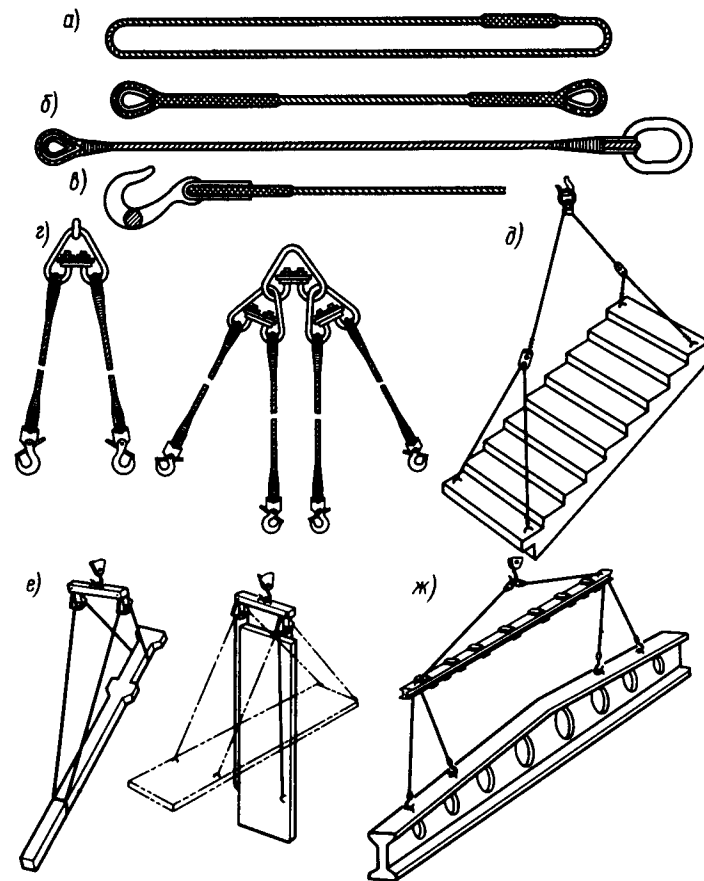
От угла наклона  $\alpha$  ветвей стропов к вертикали зависит воспринимаемая ими нагрузка

$$F_c = G / n \cos \alpha,$$

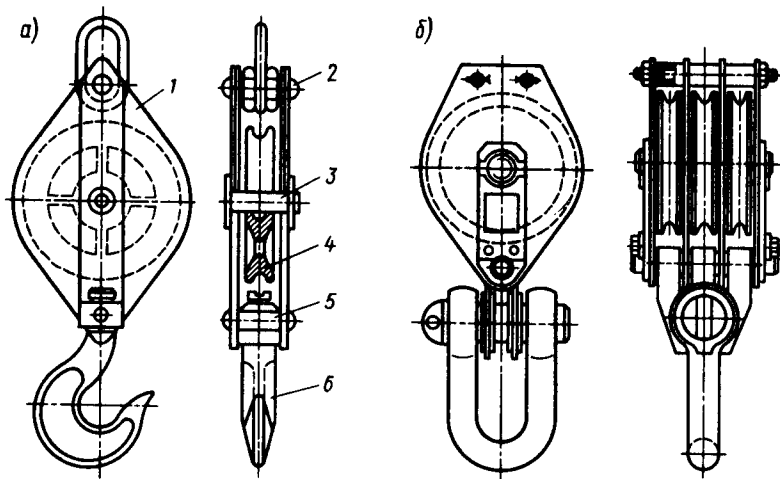
где  $G$  — вес поднимаемого груза;  $n$  — число ветвей стропы. Угол  $\alpha$  рекомендуется выбирать не более  $60^\circ$ .

Длина ветвей строп может быть различной. Широко применяемые в городском строительстве кольцевые стропы имеют длину до 10 м, облегченные прямые — 2,5...5 м и многоветвевые — от 2.6 до 8 м.

Для подъема и перемещения крупногабаритных и длинномерных грузов используют *траверсы*, предохраняющие конструкции и оборудование от сжимающих усилий, которые возникают в них при применении многоветвевых (наклонных) стропов. Траверсы разделяют на простые, у которых крюки или стропы закреплены на



Р и с. 1.27. Стропы и траверсы

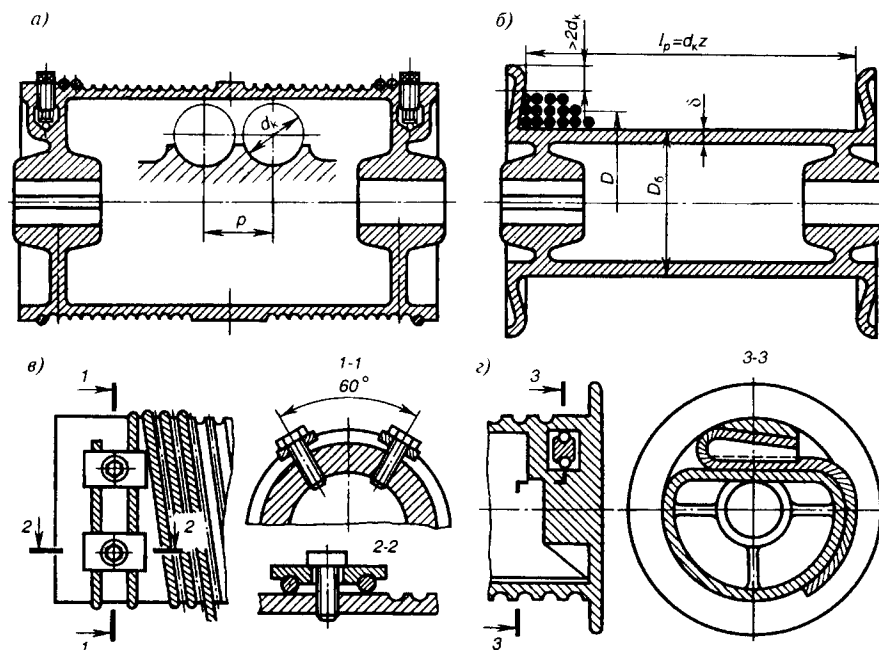


Р и с. 1.28. Подвижные блоки

металлической балке трубчатой или коробчатой конструкции (рис. 1.27, ж), а также балансирные и универсальные (рис. 1.27, д, е), где канат может перемещаться по блокам, шарнирно соединенным с балкой. Грузозахватным органом стропов являются крюки, карабины, полуавтоматические замки и захваты различных конструкций. Переходными элементами стропов специального назначения служат круглые, треугольные и овальные кольца из металла круглого сечения, серьги, а также скобы и грузовые петли. Для обвязки грузов при их подъеме и соединения канатов разработано большое разнообразие канатных узлов.

К специальным захватам относятся клещевые, эксцентриковые и вакуумные захваты, электромагниты, одно- и двухканатные грейферы и т.п.

**Блочные обоймы** применяют как самостоятельные грузоподъемные устройства на монтажных и такелажных работах, а также в конструкциях строительных машин с гибкой подвеской рабочего оборудования, канатно-блочной системой управления рабочими органами и др. Основным элементом каждой блочной обоймы служит один (рис. 1.28, а) или несколько (рис. 1.28, б) чугунных или стальных блоков (роликов) 4 с профильными канавками (ручьями) на ободах для каната определенного диаметра. Блок (блоки) вращается на подшипниках качения или скольжения относительно оси 3, жестко закрепленной между двух щек 1. Щеки соединяются между собой болтами, осью 2 с кольцом для крепления каната и траверсой 5, в которой на сферической шайбе или упорном шарикоподшипнике установлены крюк или петля 6. Для повышения долговечности



Р и с. 1.29. Барабаны

каната используют блоки с ручьем, футерованным алюминием, резиной или пластмассами. В настоящее время проведены исследования и внедряются канатные блоки, изготовленные из полиамида ПА-6.

Обоймы с одним блоком применяют обычно как отводные, изменяющие направление движения каната, а также для подъема или перемещения легких грузов, многоблочные — для тяжелых грузов. Наибольшее распространение на монтажных работах получили одно-, двух-, трех-, четырех- и пятиблочные обоймы грузоподъемностью от 0,5 до 30 т. Крюковые подвески, применяемые в кранах, рассматриваются в гл. 4.

**Барабаны** предназначены для однослойной и многослойной навивки и укладки канатов. При однослойной навивке каната применяют барабаны (рис. 1.29, а) с нарезными винтовыми канавками, которые увеличивают поверхность контакта с барабаном, правильно располагают канат на барабане и устраняют трение между соседними витками (увеличение долговечности). Барабаны для многослойной навивки каната имеют гладкую поверхность (рис. 1.29, б), ограниченную с обеих сторон бортами (ребордами). По правилам Госгортехнадзора реборда должна вы-

ступать над последним слоем уложенного каната не менее чем на два его диаметра.

Бараны изготавливают литыми из чугуна и стали или сварными из листовой стали. Они вращаются на подшипниках качения или скольжения вокруг неподвижной оси или вместе с валом. Канат к барабану крепят прижимными планками на болтах (рис. 1.29, в) или клиновыми зажимами (рис. 1.29, з). По правилам Госгортехнадзора для уменьшения нагрузки на детали крепления каната на барабане должно оставаться не менее полутора витков при сматывании каната (нижнем положении крюка).

Усилие, действующее на закрепленный конец каната (Н):

$$F_0 = F / e^{\mu\alpha},$$

где  $F$  — усилие в канате, навиваемом на барабан, Н;  $\mu = 0,12 \dots 0,15$  — коэффициент трения каната о барабан;  $\alpha$  — угол обхвата запасными витками барабана, рад (при 1,5 витках  $\alpha = 3\pi \approx 9,42$ ;  $e^{\mu\alpha} = 2,5$ );  $e = 2,7$ .

Для правильной укладки каната на барабан служат канатоукладчики, предохраняющие канат от смещения и запутывания при ослаблении его натяжения. Долговечность каната зависит также и от диаметров блоков и барабана лебедки, которые он огибает при работе. Наименьший допускаемый диаметр (мм) блоков и барабанов, измеренный по дну канавки:

$$D_6 \geq d_k(e-1),$$

где  $d_k$  — диаметр каната;  $e$  — коэффициент, зависящий от типа и режима работы грузоподъемной машины.

По правилам Госгортехнадзора для лебедок с механическим приводом для подъема грузов  $e = 20$  и людей  $e = 25$ ; для грузовых и стрелоподъемных лебедок стреловых кранов  $e = 16$ ; 18; 20 соответ-

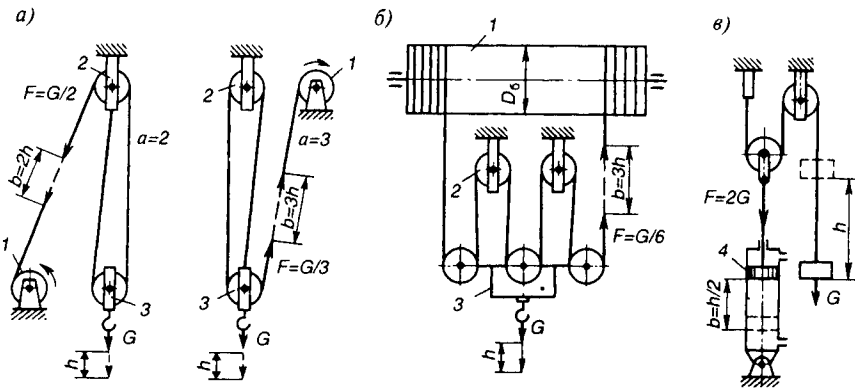
ственно для легкого, среднего и тяжелого режимов работы; для остальных типов грузоподъемных машин  $e = 20$ ; 25; 30, для электроталей  $e = 22$ .

**Полиспаст** представляет собой систему подвижных (перемещающихся в пространстве) и неподвижных одно- и многорольных блочных обоем, огибаемых по определенной системе одним общим канатом. Подвижная обойма имеет крюк или петлю для захвата груза, неподвижная крепится к элементу конструкции. Полиспасты применяют для выигрыша в силе (редукторные полиспасты) или в скорости (мультипликаторные полиспасты). В строительных машинах наибольшее применение получили редукторные полиспасты, уменьшающие натяжение каната, грузовой момент и передаточное число механизма привода при соответствующем проигрыше в скорости подъема груза (рис. 1.30, а, б). Свободный конец каната крепится на барабане лебедки 1, а другой — на подвижной 3 или неподвижной 2 блочной обойме (в зависимости от принятой схемы запасовки каната). Эти полиспасты используют при монтажных работах как самостоятельные грузоподъемные устройства, но в основном они применяются в грузовых и стрелоподъемных механизмах кранов, подъемников, экскаваторов и т.п. Мультипликаторные полиспасты используют реже, в основном в гидравлических подъемниках, погрузчиках, механизмах выдвижения телескопических стрел кранов, экскаваторов и других случаях, когда при малых скоростях приводного механизма необходимо получить повышенные скорости перемещения груза или элементов машины (рис. 1.30, в). В этом случае используют гидравлические цилиндры 4.

По количеству ветвей каната, навиваемых на барабан и определяющих тип полиспаста, различают одинарные (рис. 1.30, а) и сдвоенные (рис. 1.30, б) полиспасты. Одинарные полиспасты используют практически во всех строительных машинах с применением отклоняющих блоков, которые позволяют передать движение рабочему органу в требуемом направлении. При навивке на барабан канат перемещается вместе с грузом вдоль оси, создавая неравномерные нагрузки на подшипники барабана.

Сдвоенные полиспасты состоят из двух одинарных полиспастов и обеспечивают строго вертикальное перемещение груза при его подъеме или опускании, а также равномерную нагрузку на барабан и его опоры. Такие полиспасты применяют в основном в мостовых и козловых кранах. В тяжелых башенных кранах сдвоенные полиспасты применяют для того, чтобы использовать две стандартные грузовые лебедки вместо одной крупногабаритной большой мощности, а также для получения двух или трех скоростей подъема груза.

Основной характеристикой полиспаста является его кратность  $i_n$ . Ее определяют как отношение числа ветвей каната, на которых



Р и с. 1.30. Полиспасты



подвешен груз, к числу ветвей каната, наматываемых на барабан. Так, на рис. 1.30, а  $u_{п1} = 2$ ,  $u_{п2} = 3$ , а на рис. 1.30, б  $u_{п} = 3$ .

Максимальное натяжение каната, навиваемого на барабан:

$$F_{\max} = G_{гр} + G_{к} / (a u_{п} \eta_{кс}),$$

где  $G_{гр}$  — вес поднимаемого груза;  $G_{к}$  — вес подвижной блочной обоймы с грузозахватным органом (крюком, петлей, грейфером, электромагнитом и т.п.) и грузозахватного приспособления (стропы, траверсы, захваты и т.п.);  $a$  — тип полиспаста;  $\eta_{кс}$  — КПД канатной системы,  $\eta_{кс} = \eta_{п} \eta_{бл}^n$ , где  $\eta_{п}$  — КПД полиспаста;  $\eta_{бл}$  — КПД отклоняющих блоков;  $n$  — количество отклоняющих блоков.

Так как КПД неподвижных блоков ниже КПД подвижных, то КПД полиспаста

$$\eta_{п} = 1 + \eta_{бл} + \eta_{бл}^2 + \eta_{бл}^3 + \dots + \eta_{бл}^{u_{п}-1} / u_{п}.$$

КПД двоянного полиспаста равно произведению КПД двух одинарных полиспастов.

Длина каната  $L$  одинарного полиспаста, наматываемого на барабан, при высоте подъема груза  $h$  и кратности полиспаста  $u_{п}$  составляет  $L = u_{п} h$ . В двоянном полиспасте под длиной  $L$  понимают длину каната, наматываемого на одну половину барабана. Скорость навивки каната  $v_{к}$  и скорость подъема груза  $v_{гр}$  (м/с) связаны между собой соотношением  $v_{к} = u_{п} v_{гр}$ , а  $v_{к} = \pi D_0 n_б$ , где  $D_0$  — диаметр барабана по центру наматываемого каната,  $n_б$  — частота вращения барабана,  $c^{-1}$ .

Необходимое передаточное число  $u_{р}$  редуктора между двигателем и барабаном:

$$u_{р} = n_{дв} / n_б,$$

где  $n_{дв}$  — частота вращения двигателя,  $c^{-1}$ .

Потребная мощность двигателя  $P$  (кВт) при подъеме номинального груза  $G$  (кН) со скоростью  $v_{гр}$  (м/с):

$$P = G v_{гр} / \eta_{общ},$$

где  $\eta_{общ}$  — общий КПД всей системы;  $\eta_{общ} = \eta_{кс} \eta_{р} \eta_б$ ;  $\eta_{р}$  — КПД редуктора;  $\eta_б$  — КПД барабана.

Фактическая скорость подъема груза (м/с)

$$v_{ф.гр} = \pi D_0 n_{дв} / u_{р} u_{п}.$$

Применение силовых полиспастов позволяет уменьшить диаметр каната, а следовательно, и диаметры блоков и барабанов, снизить передаточное число редуктора, уменьшить габариты и массу

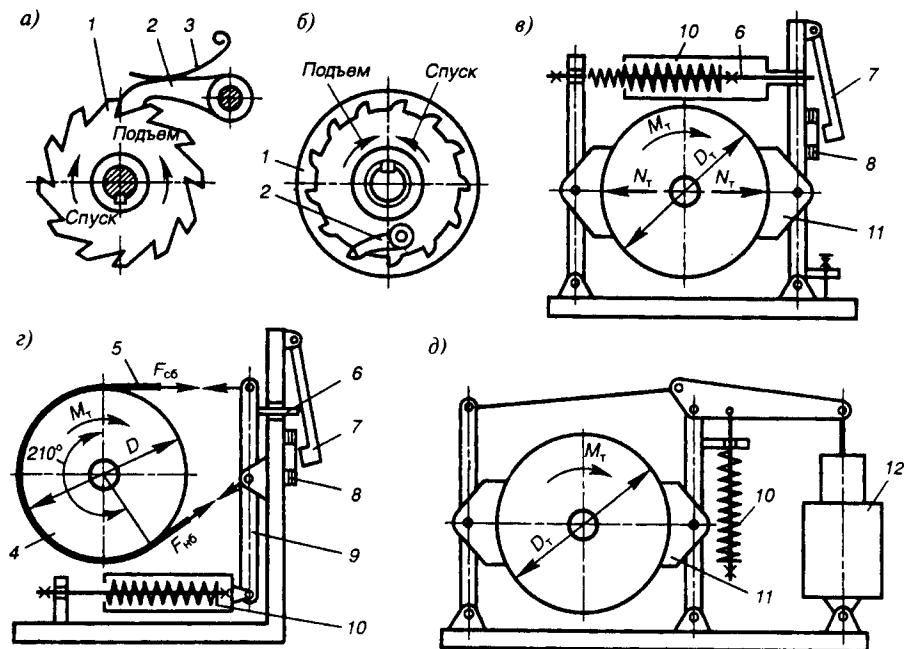


Рис. 1.31. Остановы и тормоза

машины. Однако при этом увеличивается длина каната, канатоемкость барабана и потери мощности на трение.

## 1.4.2. ОСТАНОВЫ И ТОРМОЗА

Механизмы строительных машин оборудуют остановами и тормозами. **Остановы** применяются в лебедках, талях и домкратах и предназначены для стопорения и надежного фиксирования поднятого груза в заданном положении, позволяя валу или барабану лебедки вращаться в одном направлении, и препятствуя вращению в обратную сторону. Остановы подразделяют:

по конструктивному исполнению — храповые с внешним (рис. 1.31, а) и внутренним (рис. 1.31, б) зацеплением и фрикционные — роликовые и клиновые;

по назначению — спускные и стопорные;

по способу действия — нормально закрытые и нормально открытые;

по типу управления — автоматические и управляемые.

Каждый храповый останов состоит из храпового зубчатого колеса  $l$  с зубьями специальной формы, жестко закрепленного на валу

или барабане, и собачки 2, свободно сидящей на неподвижной оси. Собачка вводится в зацепление с зубьями храпового колеса принудительно (с помощью пружины 3, груза и др.), дрепаясь его повороту при опускании груза. При подъеме груза собачка свободно проскальзывает по зубьям колеса, не препятствуя его вращению. Для смягчения ударов при включении останова применяют 2...3 собачки. Конструкция и принцип действия автоматических фрикционных роликовых останова такие же, как рассмотренных выше обгонных фрикционных роликовых муфт. Клиновые фрикционные останова в строительных машинах практически не применяются.

**Тормоза** уравнивают целиком или частично крутящий момент на барабане или валу механизма тормозным моментом, возникающим от сил трения между контактирующими подвижными и неподвижными элементами тормоза. Подвижный элемент тормоза (шків, диск) жестко соединен с затормаживаемым валом, а неподвижный (лента, колодка, диск) соединен с корпусом машины. Тормоза подразделяют:

*по назначению* — стопорные для останова механизмов, отключенных от двигателя, или удержания груза на весу и спускные — для регулирования скорости опускания груза;

*по характеру действия приводного усилия* — нормально замкнутые (постоянно замкнуты в рабочем состоянии усилием пружины или весом груза, размыкаются одновременно с включением механизма в работу), нормально разомкнутые (постоянно разомкнуты и замыкаются при необходимости торможения) и комбинированные (в нормальных условиях работают как нормально разомкнутые, а в аварийных — как нормально замкнутые);

*по принципу действия* — автоматические (с электромагнитным, электрогидравлическим и электромеханическим приводом), замыкаемые одновременно с отключением двигателя механизма, в том числе при перегрузке, и управляемые (замыкаемые или размыкаемые оператором).

Последние позволяют плавно регулировать снижение скорости. По правилам Госгортехнадзора механизмы подъема груза и изменения вылета стрелы строительных машин оборудуют только нормально закрытыми тормозами.

*По конструктивному исполнению* контактирующих рабочих элементов тормоза подразделяют на колодочные, ленточные, дисковые и конусные.

Местом установки тормоза в кинематической цепи механизма (двигатель—редуктор—исполнительный орган машины) обычно является быстроходный вал с наименьшим крутящим моментом. Шків тормоза, обычно выполняемый заодно с полумуфтой соединительной муфты, устанавливают на валу редуктора, а другую полумуфту — на валу двигателя. В особо ответственных механизмах,

связанных с подъемом людей, монтируют два тормоза — на быстроходном и тихоходном валах.

Тормозной момент ( $M_T$ ), развиваемый тормозом, всегда должен быть больше фактического момента на валу тормозного шкива с учетом коэффициента запаса  $k$ :

$$M_T = [GD_o \eta_{общ} / 2u_{рп}]k.$$

По нормам Госгортехнадзора для грузоподъемных машин при легком режиме работы  $k = 1,5$ ; среднем — 1,75; тяжелом — 2 и весьма тяжелом — 2,5.

**Ленточный тормоз** состоит из упругой стальной ленты с фрикционными накладками, охватывающей тормозной шків и связанной с системой управления. На рис. 1.31, *г* показан нормально замкнутый автоматический ленточный тормоз, лента 5 которого замыкается относительно шкива 4 пружиной 10 и размыкается электромагнитом. При пуске электродвигателя механизма питаемая ток катушка 8 электромагнита втягивает якорь 7, который через толкатель 6 воздействует на рычаг 9, связанный со сбегавшей ветвью ленты. При повороте рычага в сторону шкива прекращается контакт между накладками ленты и рабочей поверхностью шкива, т.е. происходит размыкание тормоза.

Различают простые, дифференциальные и суммирующие ленточные тормоза, которые отличаются друг от друга способом закрепления набегающего конца тормозной ленты. Простые и дифференциальные тормоза являются тормозами одностороннего действия и предназначены для торможения шкивов, вращающихся постоянно в одном направлении. По сравнению с простыми дифференциальные тормоза имеют значительно меньшее усилие включения. Суммирующие тормоза — двухстороннего действия и устанавливаются при реверсивной работе шкива.

**Колодочные тормоза** (рис. 1.31, *в, д*) выполняют обычно с двумя тормозными колодками 11, зажимающими тормозной шків с диаметрально противоположных сторон. К колодкам прикреплена стальная вальцованная лента, обладающая повышенными фрикционными качествами. Двухколодочные тормоза — стопорные, автоматические, нормально замкнутые, двустороннего действия. Замыкание двухколодочных тормозов осуществляется усилием сжатой пружины 10, размыкание — специальными тормозными электромагнитами, электромеханическими или электрогидравлическими толкателями 12, включаемыми параллельно приводному двигателю механизма. Размыкание тормоза происходит одновременно с включением двигателя.

Усилие прижатия тормозных колодок к шкиву ( $N$ )

$$N_T = M_T / (D \cdot f),$$

где  $M_T$  — тормозной момент, Н·м;  $D_T$  — диаметр тормозного шкива, м;  $f$  — коэффициент трения между колодкой и шкивом.

Правильность выбора тормоза проверяют по допускаемому давлению  $[p]$  (Па):

$$p = N_T/bl \leq [p],$$

где  $b$  — ширина колодки, м;  $l$  — длина колодки по дуге обхвата, м.

Для вальцованной ленты по чугуно и стали  $[p] = 0.5...0.6$  МПа.

Дисковые и конусные тормоза по конструкции и принципу действия аналогичны дисковым и конусным муфтам сцепления.

## 1.5. СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В качестве **основного силового оборудования** строительных машин применяют электродвигатели переменного и постоянного тока с питанием от внешней силовой сети и двигателя внутреннего сгорания, не зависящие от внешних источников энергии. Электродвигатели приводят в действие переносные (ручные) передвижные и стационарные машины, длительное время работающие на одном месте (башенные, козловые и мостовые краны, смесительные установки, конвейеры, насосные установки, и т.п.). Электродвигатели преобразуют электрическую энергию в механическую. Они характеризуются постоянной готовностью к работе, простотой пуска, управления и реверсирования, сравнительно небольшими габаритами и массой, экономичностью, простотой эксплуатации и надежностью в работе, способностью выдерживать кратковременные перегрузки, пригодностью для индивидуального привода механизмов машин. Основной их недостаток — зависимость от внешнего источника энергии.

Двигатели внутреннего сгорания применяют в основном в самоходных строительных машинах. Их достоинствами являются автономность от внешних источников энергии, высокая экономичность, небольшой вес, приходящийся на единицу мощности, постоянная готовность к работе. В двигателях внутреннего сгорания тепловая энергия сжигаемого в смеси с воздухом топлива преобразуется в механическую энергию вращающегося коленчатого вала. При сгорании сжатой движущимся поршнем топливовоздушной смеси в цилиндре двигателя продукты сгорания (газы) расширяются, дают на поршень, который через шатун передает усилие на коленчатый вал, заставляя его вращаться. Вал двигателя соединяется с трансмиссией машины гидравлической или фрикционной муфтой.

По виду потребляемого топлива и способу его воспламенения различают *карбюраторные* двигатели, работающие на бензине или

газе с воспламенением топливовоздушной смеси, приготовленной в карбюраторе, электрической искрой, и *дизели*, работающие на дизельном топливе с воспламенением топливовоздушной смеси в результате ее нагрева при сжатии в цилиндрах. Дизели получили преимущественное распространение благодаря большей (в 1,3...1,5 раза) экономичности, более высокому (на 30...40%) КПД и способности работать на более дешевом топливе.

К недостаткам двигателей внутреннего сгорания относятся: невозможность реверсирования (изменения направления вращения вала) и пуска под нагрузкой, сравнительно небольшой диапазон непосредственного регулирования скорости и крутящего момента, большая чувствительность к перегрузкам, сложность пуска при низких температурах, сравнительно малый срок службы (3000...4000 ч), высокая стоимость эксплуатации.

Различают одно- и многомоторные приводы. При одномоторном приводе движение механизмам и рабочему органу машины передается от основного двигателя (дизеля) через механическую трансмиссию. При многомоторном приводе каждый механизм и рабочий орган машины приводится в действие индивидуальным двигателем. Многомоторный привод применяется в машинах с большим количеством механизмов и может быть электрическим при питании индивидуальных электродвигателей от внешней сети и комбинированным автономным, при котором основной двигатель (дизель) приводит в действие генератор, питающий ток индивидуальными электродвигателями (дизель-электрический привод), гидравлические насосы, нагнетающие рабочую жидкость в гидравлические двигатели (дизель-гидравлический привод), компрессор, питающий сжатым воздухом пневматические двигатели (дизель-пневматический привод) и т.п. Многомоторный привод упрощает кинематику машин (отсутствуют сложные и громоздкие механические трансмиссии), обеспечивает в широком диапазоне плавное бесступенчатое регулирование скоростей механизмов и рабочего органа, позволяет автоматизировать управление машинами.

**Гидравлический привод** применяется в большинстве современных строительных машин (экскаваторов, кранов, подъемников, погрузчиков, бульдозеров, скреперов и др.) для передачи мощности от основного двигателя к рабочему органу и исполнительным механизмам, а также в системах управления машин. В гидроприводе, называемом объемным или статическим, используется энергия практически несжимаемой рабочей жидкости (минеральное масло), нагнетаемой гидравлическими насосами. Основными достоинствами гидравлического привода являются: высокий КПД, экономичность, удобство управления и реверсирования, способность обеспечивать большие передаточные числа, бесступенчатое независимое регулирование в широком диапазоне скоростей исполнительных ме-

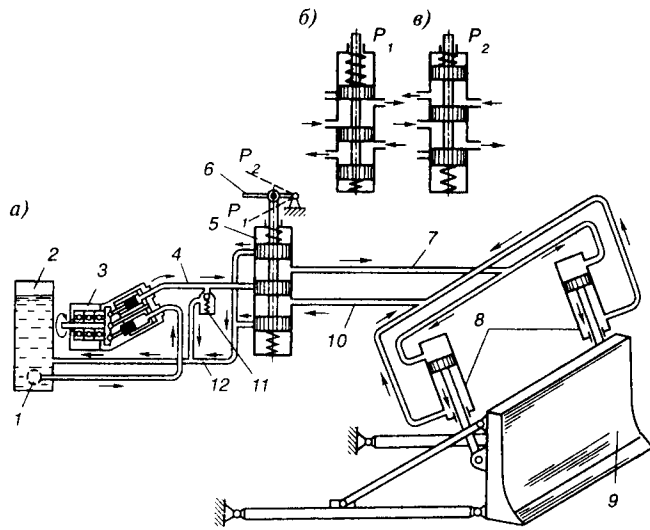


Рис. 1.32. Принципиальная схема объемного гидрпровода

ханизмов, простота преобразования вращательного движения в поступательное, предохранение двигателя и механизмов от перегрузок, компактность конструкции и надежность в работе. Гидропривод включает следующие основные элементы: насосы, баки с рабочей жидкостью, гидравлические двигатели поступательного (гидравлические цилиндры) и вращательного (гидромоторы) действия, гидравлические распределители, распределяющие потоки рабочей жидкости от насосов к гидроцилиндрам или гидромоторам, фильтры и соединительные трубопроводы и регулирующие устройства. В гидродвигателях давление рабочей жидкости, создаваемое гидронасосом, преобразуется в поступательное движение поршня со штоком или во вращательное движение ротора, связанных с рабочим органом.

На рис. 1.32 показана принципиальная схема объемного гидропривода отвала бульдозера. Рабочая жидкость всасывается из бака 2 через фильтр 1 гидронасосом 3, которым нагнетается через распределительное устройство 5 в одну из полостей гидравлических двигателей — гидроцилиндров 8. Под давлением жидкости начинают перемещаться поршни гидроцилиндров со штоками и шарнирно связанный с ними бульдозерный отвал 9. При этом рабочая жидкость из противоположных полостей гидроцилиндров вытесняется поршнями в сливную магистраль 12, соединенную через распределитель с баком. На напорной магистрали 4 установлен предохранительный клапан 11, отрегулированный на определенное давление и

сбрасывающий избыток жидкости в сливную магистраль при давлении превышающем установленное. Привод насоса осуществляется от основного двигателя машины.

В гидроприводах строительных машин широко применяют шестеренные и роторно-поршневые насосы и гидромоторы. Н а с о с ы преобразуют механическую энергию привода в энергию потока рабочей жидкости и характеризуются развиваемым давлением и подачей (производительностью). Г и д р о м о т о р ы преобразуют энергию потока рабочей жидкости в механическую, вращая приводные валы механизмов, и характеризуются развиваемым крутящим моментом и частотой вращения вала.

Шестеренные насосы

выполняют с внешним и внутренним зацеплением пар шестерен, составляющих одну, две или три секции насоса. Наиболее распространены односекционные насосы типа НШ (рис. 1.33) с внешним зацеплением шестерен, имеющих

от 6 до 12 зубьев. Ведущая 4 и ведомая 5 шестерни выполняются заодно с валами 1, установленными на подшипниках скольжения 3 в корпусе 2 со всасывающей и нагнетательной полостями. При вращении шестерен рабочая жидкость из бака засасывается во всасывающую полость, заполняет пространство между зубьями и переносится в нагнетательную полость, откуда выдавливается в напорную магистраль зубьями шестерен, вступающими в зацепление. Насосы типа НШ развивают давление до 15 МПа. Они просты по конструкции, малогабаритны и имеют невысокую стоимость. Основные недостатки — сравнительно малый КПД (0,6...0,75) и небольшой срок службы при работе с высоким давлением. Эти насосы развивают подачу порядка 400...500 л/мин при частоте вращения вала 2000 мин<sup>-1</sup>.

В шестеренных гидромоторах энергия рабочей жидкости, подводимой к шестерням от насоса, преобразуется в крутящий момент выходного вала.

Роторно-поршневые насосы и гидромоторы разделяют на аксиально-поршневые и радиально-поршневые. Аксиально-поршневые насосы (рис. 1.34, а) и гидромоторы имеют одинаковую конструкцию и состоят из вращающегося цилиндрического блока 5, поршней 3 со штоками 2, приводного вала 1 и неподвижного распределительного диска 6. По окружности блока расположены восемь ци-

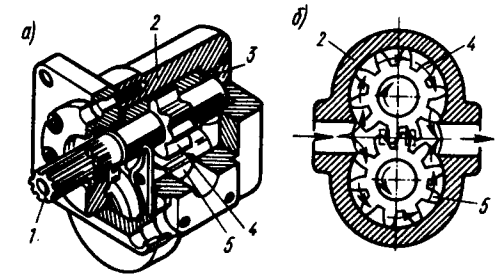
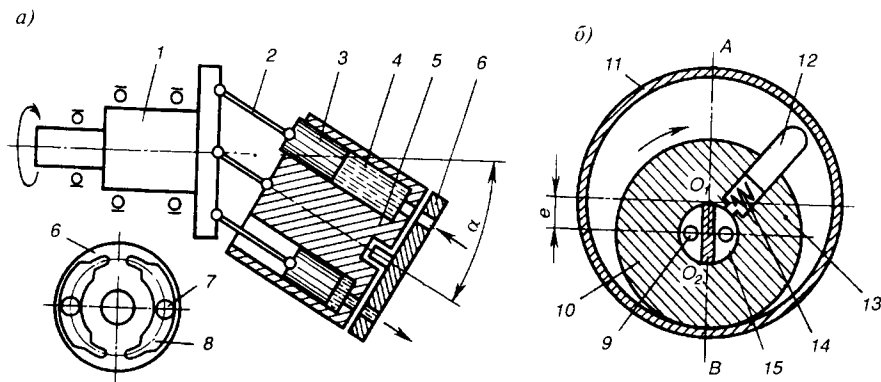


Рис. 1.33. Шестеренный односекционный насос

цилиндров 4. При вращении блока, наклоненного к оси приводного вала под углом  $\alpha = 15\div 30^\circ$ , поршни вращаются вместе с блоком и одновременно движутся возвратно-поступательно в его цилиндрах, попеременно засасывая рабочую жидкость из гидробака и выталкивая ее в напорную магистраль. Жидкость засасывается и нагнетается поршнями через дуговые окна 8 в распределительном диске 6. Перемычки между окнами отделяют полость всасывания от полости нагнетания. При вращении блока отверстия 7 цилиндров соединяются либо со всасывающей, либо с напорной магистральями. Угол наклона  $\alpha$  качающего блока определяет ход поршней и подачу насоса.

Различают нерегулируемые (постоянной подачи) насосы, у которых угол  $\alpha$  постоянный, и регулируемые (переменной подачи) насосы, у которых угол  $\alpha$  можно плавно изменять в процессе работы. При изменении угла  $\alpha$  будут обратно пропорционально изменяться подача  $Q$  (или производительность насоса) и давление  $p$ , развиваемое насосом, при неизменной мощности насоса  $P$ , так как  $P = pQ$ . Причем, если этот угол изменить на противоположный, то насос изменит направление подачи жидкости также на противоположное. Регулируемые аксиально-поршневые насосы, снабженные устройствами для поворота оси блока в зависимости от давления в системе, используют для автоматического регулирования усилия и скорости рабочего органа или исполнительного механизма машины при колебаниях внешней нагрузки. В гидроприводах одноковшовых экскаваторов и стреловых самоходных кранов применяют сдвоенные аксиально-поршневые насосы, установленные в одном корпусе. Такие насосы нагнетают рабочую жидкость обычно в две напорные магистрали. Современные аксиально-поршневые насосы унифицирова-



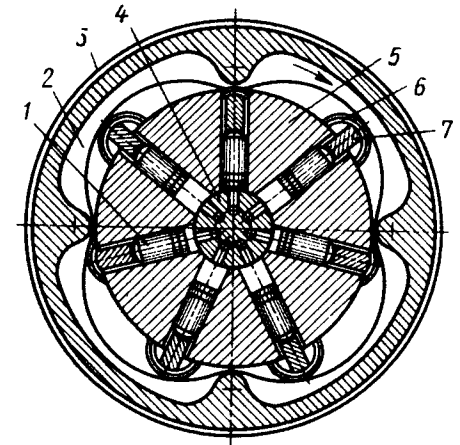
Р и с. 1.34. Принципиальные схемы поршневых насосов

ны, имеют высокий КПД (0,96...0,98) и развивают рабочее давление до 35 МПа; производительность их достигает 1000 л/мин, а частота вращения — до 3000 мин<sup>-1</sup>.

При использовании аксиально-поршневого насоса в качестве гидромотора по его напорной магистрали от насоса нагнетается рабочая жидкость, и ее давление на поршни преобразуется во вращение приводного вала. Отработанная жидкость отводится от гидромотора по сливному трубопроводу. Для реверсирования гидромотора меняют местами нагнетательный и сливной трубопроводы или изменяют направление потоков жидкости в них на противоположное.

Основными элементами радиально-поршневых насосов и гидромоторов являются неподвижный статор и несоосный с ним вращающийся ротор с цилиндрами, в которых движутся поршни. На принципиальной схеме радиально-поршневого насоса (рис. 1.34, б) условно показаны один цилиндр и поршень. Ось  $O_2$  ротора 10 смещена относительно оси  $O_1$  статора 11 на величину эксцентриситета  $e$ , благодаря чему при вращении ротора поршень 12 движется возвратно-поступательно в цилиндре 13.

При движении поршня от точки В к точке А и одновременно от оси  $O_2$  происходит всасывание рабочей жидкости из гидробака через всасывающий канал 9, а при дальнейшем движении поршня от точки А к точке В и к оси  $O_2$  — нагнетание жидкости в напорный канал 15. Необходимое плотное прижатие поршня к статору обеспечивается пружиной 14 или напором жидкости, подводимой под поршень.



Р и с. 1.35. Радиально-поршневой гидромотор

Поддачу насоса регулируют изменением эксцентриситета  $e$ . Реверсирование насоса осуществляется изменением положения полостей всасывания и нагнетания меняются на обратные. Радиально-поршневые насосы имеют 7...9 поршней, развивают рабочее давление до 25 МПа и обеспечивают подачу 5...500 л/мин при частоте вращения ротора 25...100 с<sup>-1</sup>.

Радиально-поршневые гидромоторы аналогичны по устройству насосам. Высокомоментные радиально-поршневые гидромоторы

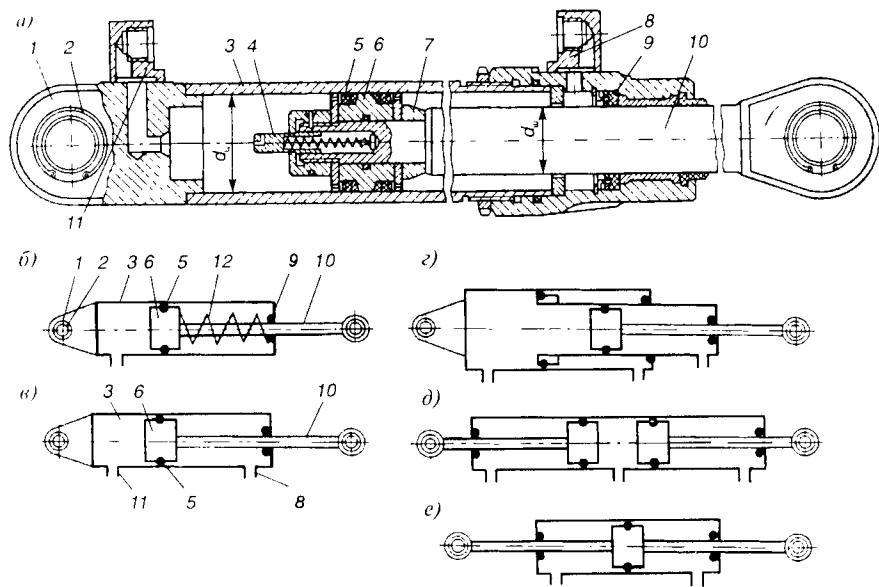


Рис. 1.36. Гидравлические цилиндры

( $M_{кр} > 1000 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $n < 16 \text{ с}^{-1}$ ) способны осуществлять привод рабочего органа или механизма машины непосредственно без промежуточных механических передач. Такие гидромоторы применяют для привода рабочих органов траншейных экскаваторов. в механизмах поворота и передвижения гидравлических экскаваторов и кранов и т.п. Составные части радиально-поршневого гидромотора (рис. 1.35): статор 3 с профильными кольцами 2, ротор 5 с цилиндрами и поршнями 1, соединенными через траверсы 7 с роликами 6, и распределительное устройство. Ролики прокатываются по профильным кольцам статора. При подаче рабочей жидкости от насоса через распределитель и каналы в валу 4 под поршни, последние начинают выдвигаться и оказывать давление через траверсы и ролики на профильные кольца 2. Тангенциальные составляющие этого давления заставляют ротор вращаться в направлении, указанном стрелкой. Подпоршневые полости поршней, движущихся к центру вала, соединяются со сливной линией.

Гидроцилиндры приводят в действие элементы рабочего оборудования машин с помощью подвижного звена в виде цилиндра 3 (рис. 1.36, а) или поршня 6 со штоком 10. Различают гидроцилиндры одностороннего и двустороннего действия. У первых принудительное движение звена осуществляется под давлением жидкости только в одном направлении (рабочий ход), а возврат в исходное

положение — под действием пружины 12 (рис. 1.36, б) или веса перемещаемого элемента. У вторых, наиболее распространенных, подвижное звено перемещается принудительно нагнетаемой жидкостью в противоположных направлениях (рис. 1.36, в—е). Гидроцилиндры двустороннего действия бывают с односторонним (рис. 1.36, в) и двусторонним штоком (рис. 1.36, д, е). При необходимости перемещения подвижного звена на значительные расстояния (до 2,5...3 м) применяют телескопические гидроцилиндры (рис. 1.36, д). Полость цилиндра, в которой расположен шток, называется *штоковой*, противоположная — *поршневой*. Рабочая жидкость в поршневую и штоковую полости поступает соответственно через угловые штуцера 11 и 8. Герметичное разделение штоковой и поршневой полостей обеспечивается уплотнениями (манжетами) 5 поршня. Утечке рабочей жидкости из штоковой полости препятствует уплотнение (манжета) 9. Хвостовые части 1 цилиндров и головки штоков имеют сферические подшипники 2 для шарнирного крепления к элементам машин. Для смягчения ударов в конце хода поршня служит демпфирующий клапан 4. При обратном ходе поршня демпфером является упор 7. Основные параметры гидроцилиндров — внутренний диаметр цилиндра, диаметр штока, ход поршня и номинальное давление.

Усилие (МПа), развиваемое гидроцилиндром при подаче в полости:

поршневую

$$F_n = p\pi d_n^2 / 4;$$

штоковую

$$F_{ш} = p\pi(d_n^2 - d_{ш}^2) / 4,$$

где  $p$  — давление рабочей жидкости, МПа;  $d_n$ ,  $d_{ш}$  и  $d_{ш}$  — соответственно диаметры поршня, цилиндра и штока, см.

Скорость движения (м/с) поршня (цилиндра) зависит от расхода рабочей жидкости  $Q$

$$v = 4Q / (\pi d_n^2 \eta_{об}),$$

где  $\eta_{об} = 0,8...0,95$  — объемный КПД.

Гидрораспределители управляют потоком жидкости, подаваемой в гидравлические двигатели, последовательностью их работы и обеспечивают отвод отработавшей жидкости из сливных полостей в бак. Кроме того, распределители реверсируют гидродвигатели и регулируют их скорость. Различают золотниковые, клапанные и крановые распределители. Наиболее распространены золотниковые распределители, управляющие потоком жидкости с помощью движущихся возвратно-поступательно зо-

лотников. По числу присоединенных каналов золотниковые распределители делят на двух-, трех- и четырехходовые. Для управления гидродвигателями двустороннего действия применяют, как правило, четырехходовые распределители с четырьмя каналами (напор, слив и два рабочих отвода). По числу фиксированных положений золотника — рабочих позиций — различают трех- и четырехпозиционные распределители. Положения золотника трехпозиционного распределителя — два рабочих и одно нейтральное, четырехпозиционного — два рабочих, одно нейтральное и одно плавающее.

На рис. 1.32 показано, как трехпозиционный четырехканальный распределитель 5 управляет подачей рабочей жидкости в гидроцилиндры 8 подъема отвала. С его помощью можно соединять напорную 4 и сливную 12 линии либо с трубопроводом 7 (см. рис. 1.32, б, рабочее положение  $P_1$  рукоятки управления б), либо с трубопроводом 10 (см. рис. 1.32, в, положение  $P_2$ ), реверсируя работу гидроцилиндров. В нейтральном положении золотника (положение  $H$ ) можно останавливать штоки гидроцилиндров 8 и связанный с ними отвал 9 в любом положении, перекрывая оба трубопровода 7 и 10. При этом через клапан 11 соединяются напорная 4 и сливная 12 линии и непрерывно разгружается работающий насос.

Четырехсекционный распределитель обеспечивает четвертое — плавающее положение, при котором штоковая и поршневая полости соединены со сливной линией, а подвижное звено (шток или цилиндр) может свободно перемещаться под действием внешней нагрузки.

К регулирующим устройствам относятся клапаны различного назначения и дроссели. Давление в системе регулируют предохранительными и редуцированными клапанами. Предохранительные клапаны ограничивают максимальное давление, развиваемое насосом, и сбрасывают (открывающие) при давлении, превышающем номинальное на 10...15%, перепуская жидкость в сливную магистраль. Они защищают элементы гидропривода от перегрузок. Редуцирующие клапаны понижают давление подаваемой в систему жидкости до определенной величины независимо от давления, развиваемого насосом. Обратные клапаны пропускают поток жидкости только в одном направлении. Дроссели регулируют подачу жидкости в гидродвигатели с целью изменения скорости подвижных звеньев гидроцилиндров или частоты вращения гидромоторов. Они представляют собой местные гидравлические сопротивления, устанавливаются на трубопроводе, соединяющем сливную и напорную линии, и отводят часть потока в сливную линию, уменьшая подачу жидкости в гидродвигатель.

Гидродинамические передачи представляют собой гидромуфту или гидротрансформатор, которые устанавливаются

между основным двигателем и трансмиссией машины. Принцип действия таких передач основан на гидродинамической (т.е. через жидкость) связи между их ведущими и ведомыми элементами.

Гидромуфта (рис. 1.37, а) включает ведущее насосное 2 и ведомое турбинное колеса 3 со спиральными лопастями, установленные соответственно на ведущем 1 и ведомом 4 валах и разделенные между собой небольшим зазором. Колеса заключены в кожух 5, заполненный маловязким маслом.

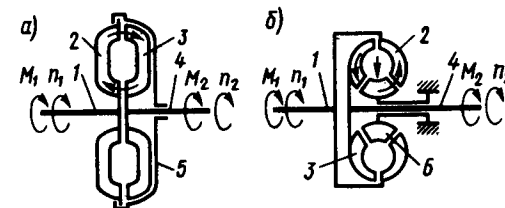


Рис. 1.37. Гидродинамические передачи

При вращении ведущего вала лопасти насосного колеса сбрасывают рабочую жидкость на лопасти турбинного колеса, заставляя его вращаться в том же направлении. Слоток турбинного колеса жидкость возвращается в насосное колесо, образуя замкнутый поток. Гидромуфты характеризуются примерным равенством крутящих моментов на ведущем и ведомом валах и надежно предохраняют двигатель машины от перегрузок.

Гидротрансформатор (рис. 1.37, б) помимо насосного 2 и турбинного 3 колес имеет промежуточное направляющее неподвижное колесо (реактор) 6. Реактор воспринимает разность крутящих моментов насосного и турбинного колес и обеспечивает получение реактивного момента, действующего на турбинное колесо. Таким образом, на выходной вал 4 гидротрансформатора действуют два момента — крутящий момент приводного вала, передаваемый через поток жидкости, и реактивный момент, в сумме превышающие момент на приводном валу. При уменьшении частоты вращения турбинного колеса с увеличением внешней нагрузки автоматически повышается реактивный и, следовательно, суммарный крутящий момент на выходном валу. Отношение максимального крутящего момента к моменту двигателя, называемое коэффициентом трансформации, составляет 2,5...3,5. Применение гидротрансформаторов позволяет предохранять двигатели и трансмиссии машин от перегрузок, улучшить эксплуатационные качества машин, автоматизировать их работу и повысить производительность.

Пневматический привод использует энергию сжатого в компрессорах до 0,5...0,8 МПа воздуха и применяется в пневматических молотах, ручных пневмомашинках и вибраторах, для питания различной аппаратуры при отделочных работах, а также в системах управления машин для плавного включения механизмов в работу и их торможения. Основными частями такого привода являются: компрессор с

приводным двигателем и воздухохраником (ресивером), пневматические двигатели вращательного и возвратно-поступательного действия, соединительные воздухопроводы, регуляторы давления и предохранительные клапаны, воздушные фильтры и маслосепараторы. Отработанный воздух из пневмодвигателей выбрасывается непосредственно в атмосферу. Компрессоры приводятся в действие от электродвигателей и двигателей внутреннего сгорания. Компрессор с приводом и вспомогательной аппаратурой составляют компрессорную установку, которая может быть переносной и передвижной. Передвижные установки, смонтированные на одноосных и двухосных тележках, прицепах, шасси грузовых автомобилей (самоходные установки), широко используют на строительномонтажных работах. Переносные установки применяют в основном при выполнении отделочных (окрасочных) работ небольших объемов. Компрессоры по принципу действия разделяют на поршневые, ротационные, турбинные, диафрагмовые и винтовые. Поршневые компрессоры, получившие в городском строительстве наибольшее распространение, бывают одно- и двухступенчатого сжатия.

В компрессоре одноступенчатого сжатия (рис. 1.38, а) внутри цилиндра 4 движется возвратно-поступательно поршень 3, шарнирно соединенный шатуном 2 с приводным коленчатым валом 1. На крышке цилиндра установлены подпружиненные автоматически действующие клапаны — всасывающий 5 и нагнетательный 7. При движении поршня вниз в цилиндре создается разрежение, при котором поступающий через фильтр 6 атмосферный воздух открывает клапан 5 и заполняет цилиндр. При движении поршня вверх клапан 5 автоматически закрывается, и воздух в цилиндре начинает сжиматься. Под давлением сжатого воздуха, достигшем определенной величины, открывается клапан 7, и сжатый воздух по воздухопроводу поступает в воздухохраник 8, откуда через раздаточные краны по резиновым шлангам подводится к потребителям.

В компрессоре двухступенчатого сжатия (рис. 1.38, б) воздух сначала сжимается до 0,2...0,25 МПа в цилиндре 9 низкого давления, за-

тем, пройдя через холодильник (водяной или воздушный) 10, поступает в цилиндр 11 высокого давления, сжимается там до 0,8 МПа и подается в воздухохраник. В воздухохранике создается запас сжатого воздуха для равномерной (без пульсации) подачи сжатого воздуха к потребителю, а также обеспечивается охлаждение и очистка воздуха от воды и масла. Предохранительный клапан воздухохраника срабатывает при избыточном давлении и выпускает часть воздуха в атмосферу. Давление контролируется манометрами. Производительность передвижных компрессорных установок 2... 20 м<sup>3</sup>/мин.

## 1.6. ХОДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

**Ходовое оборудование** предназначено для передачи на опорную поверхность (грунт, дорожное покрытие, рельсы) веса машины и внешних нагрузок, действующих на нее при работе, передвижения машины на рабочих (при выполнении рабочего процесса) и транспортных скоростях, а также стопорения машины при работе. Ходовое оборудование включает гусеничное, пневмоколенное, гусенично-коленное или рельсовое ходовое устройство и механизмы для его привода. Каждое ходовое устройство состоит из движителя и подвески. Движитель находится в постоянном контакте (сцеплении) с опорной поверхностью и обеспечивает поступательное движение машины. Подвеска соединяет движитель с опорной рамой машины и выполняется жесткой у тихоходных машин, полужесткой и упругой — у быстроходных. Самоходные строительные машины монтируют на базе серийных грузовых автомобилей, колесных и гусеничных тракторов, пневмоколенных тягачей и специальных гусеничных и пневмоколенных шасси с приводом от общей трансмиссии машины или от индивидуальных электрических и гидравлических двигателей. Специальные шасси современных строительных машин унифицированы.

Пневмоколенное ходовое оборудование обеспечивает машинам маневренность, мобильность, высокие скорости (до 60...70 км/ч) и плавность передвижения. Пневмоколенный движитель состоит из ведомых и ведущих (приводных) колес, вращательное движение которых преобразуется в поступательное движение машины. У большинства строительных машин все колеса — ведущие. Количество колес зависит от допускаемой на каждое колесо нагрузки, условий и режимов работы машины, требуемых скоростей ее движения. Ходовые устройства строительных машин имеют обычно от 4 до 8 одинаковых взаимозаменяемых колес. Основным элементом каждого пневмоколеса является накачанная воздухом упругая резиновая шина, смонтированная на ободе. Шины могут быть камерными и бескамерными. В камерных шинах (рис. 1.39, а) воздух накачивается в камеру 3, в бескамерных (рис. 1.39 б) — между герметично соединенными крышкой 2 и ободом 4.

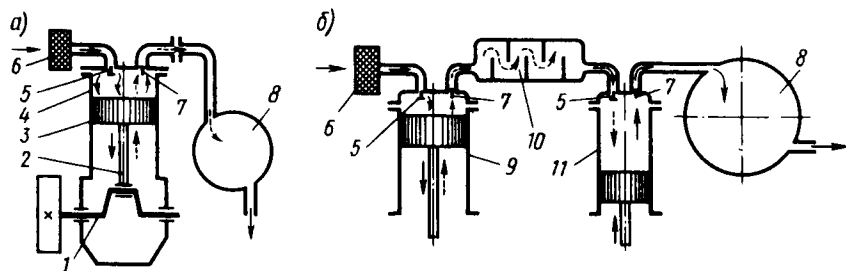


Рис. 1.38. Поршневые компрессоры



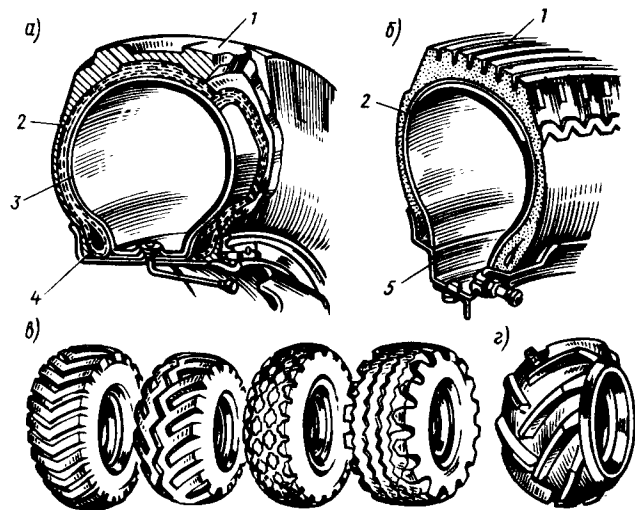


Рис. 1.39. Типы шин

Взаимодействующий с дорогой протектор 1 шин может иметь мелкий рисунок для дорог с твердым покрытием и крупный — для грунтовых дорог (рис. 1.39, в). Для повышения проходимости машин, работающих и передвигающихся по грунтам с пониженной несущей способностью, применяют шины с большой опорной поверхностью — широкопрофильные и арочные (рис. 1.39, г). Такие шины имеют высокие грунтозацепы, их удельное давление на грунт не превышает 0,05...0,14 МПа. Многие машины оборудуют устройствами для регулирования давления в шинах из кабины машиниста (каждой в отдельности или всех вместе) в зависимости от условий работы и передвижения машины. С уменьшением давления в шинах до 0,05...0,08 МПа увеличивается площадь контакта их с грунтом и соответственно уменьшается удельное давление на грунт и повышается проходимость машины; наряду с этим растут сопротивление движению машины и интенсивность износа шин. При движении в хороших дорожных условиях давление в шинах повышают до 0,5...0,7 МПа.

На пневмоколеса опираются приводные (ведущие) и неприводные мосты, соединяемые с рамой машины жесткой, балансирной или упругой подвеской. Общее количество мостов обычно не превышает трех. Наиболее нагруженные мосты имеют двоярные пневмоколеса. Направление движения машины меняется путем поворота управляемых колес, поворотом мостов с колесами в плане, обеспечением различной скорости движения правых и левых колес и т.п. Привод ведущих колес может быть общим от механической трансмиссии машины, от самостоятельного ходового электродвигателя

или низкомоментного гидромотора через систему передач и валов, а также индивидуальным от приводных ступичных блоков, встроенных в ступицу каждого колеса (мотор-колеса) и включающих электродвигатель или гидромотор, планетарный редуктор и тормоз. Скорость машины с мотор-колесами можно плавно регулировать в широком диапазоне в зависимости от дорожных условий и действующих на нее нагрузок. Каждое мотор-колесо может быть поворотным, за счет чего улучшается маневренность машины. Для разгрузки ходовых устройств строительных экскаваторов, стреловых самоходных кранов, бурильных и других машин при работе применяют выносные опоры-аутригеры. Масса пневмоколесных ходовых устройств составляет 10...12% общей массы машины.

Гусеничное ходовое оборудование характеризуется хорошим сцеплением с грунтом, высокой тяговой способностью, большой опорной поверхностью, низким удельным давлением на грунт (0,04...0,1 МПа), определяющими в комплексе его высокую проходимость, и применяется в машинах, передвигающихся в условиях плохих дорог и бездорожья. Недостатки гусеничного оборудования — тихоходность (не более 10...12 км/ч), сравнительно большая масса (30...40% от массы машины), сложность конструкции. Гусеничные машины обычно обслуживают объекты с большими объемами работ. Для транспортирования их с одного объекта на другой применяют пневмоколесные прицепы-тяжеловозы (трайлеры). В городском строительстве используют машины с двухгусеничным ходовым оборудованием. Гусеничный движитель (рис. 1.40, а) состоит из гусеничной ленты (цепи 2 в виде шарнирно соединенных между собой звеньев (пластин, траков), огибающей приводное 1 и направляющее (натяжное) 9 колеса. Последние установлены на концах рамы 7. Нагрузки от машины передаются на нижнюю ветвь гусеничной ленты через движущиеся по ней опорные катки 6. Холостную верхнюю ветвь гусеницы поддерживают и предохраняют от провисания ролики 3. Натяжение гусеничной ленты регулируют винтовым натяжным устройством 8, перемещающим натяжное колесо 9. Для машин, работающих и передвигающихся на слабых, переувлажненных и заболоченных грунтах, применяют уширенно-удлиненные движители с увеличенной опорной поверхностью гусениц и удельным давлением на грунт 0,02...0,03 МПа.

По приспособляемости к неровностям опорной поверхности различают мягкие и полужесткие движители. У жестких движителей опорные катки соединяются непосредственно с рамой (см. рис. 1.40, а), у мягких — через пружины и рессоры. При полужесткой подвеске жесткие движители крепятся к раме машины шарнирно одним концом и через упругие элементы — другим. Скорость движения машин с жесткой подвеской 5...8 км/ч. Рамы жестких движителей строительных экскаваторов, стреловых самоходных кранов, погруз-

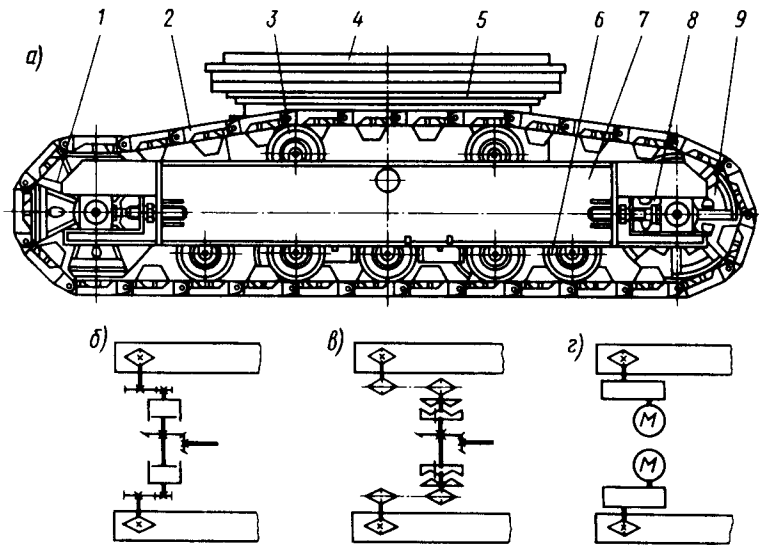


Рис. 1.40. Гусеничное ходовое оборудование

чиков и других машин жестко соединены между собой поперечными балками, на которые опирается ходовая рама 5, несущая опорно-поворотный круг 4 и воспринимающая вес и внешние нагрузки машины. Привод ведущего колеса каждой гусеницы может быть общим (рис. 1.40, б, в) от электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания через систему передач, а также отдельным (индивидуальным) — от электродвигателя (рис. 1.40, з) или низкомомментного гидромотора через редуктор. Автоматические и управляемые тормоза привода гусениц обеспечивают торможение, остановку и маневрирование машины. Движение по кривой достигается притормаживанием одной из гусениц, а разворот — движением гусениц в противоположные стороны или полным торможением одной из гусениц.

Рельсовое ходовое оборудование имеет башенные, козловые, мостовые и специальные стреловые самоходные краны, электротали — тельферы, свабойные установки и др. (рис. 1.41). Оно характеризуется простотой конструкции, небольшими сопротивлениями передвижению, а также малыми маневренностью и скоростью передвижения. Основными элементами рельсового ходового устройства являются размещаемые на рельсах стальные колеса с гладким ободом с одной или двумя ребрами. Привод ведущих колес может быть общим от электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания через систему валов и передач и индивидуального электродвигателя через редуктор. Приводы оборудуют управляемыми и автоматическими тормозами. Одно или несколько колес с об-

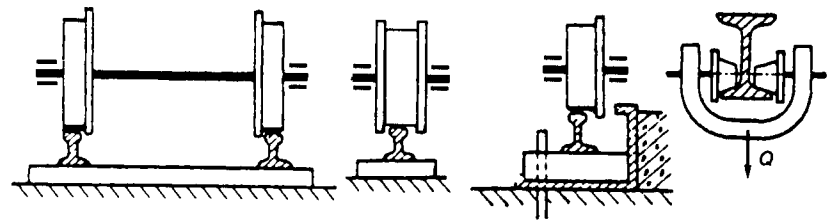


Рис. 1.41. Рельсовое ходовое оборудование

щей рамой, двигателем, редуктором и тормозом образуют приводную ходовую тележку. Количество колес в тележке определяется действующей нагрузкой. Приводные и неприводные (без привода) ходовые тележки кранов шарнирно соединяются с опорной рамой и оборудуются противоугонными клещевыми захватами.

Многие строительные машины (стреловые краны, строительные экскаваторы, погрузчики и др.) имеют поворотное в плане рабочее оборудование, установленное, как правило, на поворотной платформе. Платформа опирается на раму ходового устройства через опорно-поворотный круг (ОПК) и поворачивается в плане поворотным механизмом. Широко применяются унифицированные роликовые ОПК. Их составными частями являются (рис. 1.42, а): наружные подвижные кольца 2 и 3, скрепленные болтами, ролики 1, используемые в качестве тел качения, и внутреннее неподвижное кольцо 5 с зубчатым венцом 6. Кольца 2 и 3 жестко крепятся к поворотной платформе, а кольцо 5 — к раме ходового устройства. Расположенные между кольцами ролики имеют взаимно перпендикулярные оси (рис. 1.42, б) и наклонены к вертикали под углом 30 или 60°, в результате чего половина их, катящаяся по дорожкам В, воспринимает опорные нагрузки, а другая половина, катящаяся по дорожкам Г, — отрывные, удерживая поворотную платформу от опрокидывания.

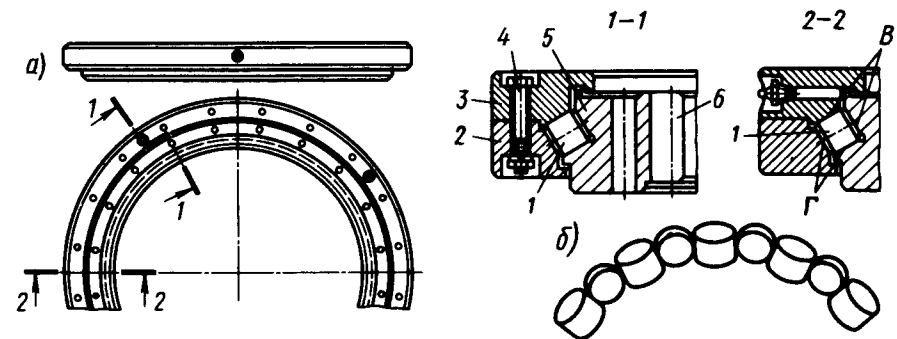


Рис. 1.42. Роликовый опорно-поворотный круг

Роликовые ОПК выпускают одно- и двухрядными, с внутренним и наружным зубчатым венцом. В постоянном зацеплении с зубчатым венцом ОПК находится ведущая (обегающая) шестерня поворотного механизма, которая обегаёт венец, поворачивая платформу. Поворотный механизм располагается на поворотной платформе. У машин с электрическим, гидравлическим и комбинированным приводом поворотный механизм включает зубчатый или червячный редуктор с обегающей шестерней на выходном валу, индивидуальный приводной электродвигатель или низкомоментный гидромотор и тормозное устройство. При использовании высокомоментного гидромотора редуктор отсутствует, а обегающая шестерня крепится непосредственно на валу гидромотора. У машин с механическим приводом поворотный механизм (редуктор с обегающей шестерней и тормозом) приводится в действие от общей трансмиссии машины. Тормоза поворотных механизмов могут быть управляемыми и автоматическими.

## 1.7. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

**Системы управления** строительных машин по конструктивным признакам разделяют на механические, гидравлические, пневматические, электрические и смешанные (комбинированные).

**Механическая** система обеспечивает связь руки или ноги машиниста с муфтами и тормозами через рычаги и тяги. Такая конструкция надежна в эксплуатации и имеет высокую чувствительность управления. Основные ее недостатки — необходимость приложения значительных мускульных усилий машиниста к рычагам и педалям, быстрая утомляемость машиниста, ведущая к снижению производительности машины, необходимость частых смазок и регулировок быстроизнашивающихся шарнирных соединений тяг и рычагов. Обычно механическая система используется как вспомогательная — для управления механизмами, не принимающими участия в выполнении рабочего процесса.

Поворот колес машины в этом случае осуществляется с помощью рулевого управления посредством приложения усилия машиниста к рулевому колесу 4 и через механическую передачу 3 (цилиндрическую или червячную пару), сектор 2, взаимодействующий с винтовым устройством, перемещает поперечные тяги 1, соединенные с управляемыми колесами (рис. 1.43, а). Для облегчения труда машиниста в передаточный механизм рулевого управления включают усилители в виде гидравлического или пневматического цилиндра с поршнем. Действие усилителя основано на том, что при повороте рулевого колеса 4 и наличии нагрузки на тяге рулевой трапеции 9 червяк 6 перемещается в осевом направлении и золотник распределителя 5 открывает доступ жидкости или воздуха в цилиндр усилителя 7, шток

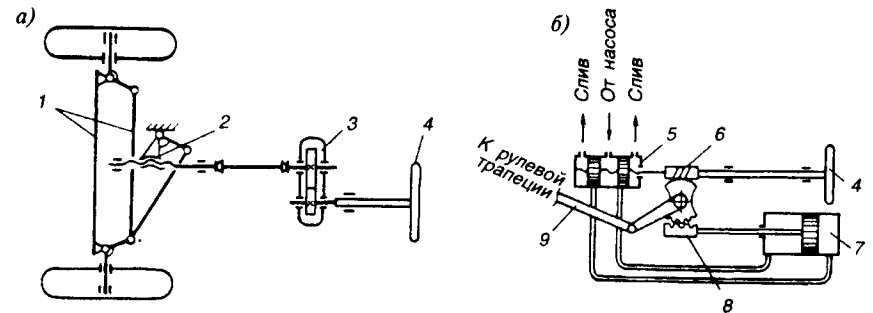


Рис. 1.43. Рулевое управление

которого, взаимодействуя с рейкой 8, передает усилие на тягу 9, соединенную с рулевой трапецией (рис. 1.43, б).

В гидравлической системе управления рычаги полностью или частично заменены исполнительными гидроцилиндрами одно- и двустороннего действия, создающими необходимое усилие включения муфт, тормозов и других механизмов. Различают насосную и безнасосную системы управления. В насосной системе рабочая жидкость подается под давлением в исполнительный гидроцилиндр от насоса через распределитель, которым управляет машинист, т.е. так же, как в силовом гидроприводе (см. рис. 1.32).

В безнасосной системе (рис. 1.44) давление рабочей жидкости в исполнительном гидроцилиндре одностороннего действия 2 создается перемещением поршня гидроцилиндра-преобразователя (датчика) 5, на который через рычаг или педаль 3 воздействует машинист. При снятии усилия с педали поршень датчика возвращается в исходное положение пружиной 4, поршень исполнительного гидроцилиндра — пружиной 1. Безнасосная система проста по конструкции, надежна в эксплуатации, но так как для ее привода требуется мускульная сила, имеет ограниченное применение. Преимущественное распространение получила насосная система управления.

**Пневматическая** система управления отличается от гидравлической насосной тем, что в ней вместо жидкости используется сжатый до 0,7...0,8 МПа в компрессоре воздух. Исполнительными органами такой

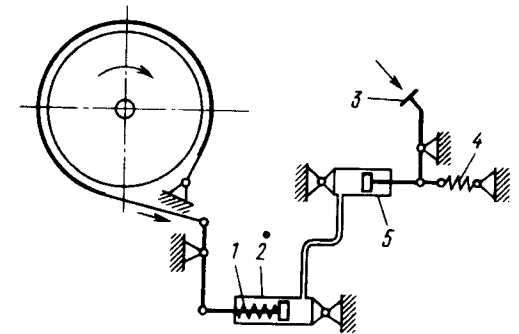


Рис. 1.44. Схема гидравлического безнасосного управления

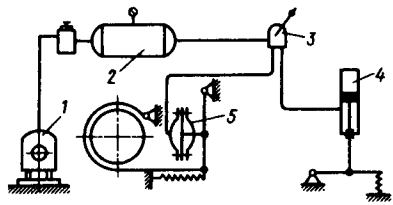


Рис. 1.45. Схема пневматического управления

системы (рис. 1.45) являются пневмоцилиндры 4 и пневмокамеры 5 одностороннего действия, подвижные элементы которых — поршни или диафрагма со штоком — передают усилие включасмому механизму. Возврат штока в исходное положение обеспечивается пружиной при снятом давлении. Работой пневмоцилиндров и камер управляют с помощью регулируемых и нергулируемых пневмоаппаратов 3.

Нерегулируемый крановый пневмоаппарат соединяет ресивер 2 компрессора 1 с рабочей полостью пневмоцилиндра (камеры) без изменения давления сжатого воздуха. Регулируемый пневмоаппарат позволяет изменять давление воздуха в исполнительном органе, обеспечивая повышенную плавность включения механизма. По сравнению с гидравлической пневматическая система управления обеспечивает более высокую плавность включения. Основные ее недостатки — сравнительно большие размеры исполнительных органов из-за низкого давления в системе и возможность замерзания конденсата, содержащегося в сжатом воздухе.

Электрическая система управления применяется в машинах с индивидуальным электрическим приводом механизмов и обеспечивает пуск и останов электродвигателей, регулирование частоты и вращения, реверсирование, безопасную работу и т.п. В состав такой системы входят магнитные пускатели, контроллеры, реле различных типов, автоматические выключатели, кнопки управления «Пуск» и «Стоп», блокирующие устройства, тормозные электромагниты и т.п. Электрические системы управления надежны, просты и удобны в эксплуатации, обеспечивают дистанционное управление механизмами и всей машиной в целом, создают возможность автоматизации работы машин.

С целью частичной или полной автоматизации управления машинами применяют комбинированные системы — гидропневматические, гидроэлектрические, гидропневмоэлектрические и т.п.

## 1.8. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

При выборе машин для производства строительных работ определенного вида и объема за основу принимают их технико-эксплуатационные и технико-экономические показатели, при сопоставлении которых находят оптимальные типоразмеры и количество машин для выполнения требуемых технологических операций.

Основным технико-эксплуатационным показателем строительных машин является их **производительность**. Производительность определяется количеством продукции, выраженной в определенных единицах измерения (т, м<sup>3</sup>, м<sup>2</sup>, м длины и т.д.), которую машина вырабатывает (перерабатывает) или перемещает за единицу времени — час, смену, месяц или год.

Различают три категории производительности машин: конструктивную, техническую и эксплуатационную.

**Конструктивная производительность**  $P_k$  — максимально возможная производительность машины, полученная за 1 ч непрерывной при расчетных условиях работы, скоростях рабочих движений, нагрузках на рабочий орган с учетом конструктивных свойств машины и высокой квалификации машиниста.

Для машин периодического действия

$$P_k = qn \text{ или } P_k = qnr,$$

где  $q$  — расчетное количество материала, вырабатываемого машиной за один цикл работы, м<sup>3</sup> или т;  $n$  — расчетное число циклов работы машины в час,  $n = 3600/T_{ц}$ ;  $T_{ц}$  — расчетная продолжительность цикла, с;  $\rho$  — плотность материала, т/м<sup>3</sup>.

Для машин непрерывного действия при перемещении насыпных материалов сплошным непрерывным потоком

$$P_k = 3600Av \text{ или } P_k = 3600Av\rho,$$

где  $A$  — расчетная площадь поперечного сечения потока материала, неизменная на всем пути перемещения, м<sup>2</sup>,  $v$  — расчетная скорость движения потока; м/с.

При перемещении штучных грузов и материалов отдельными порциями

$$P_k = 3600mv/l \text{ или } P_k = 3600q_nvp/l,$$

где  $m$  — масса груза, т;  $q_n$  — количество (объем) материала в одной порции, м<sup>3</sup>;  $l$  — среднее расстояние между центрами грузов (порций).

При расчете конструктивной производительности не учитываются условия производства работ и перерывы (простой) в работе машины — технологические (связанные с технологией производства работ), организационные (связанные с организацией работ), по метеорологическим условиям и случайные. Конструктивную производительность используют в основном для предварительного сравнения вариантов проектируемых машин, предназначенных для выполнения одного и того же технологического процесса. Эта производительность является исходной для расчета производительности машин в реальных условиях эксплуатации.

**Техническая производительность**  $P_T$  — максимально возможная производительность машины, которая может быть достигнута в конкретных производственных условиях данным типом машины с

учетом конструктивных свойств и технического состояния машины, высокой квалификации машиниста и наиболее совершенной организации выполняемого машиной технологического процесса за 1 ч непрерывной работы:

$$P_T = P_K K_y,$$

где  $K_y$  — коэффициент, учитывающий конкретные условия работы машины.

Так, конкретными условиями работы одноковшовых экскаваторов являются категория разрабатываемого грунта, высота (глубина) забоя, требуемый угол поворота рабочего оборудования в плане, условия разгрузки ковша (в отвал или в транспортные средства). Часовая техническая производительность указывается в технической документации машины — паспорте, инструкции по технической эксплуатации.

Эксплуатационная производительность определяется реальными условиями использования машины с учетом неизбежных перерывов в ее работе, квалификации машиниста и может быть часовой, сменной, месячной и годовой.

Часовая эксплуатационная производительность

$$P_{э,ч} = P_T K_{в,см} K_M,$$

где  $K_{в,см}$  — коэффициент использования машины по времени в течение смены, учитывающий перерывы на техническое обслуживание и ремонт машины, смену рабочего оборудования, передвижку машины по территории объекта, потери времени по метеорологическим условиям, отдых машиниста и др.;

$$K_{в,см} = (T_{см} - \sum t_{п}) / T_{см},$$

$T_{см}$  — продолжительность смены, ч;  $\sum t_{п}$  — суммарное время перерывов в работе машины за смену, ч;  $K_M = 0,85 \dots 0,95$  — коэффициент, учитывающий квалификацию машиниста и качество управления.

Сменная эксплуатационная производительность

$$P_{э,см} = T_{см} P_{э,ч},$$

где  $t_{см}$  — количество часов в смене.

При расчете месячной и годовой производительности учитываются простои в работе машины за соответствующий период времени.

Годовая эксплуатационная производительность

$$P_{э,год} = 365 P_{э,см} K_{в,год} K_{СМ},$$

где  $K_{в,год}$  — коэффициент использования машины по времени в течение года;

$$K_{в,год} = T_{год} / 365 = (365 - t_{в} - t_{рсм} - t_{пр}) / 365,$$

где  $T_{год}$  — количество дней работы машины в году;  $t_{в}$  — количество выходных и праздничных дней;  $t_{рсм}$  — количество дней, необходимое

для выполнения текущего, среднего и капитального ремонтов;  $t_{пр}$  — продолжительность простоев организационных и по метеорологическим причинам;  $K_{СМ}$  — коэффициент сменности.

Эксплуатационная производительность является главным рабочим параметром, по которому подбирают комплекты машин для комплексной механизации технологически связанных трудоемких процессов в строительстве. В комплект машин входят согласованно работающие основная (ведущая) и вспомогательные машины, взаимно увязанные по производительности, основным конструктивным параметрам и обеспечивающие заданный темп производства работ.

Эксплуатационная производительность основной машины  $P_{э,о}$  должна быть равной или несколько меньшей (на 10...15%) эксплуатационной производительности вспомогательных машин  $P_{э,в}$ .

Среднегодовая потребность в машинах для выполнения заданного объема определенного вида работ

$$M = Q_{общ} Y / (100 P_{э,год}),$$

где  $Q_{общ}$  — общий объем соответствующего вида работ (в физических измерениях), подлежащих выполнению в течение года;  $Y$  — доля (в %) объема работ, выполняемая данным видом машин, в общем объеме соответствующего вида работ.

**Экономическая эффективность** от использования в строительстве новой машины определяется как разность приведенных затрат на выработку единицы продукции по сравниваемым эталонному и принятому вариантам. При сравнении вариантов в качестве эталона рассматривают лучшие отечественные строительные машины (серийно выпускаемые или рекомендованные к серийному производству), а также лучшие образцы зарубежной техники, эксплуатируемой в нашей стране. В общем виде приведенные затраты, руб.

$$Z_{п} = C_{год} + E_n K,$$

где  $C_{год}$  — расчетная себестоимость годового объема продукции машины, руб;  $K$  — единовременные капитальные вложения на создание машины; руб;  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, устанавливаемый соответствующими методиками.

Эффективность новой машины оценивается также по сроку ее окупаемости:

$$T_o = K / \Delta_r,$$

где  $\Delta_r$  — годовая экономия от внедрения новой машины.

Основными технико-экономическими показателями, позволяющими сравнивать качество различных машин одного назначения, являются удельные металлоемкость и энергоемкость, стоимость единицы продукции и выработка на одного рабочего.

**Удельные металлоемкость и энергоемкость** машины представляют собой соответственно отношение массы машины и мощности установ-

ленных на ней двигателей (двигателя) к единице часовой технической производительности или к ее главному параметру (вместимости рабочего органа, грузоподъемности, грузовому моменту и т.п.).

**Стоимость единицы продукции** определяется как отношение стоимости машино-смены к сменной эксплуатационной производительности машины.

Выработка продукции на одного рабочего

$$V_{уд} = \Pi_{э,см}/n_p,$$

где  $n_p$  — количество рабочих, обслуживающих машину.

**Степень механизации** строительно-монтажных работ оценивается уровнем комплексной механизации, механовооруженностью и энерговооруженностью строительства.

**Уровень комплексной механизации** характеризуется процентным отношением объема строительно-монтажных работ, осуществленных комплексно-механизированным способом, к общему объему строительно-монтажных работ в натуральном выражении, выполненных на строительной площадке:

$$У_{к.м} = (P_{к.м}/P_o)100,$$

где  $P_{к.м}$  — объем работ, выполненный средствами комплексной механизации;  $P_o$  — общий объем выполненных работ.

**Механовооруженность строительства** — отношение стоимости машинного парка строительной организации к стоимости строительно-монтажных работ (%), выполняемых в течение года:

$$M_c = (C_m/C_o)100,$$

где  $C_m$  — балансовая стоимость средств механизации, тыс. руб;  $C_o$  — годовой объем строительно-монтажных работ, тыс. руб.

**Механовооруженность труда** определяют отношением балансовой стоимости средств механизации к среднесписочному числу рабочих, занятых на данном строительстве:

$$M_T = C_m/n_{p,сп},$$

где  $n_{p,сп}$  — среднесписочное число рабочих.

**Энерговооруженность строительства** — отношение суммарной мощности двигателей машинного парка строительства к среднесписочному числу рабочих:

$$Э_c = \Sigma P_{дв}/n_{p,сп},$$

где  $\Sigma P_{дв}$  — суммарная мощность двигателей машин, кВт.

## Глава 2

# ТРАНСПОРТНЫЕ, ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ И ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

### 2.1. ГРУЗОВЫЕ АВТОМОБИЛИ, ТРАКТОРЫ, ПНЕВМОКОЛЕСНЫЕ ТЯГАЧИ

Одним из основных этапов технологического процесса современного индустриального городского строительства является доставка к месту производства работ строительных материалов, изделий, конструкций и оборудования, осуществляемая транспортными машинами — грузовыми автомобилями и колесными тягачами, прицепными и полуприцепными специализированными или общего назначения транспортными средствами. Выбор типа транспортных средств определяется характером и количеством перемещаемых грузов, дальностью перевозок, состоянием дорог и временем, отведенным на их доставку. Кроме грузоперевозок автомобили, тракторы и тягачи используют как тяговые средства прицепных и полуприцепных строительных машин, а также в качестве унифицированной базы навесных строительных машин — экскаваторов, кранов, погрузчиков, бульдозеров, скреперов, бурильных и сваебойных установок и т. п. Отдельные узлы автомобилей, тракторов и тягачей используются в строительных машинах.

**Грузовые автомобили** обладают сравнительно большой скоростью передвижения (до 80 км/ч), маневренностью, малым радиусом поворота, могут преодолевать довольно крутые подъемы и спуски, приспособлены для работы с прицепами, полуприцепами общего и специального назначения, а также могут быть оснащены погрузочно-разгрузочными механизмами. Различают автомобили общего назначения и специализированные. К автомобилям общего назначения относят машины с кузовом в виде открытой сверху платформы с бортами, бортовые автомобили повышенной проходимости со всеми ведущими колесами и увеличенным количеством осей, а также автомобили-тягачи, оборудованные сцепными устройствами для работы с прицепами, полуприцепами и роспусками.

Грузовые автомобили массового производства имеют единую конструктивную схему и состоят из трех основных частей

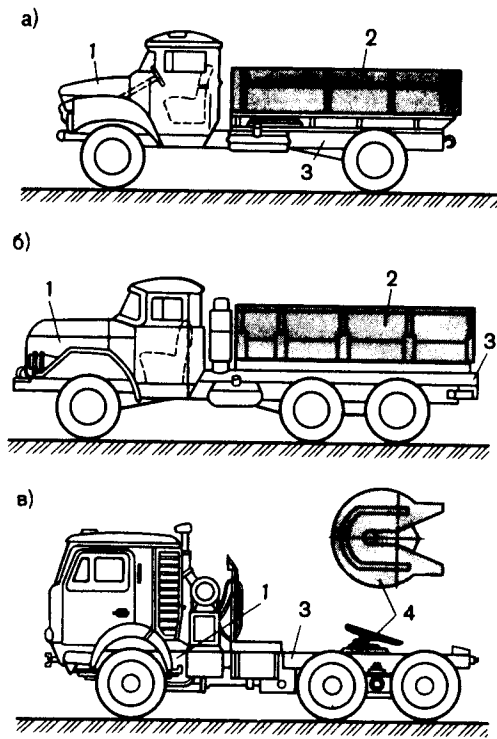


Рис. 2.1. Грузовые автомобили общего назначения

(рис. 2.1, а, б): двигателя 1, шасси 3 и кузова 2 для груза. Кузова бортовых автомобилей представляют собой деревянную или металлическую платформу с откидными бортами и предназначаются для перевозки преимущественно штучных грузов. Вместе с одноосными прицепами бортовые автомобили применяют для перевозки длинномерных грузов — труб, свай, бревен, проката металлов и т. п. Грузоподъемность отечественных бортовых автомобилей 0,8...14 т.

На базе стандартных шасси с укороченными базой и задним свесом рамы промышленностью выпускаются автомобильные тягачи седельного типа (рис. 2.1, в), работающие в сцепе с одно- и двухосными полуприцепами. На раме шасси такого тягача крепится

опорная плита и седельно-сцепное устройство 4, воспринимающее силу тяжести груженого полуприцепа и служащее для передачи ему тягового усилия, развиваемого автомобилем. Применение автомобильных тягачей седельного типа с полуприцепами позволяет лучше использовать мощность двигателя и значительно увеличить грузоподъемность автомобиля. Седельные автотягачи способны работать с гружеными полуприцепами массой 4...25 т.

На грузовых автомобилях применяют двигатели внутреннего сгорания — карбюраторные и дизели (наиболее распространенные). Шасси состоит из гидромеханической или механической трансмиссии (силовой передачи), ходовой части и механизмов управления машиной. Мощность двигателя автомобилей 50...220 кВт.

Трансмиссия (рис. 2.2) передает крутящий момент от вала двигателя 1 к ведущим колесам 8, а также приводит в действие различные оборудование, установленное на автомобиле. В него входят:

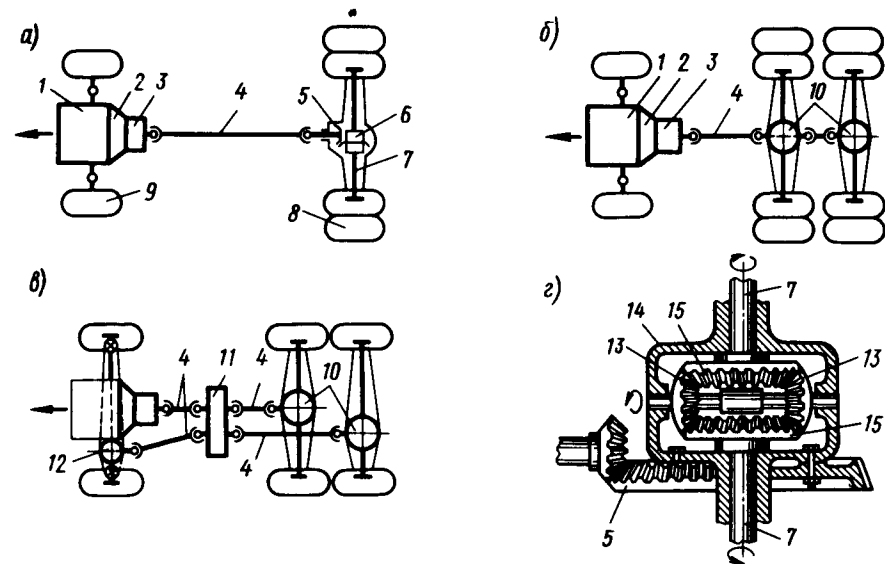


Рис. 2.2. Схемы механических трансмиссий грузовых автомобилей

- постоянно замкнутая дисковая фрикционная муфта (сцепление) 2 для плавного соединения и быстрого разъединения работающего двигателя с трансмиссией;
  - ступенчатая коробка передач 3 с переменным передаточным числом для изменения величины крутящего момента, подводимого к ведущим колесам в зависимости от условий движения, обеспечения движения автомобиля задним ходом и разъединения работающего двигателя с трансмиссией при длительных остановках машины;
  - карданный вал 4, передающий крутящий момент под меняющимся углом от коробки передач к подрессоренному заднему мосту;
  - главная передача 5 (одинарная или двойная), передающая движение под прямым углом к полуосям 7 и увеличивающая тяговую силу на ведущих колесах;
  - дифференциал 6 для распределения крутящего момента между ведущими колесами, обеспечивающий их вращение с различными угловыми скоростями при движении автомобиля на поворотах и по неровной поверхности;
  - полуоси (валы) 7, передающие крутящий момент к закрепленным на них ведущим колесам 8.
- Главную передачу, дифференциал и полуоси, заключенные в кожух, называют *ведущим мостом*.

Грузовые автомобили обозначают колесной формулой А×Б, где А — общее количество колес, Б — число ведущих колес, причем двоянные скаты задних мостов считают за одно колесо. Отечественная промышленность выпускает бортовые автомобили и седельные тягачи: двухосные с колесной формулой 4×2 и 4×4, трехосные с колесной формулой 6×4, 6×6. Автомобили с колесной формулой 4×2 и 6×4 относят к машинам ограниченной (дорожной) проходимости и предназначены для эксплуатации по усовершенствованным и грунтовым дорогам. Автомобили с колесной формулой 4×4 и 6×6 относят к машинам повышенной и высокой проходимости и могут эксплуатироваться в условиях пересеченной местности и бездорожья. На рис. 2.2, а показана схема механической трансмиссии автомобиля с колесной формулой 4×2, на рис. 2.2, б — с колесной формулой 6×4. У автомобиля с колесной формулой 6×6 (рис. 2.2, в) передний ведущий мост 12 с управляемыми колесами и задние ведущие мосты 10 приводятся в действие от раздаточной коробки 11 через карданные валы 4.

Составными частями дифференциала (рис. 2.2, г) являются полуосевые шестерни 15, закрепленные на полуосях 7, сателлиты 13 и коробка 14, на которой закреплена ведомая шестерня главной передачи 5. При прямолинейном движении автомобиля по ровной дороге полуоси 7 с шестернями 15 вращаются с одинаковой скоростью, равной скорости вращения коробки 14, а сателлиты остаются неподвижными относительно своих осей. Если одно из ведущих колес будет испытывать большее сопротивление дороги, сателлиты начнут перекачиваться по замедлившей свое вращение полуосевой шестерне, при этом вторая полуосевая шестерня за счет вращения сателлитов относительно своих осей начнет вращаться быстрее.

В трансмиссии автомобилей, работающих с автономным погрузочно-разгрузочным оборудованием, самосвальными прицепами и полуприцепами, а также используемых в качестве базы строительных машин, дополнительно включена коробка отбора мощности для привода насосов гидросистемы подъемных механизмов и навесного рабочего оборудования. Ходовая часть автомобиля состоит из несущей рамы, на которой монтируются все агрегаты, кузов и кабина водителя, переднего и заднего мостов с пневмоколесами и упругой подвески, соединяющей несущую раму с мостами. Колеса автомобилей нормальной проходимости имеют пневматические шины высокого (0,5...0,7 МПа) давления, а автомобилей повышенной проходимости — шины низкого (0,17...0,49 МПа) давления с увеличенной опорной поверхностью. Механизмы управления объединены в две независимые системы: рулевую — для изменения направления движения автомобиля посредством поворота передних управляемых

колес 1 и тормозную — для снижения скорости и быстрой остановки машины.

**Тракторы** применяют для транспортирования на прицепах строительных грузов и оборудования по грунтовым и временным дорогам, вне дорог, в стесненных условиях, а также передвижения и работы навесных и прицепных строительных машин. Они делятся на сельскохозяйственные, промышленные и специальные (для горных, подводных, подземных и других специальных работ). По конструкции ходового оборудования различают гусеничные и колесные тракторы. Главным параметром тракторов является максимальное тяговое усилие на крюке, по величине которого (в тс) их относят к различным классам тяги. В строительстве используют тракторы сельскохозяйственного типа классов тяги 1,4; 2; 3; 4; 5; 6; 9; 15 и 25 (по сельскохозяйственной классификации) и промышленного типа классов тяги 10; 15; 25; 35; 50 и 75 (по промышленной классификации). Тракторы промышленного типа по своим конструктивно-эксплуатационным параметрам наиболее полно соответствуют требованиям, предъявляемым к тяговым средствам и базовым машинам в строительстве. Класс тяги по промышленной классификации означает максимальную силу тяги без догрузки навесным оборудованием на передаче со скоростью 2,5...3 км/ч для гусеничных и 3...3,5 км/ч для колесных тракторов, обеспечивающей эффективную работу с землеройным оборудованием.

Пневмоколесные тракторы обладают сравнительно большими (до 40 км/ч) скоростями передвижения, высокой мобильностью и маневренностью. Их используют как транспортные машины и как базу для установки различного навесного оборудования (погрузочного, кранового, бульдозерного и землеройного), применяемого при производстве землеройных и строительно-монтажных работ небольших объемов на рассредоточенных объектах. Наиболее эффективно пневмоколесные тракторы используют на дорогах с твердым покрытием. Сравнительно высокое удельное давление на грунт (0,2...0,4 МПа) снижает проходимость машин. Мощность их двигателей 47...220 кВт.

Гусеничные тракторы характеризуются значительным тяговым усилием на крюке (не менее 30 кН), надежным сцеплением гусеничного хода с грунтом, малым удельным давлением на грунт (0,02...0,06 МПа) и высокой проходимостью. Их скорость не превышает 12 км/ч. Мощность двигателей гусеничных тракторов 55...600 кВт.

Основные узлы пневмоколесных и гусеничных тракторов — двигатель, силовая передача (трансмиссия), остов (рама), ходовое устройство, система управления, вспомогательное и рабочее оборудование. Рабочее оборудование предназначено для использования полезной мощности двигателя при работе трактора с навесными и



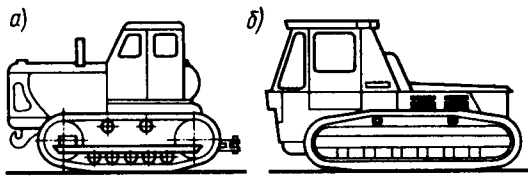


Рис. 2.3. Гусеничные тракторы

прицепными машинами. К рабочему оборудованию относят прицепное устройство, валы отбора мощности, приводные шкивы и гидравлическую навесную систему.

Гусеничные тракторы оснащают дизелями,

механическими, гидромеханическими и электромеханическими трансмиссиями. Расположение двигателя может быть передним (рис. 2.3, а), средним и задним (рис. 2.3, б). Наибольшее распространение получили гусеничные тракторы с передним расположением двигателя и механическими трансмиссиями. Трансмиссия служит для передачи крутящего момента от вала двигателя к ведущим звездочкам гусеничных лент (гусениц), плавного трогания и остановки машины, изменения тягового усилия трактора в соответствии с условиями движения, изменения скорости и направления его движения, а также привода рабочего оборудования.

В состав механической трансмиссии (рис. 2.4) входят: фрикционная дисковая муфта сцепления 2, коробка передач 3, соединительные валы 5, главная передача 6, механизм поворота с тормозами и бортовые редукторы 9, соединенные с ведущими звездочками 10 гусениц 4. Муфта сцепления и коробка передач выполняют те же функции, что и одноименные узлы автомобиля. Главная передача (аналогичная автомобильной) и бортовые редукторы увеличивают крутящий момент, подводимый от двигателя 1 к ведущим звездочкам гусениц.

На поперечном валу трансмиссии между главной передачей и бортовыми редукторами установлен фрикционный или планетарный механизм поворота, предназначенный для изменения направления движения трактора. Наиболее распространенный фрикционный механизм поворота (рис. 2.4, а) выполнен в виде двух постоянно замкнутых многодисковых фрикционных муфт (бортовых фрикционов) 7. При обоих включенных фрикционах ведущие звездочки 10 гусениц вращаются синхронно, что обеспечивает прямолинейное движение машины. Частичным или полным включением одного из фрикционов уменьшают скорость движения соответствующей гусеницы, в результате чего происходит поворот трактора в сторону отстающей гусеницы. На наружные (ведомые) барабаны фрикционов действуют ленточные тормоза 8, осуществляющие торможение отключенной от трансмиссии гусеницы для более крутого поворота трактора, а также торможение обеих гусениц при движении трактора на уклонах и затормаживание его на месте.

Прямолинейное движение трактора с планетарным механизмом поворота (рис. 2.4, б) обеспечивается при затянутых тормозах 13 до полной остановки солнечных шестерен 12. При этом водила 14 и вал 11 будут вращаться с одинаковой скоростью. Для поворота трактора необходимо отпустить правый или левый тормоза 13, в результате чего один из планетарных механизмов полностью или частично прекратит передавать крутящий момент ведущей звездочке 10 гусеницы. Включением тормоза 8 достигается уменьшение радиуса поворота трактора. При одновременном включении обоих тормозов 8 обеспечивается снижение скорости или полная остановка машины. Планетарный механизм поворота одновременно выполняет функции редуктора.

Механические трансмиссии серийных гусеничных тракторов, используемых в качестве базы строительных машин, передвигающихся при работе на пониженных (до 1 км/ч) рабочих скоростях, дооборудуются гидромеханическими ходоуменьшителями, состоящими из аксиально-поршневого гидромотора и зубчатого редуктора. Гидромеханические ходоуменьшители позволяют плавно (бесступенчато) регулировать скорость движения машины в зависимости от меняющейся внешней нагрузки.

В гидромеханической трансмиссии используется механическая ступенчатая коробка передач и гидротрансформатор, заменяющий муфту сцепления. Гидротрансформатор обеспечивает автоматическое бесступенчатое изменение крутящего момента, а также скорости движения трактора в пределах каждой передачи коробки в зависимости от общего сопротивления движению машины. Это позволяет снизить число переключений передач, повысить долговечность двигателя и трансмиссии, уменьшить вероятность остановки двигателя при резком увеличении нагрузки.

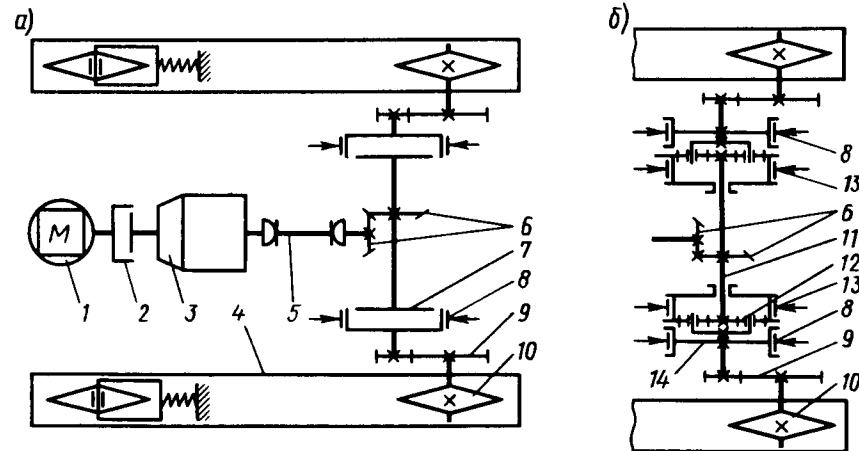


Рис. 2.4. Схемы механических трансмиссий гусеничных тракторов

В *электромеханической* трансмиссии крутящий момент дизеля передается через постоянно замкнутую фрикционную муфту, карданный вал и ускоряющий редуктор силовому генератору, питающему постоянным током тяговый электродвигатель. Крутящий момент якоря тягового электродвигателя передается главной конической передачей планетарным механизмам поворота, бортовым редукторам и ведущим звездочкам гусеничных лент. Электромеханическая трансмиссия по сравнению с механической и гидромеханической имеет простую кинематику (отсутствует ступенчатая коробка передач) и обеспечивает высокие тяговые качества трактора за счет плавного бесступенчатого регулирования скоростей движения машины в зависимости от нагрузки. Основные недостатки такой трансмиссии — сложность конструкции, сравнительно большие габаритные размеры и масса, высокая стоимость.

Пневмоколесные тракторы оснащаются дизелями, механическими и гидромеханическими трансмиссиями. По типу системы поворота различают тракторы с передними управляемыми колесами (рис. 2.5, а), со всеми

управляемыми колесами и с шарнирно сочлененной рамой (рис. 2.5, б). Наиболее распространены пневмоколесные тракторы с дизелями, механической трансмиссией и передними управляемыми колесами.

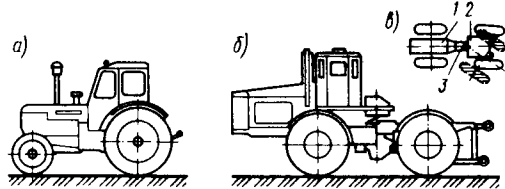


Рис. 2.5. Пневмоколесные тракторы

Размещение, назначение и устройство основных узлов пневмоколесного трактора с механической трансмиссией и передними управляемыми колесами примерно такие же (за исключением рабочего оборудования), как у рассмотренного выше автомобиля. Пневмоколесные тракторы с шарнирно сочлененной («ломающейся» в плане) рамой обладают высокой маневренностью, малым радиусом поворота и применяются для работы в стесненных условиях. Рама такого трактора (см. рис. 2.5, в) состоит из двух полурам — передней 1 и задней 2, соединенных между собой универсальным шарниром 3. Маневрирование машины производится путем поворота передней полурамы относительно задней вокруг вертикальной оси шарнира на угол до  $40^\circ$  в плане от продольной оси машины с помощью двух гидроцилиндров двустороннего действия. Каждая из полурам опирается на ведущий мост с управляемыми колесами. Трансмиссия тракторов с шарнирно сочлененной рамой — механическая и гидромеханическая.

**Пневмоколесные тягачи** предназначены для работы с различными видами сменного навесного и прицепного строительного оборудования. По сравнению с гусеничными тракторами они более просты по конструкции, имеют меньшую массу, большую долговечность, дешевле в изготовлении и эксплуатации. Большие скорости тягачей (до 50 км/ч) и хорошая маневренность в значительной мере способствуют повышению производительности агрегатированных с ними строительных машин.

Различают одно- и двухосные тягачи, на которых применяют дизели, и два вида трансмиссий — механическую и гидромеханическую. Наиболее распространены тягачи с гидромеханической трансмиссией.

Одноосный пневмоколесный тягач состоит из двигателя, трансмиссии и двух ведущих управляемых колес. Самостоятельно передвигаться или стоять на двух колесах без полуприцепного рабочего оборудования одноосный тягач не может. В сочетании с полуприцепным рабочим оборудованием такой тягач составляет самоходную строительную машину с передней ведущей осью. Управление сцепом тягач-полуприцеп осуществляется путем поворота на  $90^\circ$  вправо-влево относительно полуприцепа с помощью гидроцилиндров двустороннего действия.

Двухосный тягач в отличие от одноосного имеет возможность самостоятельно перемещаться без прицепа, работать в агрегате с двухосными прицепами при незначительных затратах времени на их смену. Двухосные четырехколесные тягачи имеют один или два ведущих моста и шарнирно сочлененную раму. Схема поворота полурам такая же, как и у пневмоколесного трактора (см. рис. 2.5, в). Гидромеханическая трансмиссия одно- или двухосных тягачей имеет раздаточную коробку, от которой основной крутящий момент через гидротрансформатор, коробку передач и соединительные валы сообщается ведущему мосту (или двум мостам). Часть мощности, отдаваемой двигателем через раздаточную коробку и карданный вал, может передаваться к исполнительным органам управления рабочим оборудованием. Все агрегаты привода, отбора мощности и трансмиссии ходовой части тягачей унифицированы и могут быть использованы для различных модификаций машин той же или смежной мощности. Мощность дизеля тягача составляет до 880 кВт.

В конструкциях двухосных тягачей применяют гидро- и электромеханические трансмиссии с мотор-колесами.

На базе колесных тягачей, используя различное сменное рабочее оборудование, возможно создание многих строительных и дорожных машин (рис. 2.6).

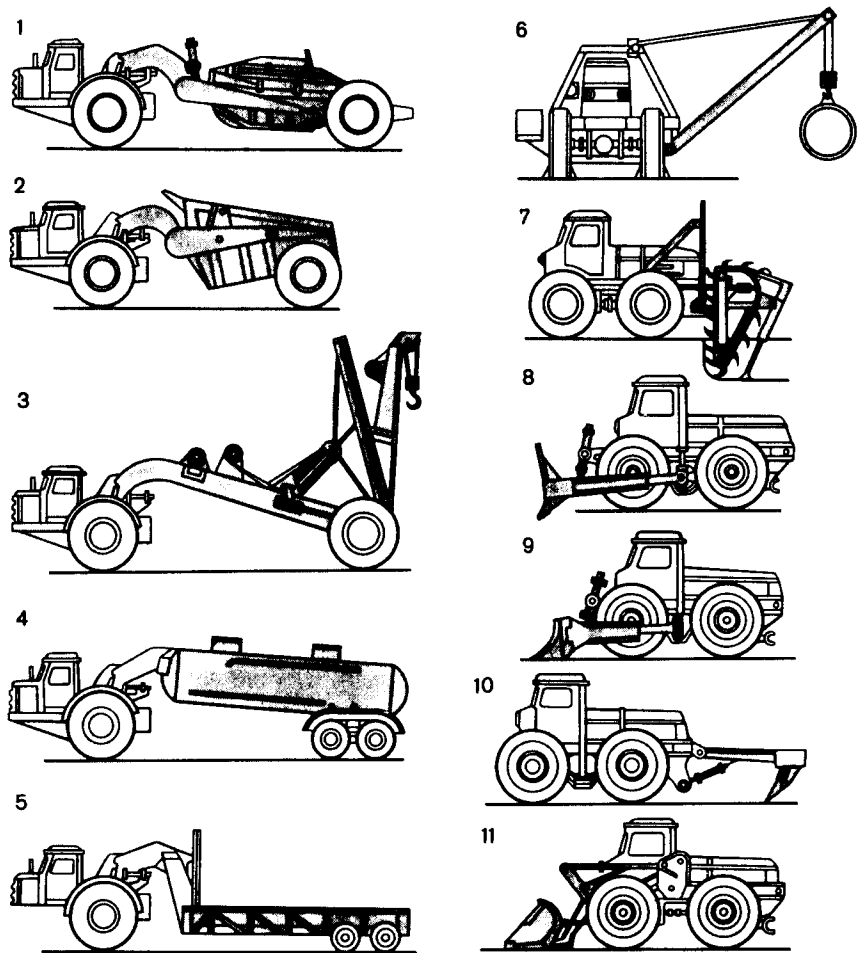


Рис. 2.6. Различные виды сменного оборудования одноосных и двухосных тягачей:  
 1 — скрепер; 2 — землевозная тележка; 3 — кран; 4 — цистерна для цемента или жидкостей;  
 5 — трейлер; 6 — кран-трубоукладчик; 7 — траншекопатель; 8 — корчеватель; 9 — бульдозер;  
 10 — рыхлитель; 11 — погрузчик

**Тяговые расчеты.** При движении автомобиля, трактора или тягача возникает общее сопротивление движению машины (Н):

$$W = W_0 \pm W_i,$$

где  $W_0$  — основное сопротивление движению на прямом горизонтальном участке пути, представляющее собой сумму сопротивлений качению колес (гусениц) и трения в трансмиссии, Н;  $W_i$  — дополни-

тельное сопротивление движению на подъеме (со знаком плюс) или на уклоне (со знаком минус), Н.

Такие виды сопротивлений, как сопротивление воздуха, сопротивление при движении на криволинейных участках пути и сопротивление ускорения при тяговых расчетах средств горизонтального транспорта, используемых на строительстве, обычно не учитываются. При выполнении тяговых расчетов, как правило, пользуются величинами удельных сопротивлений движению  $w$ . Значения основного удельного сопротивления движению  $w_0$  автомобилей, тракторов, тягачей и прицепов приводятся в справочниках. Значение дополнительного удельного сопротивления  $w_i$  на подъеме принимают равным величине уклона пути  $i$  (в тысячных долях).

Полное сопротивление движению автомобиля, перевозящего груз (Н):

$$W = (G_a + G_r) (w_0 \pm w_i),$$

где  $G_a$  и  $G_r$  — соответственно вес автомобиля и груза, Н.

Для тракторов и пневмоколесных тягачей, буксирующих прицепы:

$$W = G_T (w'_0 \pm w_i) + n G_P (w''_0 \pm w_i),$$

где  $G_T$  — собственный вес трактора или тягача, Н;  $G_P$  — вес прицепа с грузом, Н;  $n$  — число прицепов;  $w'_0$  — основное удельное сопротивление движению трактора или тягача;  $w''_0$  — то же, прицепа.

Для движения автомобиля, трактора или тягача необходимы следующие условия:

$$F_T \geq W \text{ и } F_T \leq G_{\text{сш}} \Phi,$$

где  $F_T$  — сила тяги на ведущих колесах (гусеницах), возникающая в результате работы двигателя и взаимодействия колес (гусениц) с дорогой, Н;  $G_{\text{сш}}$  — сцепной вес, т. е. вес машины с грузом, приходящийся на ведущие колеса (гусеницы), Н;  $\Phi$  — коэффициент сцепления колес (гусениц) с поверхностью дороги, равный 0,3...0,6 для пневмоколесных и 0,5...0,9 для гусеничных машин. Если последнее условие не соблюдается, то возникает пробуксовывание колес (гусениц).

## 2.2. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА

Такие транспортные средства приспособлены для перевозки одного или нескольких однородных грузов, отличающихся специфическими условиями их транспортировки, и оборудованы различными приспособлениями и устройствами, которые обеспечивают сохранность и качество доставляемых на строительные объекты грузов и комплексную механизацию погрузочно-разгрузочных работ. При-

менение специализированного транспорта способствует повышению эффективности и качества строительства, позволяет снизить себестоимость перевозок, свести к минимуму потери строительных материалов и полуфабрикатов, а также повреждение строительных изделий и конструкций, которые весьма значительны при использовании транспортных средств общего назначения. В настоящее время без применения специализированного транспорта практически невозможна доставка многих грузов на объекты строительства. Большинство специализированных транспортных средств представляют собой сменные прицепы и полуприцепы к грузовым автомобилям, пневмоколесным тягачам и тракторам, что позволяет более эффективно использовать базовую машину.

В условиях городского строительства широко применяется автомобильный специализированный транспорт. Современные специализированные транспортные средства для строительства выпускаются в соответствии с утвержденным Госстроем «Типажом специализированных автотранспортных средств для строительства» и предназначены для перевозки грунта, сыпучих и глыбообразных грузов (самосвалы), жидких и полужидких (битумовозы, известковозы, бетоно- и растворовозы), порошкообразных (цементовозы), мелкоштучных и тарных грузов (контейнеровозы), длинномерных грузов (трубовозы, металловозы, лесовозы), железобетонных конструкций (панелевозы, фермовозы, плитовозы, балковозы, блоковозы, сантехкабиновозы), технологического оборудования и строительных машин (тяжеловозы).

Автомобили-самосвалы перевозят строительные грузы в металлических кузовах с корытообразной, трапециевидной и прямоугольной формой поперечного сечения, принудительно наклоняемых при разгрузке с помощью подъемного (опрокидного) механизма назад, на боковые (одну или две) стороны, на стороны и назад. По назначению различают специальные карьерные и универсальные общестроительные самосвалы. В условиях городского строительства применяют универсальные самосвалы (рис. 2.7) грузоподъемностью 4...12 т, предназначенные для перевозки грунта, гравия, щебня, песка, асфальта, бетонной смеси, строительного раствора и т. п. Современные универсальные самосвалы выпускают на шасси грузовых бортовых автомобилей общего назначения (иногда с укороченной базой) и оборудуют однотипными гидравлическими системами, обеспечивающими быстрый подъем и опускание кузова, высокую надежность и безопасность работы.

Основными узлами таких систем является масляный бак, гидравлический насос с приводом от коробки отбора мощности автомобиля, один или несколько (в зависимости от грузоподъемности) телескопических гидроцилиндров одностороннего действия, непосредственно воздействующих на кузов, распределитель или кран управ-

ления, соединительные трубопроводы и предохранительные устройства. Гидроцилиндры подъемных механизмов могут иметь горизонтальное, наклонное и вертикальное расположение и устанавливаются на раме автомобиля под передней частью кузова или на переднем его борту (рис. 2.7, а). Разделитель или кран управления направляет поток рабочей жидкости от насоса к гидроцилиндру (или синхронно работающим гидроцилиндрам) при опрокидывании кузова, соединяет полости гидроцилиндров со сливным баком при опускании кузова, ограничивает давление в системе и обеспечивает фиксацию кузова в определенных положениях (крайних или промежуточных).

Наиболее распространены в строительстве *самосвальные автопоезда* в составе автомобиля-самосвала и прицепа-самосвала или седельного тягача и полуприцепа-самосвала (рис. 2.7, б). Автомобиль-самосвал разгружается на стороны, а прицеп-самосвал — на стороны и назад. Прицепы-самосвалы могут иметь разъемные (сдвоенные) кузова, передний из которых разгружается на две (боковые), а задний — на три (боковые и назад) стороны. Современные автомобили-самосвалы и самосвальные прицепы имеют унифицированные кузова, ходовую часть, подъемные механизмы и оборудуются системой автоматического открывания и закрывания бортов с управлением из кабины водителя.

Для перевозки керамзита и других сыпучих материалов с небольшой плотностью применяют специализированные прицепы и полуприцепы — *керамзитовозы* грузоподъемностью до 12 т, т. е. самосвалы с увеличенной вместимостью кузова.

При перевозках на строительные объекты мелкоштучных и тарных грузов (санитарно-технической и вентиляционной аппаратуры, отделочных, изоляционных и кровельных материалов, кирпича, оконных и дверных блоков, небольших по массе и размерам сборных железобетонных конструкций и т. п.) все шире используют контейнеризацию и пакетирование. Для доставки контейнеров и пакетов применяют бортовые автомобили, прицепы и полуприцепы

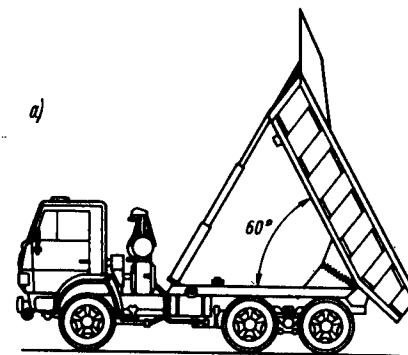


Рис. 2.7. Автомобили-самосвалы

общего назначения и специализированные транспортные средства — автомобили-самопогрузчики и контейнеровозы.

**Автомобили-самопогрузчики** наряду с выполнением транспортных функций могут осуществлять погрузку и разгрузку перевозимых тарных грузов, перегружать грузы на рядом расположенные автомобили и прицепы с помощью гидравлических погрузочно-разгрузочных устройств, установленных на самом автомобиле. Автомобили-самопогрузчики оборудуют бортовыми манипуляторами, качающимися порталами, грузоподъемными бортами и навесными грузоподъемными устройствами.

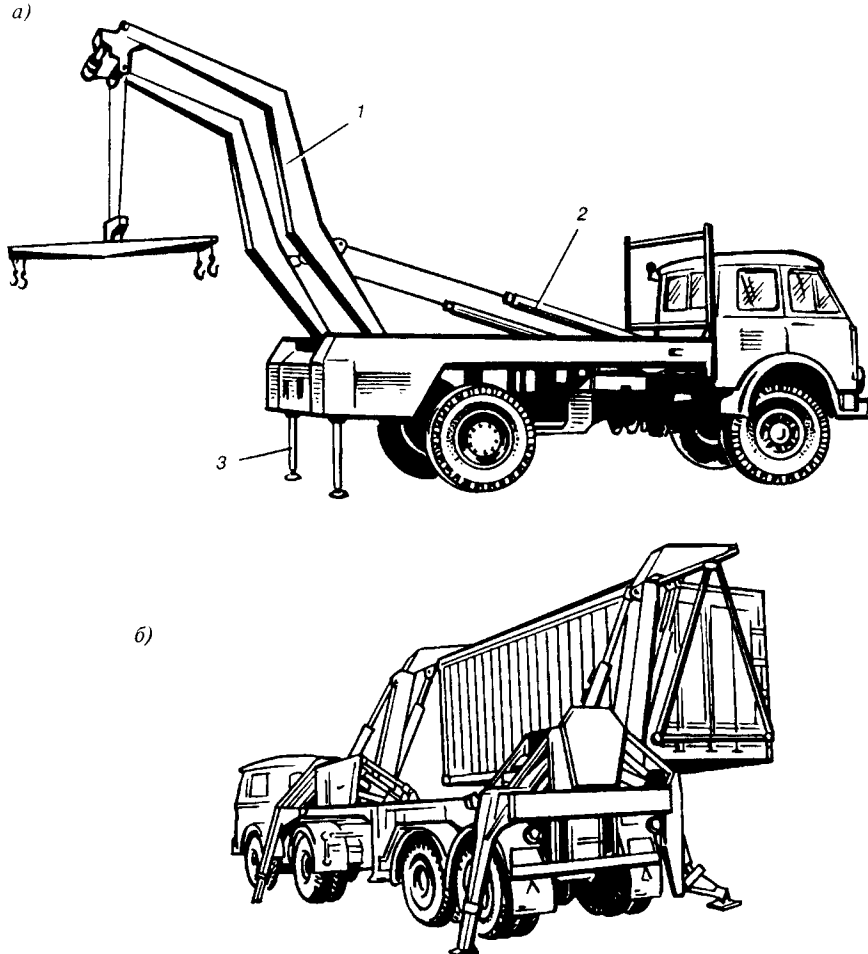


Рис. 2.8. Автомобили-самопогрузчики и контейнеровозы

Автомобили-самопогрузчики с качающимся порталом (боково или заднего расположения, рис. 2.8, а) предназначены для перевозки, погрузки и разгрузки контейнеров массой до 5 т. Рабочий орган — качающийся портал 1 шарнирно соединен с платформой для установки контейнеров и может поворачиваться в вертикальной плоскости на угол до  $120^\circ$  двумя синхронно действующими длинноходовыми гидроцилиндрами 2 двустороннего действия. Качающиеся порталы используют также для погрузки-разгрузки сменных кузовов-контейнеров. Для перевозки, погрузки и разгрузки контейнеров большой грузоподъемности (20 т и более) применяют полуприцепы, оборудованные боковыми гидравлическими перегружателями (рис. 2.8, б).

Автомобили-самопогрузчики и контейнеровозы оборудуют выдвижными и откидными гидравлическими опорами 3, действующими при выполнении погрузочно-разгрузочных работ и обеспечивающими устойчивость машины и разгрузку ее ходовой части.

Автомобили-самопогрузчики с бортовыми гидравлическими манипуляторами осуществляют самопогрузку и саморазгрузку базового автомобиля и прицепа, погрузку-разгрузку других расположенных рядом транспортных средств, а также могут быть использованы на строительно-монтажных работах небольшого объема.

Манипулятор грузоподъемностью 2,5 т состоит (рис. 2.9) из поворотной колонки, шарнирно сочлененного стрелового оборудования, двух выносных гидравлических опор 6, механизма поворота стрелы в плане, двух пультов управления 4 и комплекта сменного рабочего оборудования.

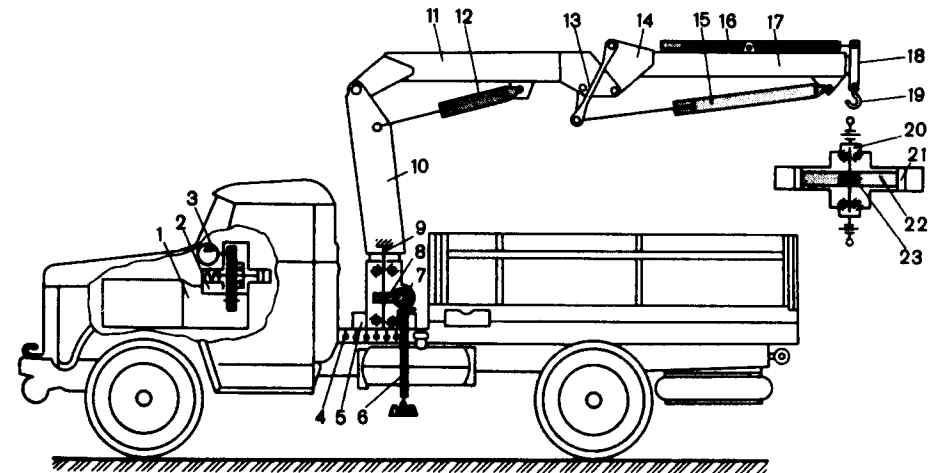


Рис. 2.9. Автомобиль-самопогрузчик с бортовым манипулятором

Стреловое оборудование смонтировано на поворотной колонке 10, установленной на опорной раме 5 шасси, и состоит из рукояти 11, рычага 13, телескопической стрелы 14 с основной 17 и выдвижной 18 секциями, гидроцилиндров 12, 15 и 16 управления, крюковой подвески 19 или ротатора 20. Ротатор обеспечивает манипулирование грузом в горизонтальной плоскости через реечную передачу и гидроцилиндр 21 двустороннего действия, штоком которого является рейка 22 ротатора, входящая в зацепление с шестерней 23.

В комплект сменного рабочего оборудования манипулятора входят удлинитель стрелы, выдвигаемый вручную, вилочный захват, клещевой захват для пакетированных грузов и захват для контейнеров. Поворот стрелового оборудования в плане на угол 400° обеспечивается реечным поворотным механизмом, включающим два попеременно работающих гидроцилиндра, рейку 7 и шестерню 8, жестко закрепленную на валу 9 поворотной колонки. Привод аксиально-поршневого насоса 3 гидросистемы манипулятора осуществляется от двигателя 1 автомобиля через коробку отбора мощности 2. Управление манипулятором может осуществляться с любого из двух пультов управления 4, расположенных по обеим сторонам автомобиля.

Конструкции отечественных бортовых манипуляторов выполнены по единой принципиальной схеме и различаются между собой грузовой моментом, грузоподъемностью, высотой подъема и опускания крюка, массой, габаритными размерами. Компоновочные схемы размещения бортовых манипуляторов на автотранспортных средствах показаны на рис. 2.10.

Для перевозки жидких вязущих материалов (битум, гудрон, эмульсии) в разогретом состоянии от предприятий-изготовителей к местам производства дорожных, кровельных и изоляционных работ применяют битумовозы и автогудронаторы. Они представляют собой цистерны эллиптической формы, смонтированные на шасси автомобилей или на полуприцепах к седельным тягачам, и оснащаются системами подогрева (для поддержания температуры перевозимого материала не ниже 200°C) и выдачи мастики. Вместимость цистерн гудронаторов 3500...7000 л, битумовозов — 4000...15000 л.

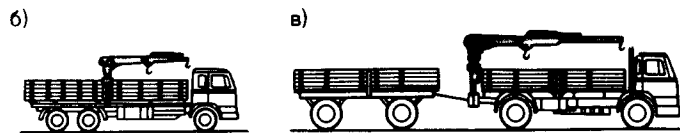


Рис. 2.10. Размещение бортовых манипуляторов на автотранспортных средствах

Для перевозки труб длиной 6...12 м диаметром до 1420 мм и сварных секций из труб (плетей) длиной 24...36 м применяют специальные автопоезда — **трубовозы** и **плетевозы**. В состав трубовоза входят автотягач, одноосный прицеп-ропуск с жестким дышлом или полуприцеп. Тяговое усилие на груженный прицеп-ропуск передается у трубовозов через тягово-сцепное устройство и дышло, у плетевозов — непосредственно трубами (плетями), закрепленными на тягаче и двухосном прицепе-ропуске. Количество одновременно перевозимых труб устанавливается, исходя из грузоподъемности автопоезда. При многорядной укладке трубы увязывают предохранительным канатом. Для перевозки изолированных труб в городских условиях обычно применяют специализированные полуприцепы-трубовозы с гидравлическими разгрузочными механизмами, обеспечивающими сохранность изолирующего слоя и подготовленных для сварки торцов труб при транспортировке, погрузке и разгрузке.

На рис. 2.11, а показан седельный тягач 1 с полуприцепом-трубовозом 5 грузоподъемностью 7 т, оборудованным двумя (передним и задним) гидравлическими разгрузочными механизмами 2. Рама полуприцепа выполнена раздвижной и на передней и задней ее частях имеются деревянные опорные плоскости и боковые стойки. По-

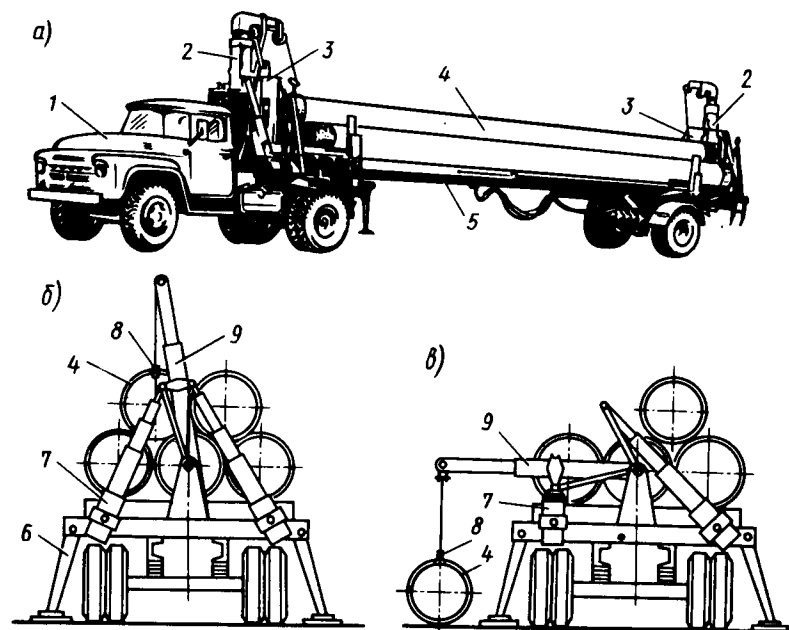


Рис. 2.11. Автопоезд для перевозки труб

луприцеп оборудован передним и задним металлическими предохранительными щитами 3, предотвращающими осевое перемещение труб 4 при перевозке. Разгрузочный механизм состоит из телескопической стрелы 9 (рис. 2.11, в), раздвигаемой встроенным гидроцилиндром, и двух телескопических гидроцилиндров 7 для поворота стрелы с грузовым захватом 8 для труб в вертикальной плоскости. На рис. 2.11, б, в показаны положения стрелы соответственно перед разгрузкой и в конце разгрузки. Устойчивость автопоезда обеспечивается откидными опорами 6. Пульт управления разгрузочными механизмами расположен в передней части полуприцепа. Трубовозы и плетевозы оборудуют габаритными сигналами. Грузоподъемность автомобильных трубовозов 9...12 т, плетевозов — 6...19 т.

Для перевозки крупноразмерных железобетонных конструкций и деталей с заводов-изготовителей на строительные площадки применяют специализированные прицепы и полуприцепы: панелевозы, фермовозы, балковозы, плитовозы, блоковозы и сантехкабиновозы. Выбор типа транспортного средства определяется габаритами, массой и условиями перевозки изделий.

**Панелевозы** (рис. 2.12, а) выполнены в виде полуприцепов к седельным автотягачам и предназначены для перевозки в вертикальном или крутонаклонном положении стеновых панелей, перекрытий, перегородок, плит, лестничных маршей и т. п. Различают ферменные и рамные полуприцепы-панелевозы. Несущий металлический каркас ферменных панелевозов выполняют в виде пространственной фермы («хребта») трапецевидного (рис. 2.12, б) или прямоугольного сечения или в виде двух плоских продольных ферм, соединенных между собой передней и задней опорными площадками и горизонтальными связями (рис. 2.12, в). Хребтовая ферма располагается по продольной оси симметрии полуприцепа, а перевозимые панели — в кассетах по обеим сторонам от нее под углом 8...12° к вертикали. Передняя и задняя площадки фермы имеют поручни для такелажников. У панелевозов с плоскими несущими фермами панели располагаются в несколько рядов вертикально в кассете между фермами. Некоторые конструкции панелевозов имеют также дополнительные боковые наклонные кассеты для перевозки укороченных панелей в один ряд (рис. 2.12, г), что позволяет лучше использовать грузоподъемность автопоезда. Для крепления панелей используют винтовые зажимы, прижимные планки и канаты, затягиваемые с помощью ручной лебедки.

Рамные прицепы-панелевозы (рис. 2.12, д) имеют раму, несущую кассету и воспринимающую основную нагрузку. Панели устанавливаются внутри кассеты на деревянный настил и удерживаются от бокового перемещения зажимными винтами. Передняя часть полуприцепов-панелевозов опирается на седельно-сцепное устройство тягача, а задняя — на одноосную или двухосную тележку с управ-

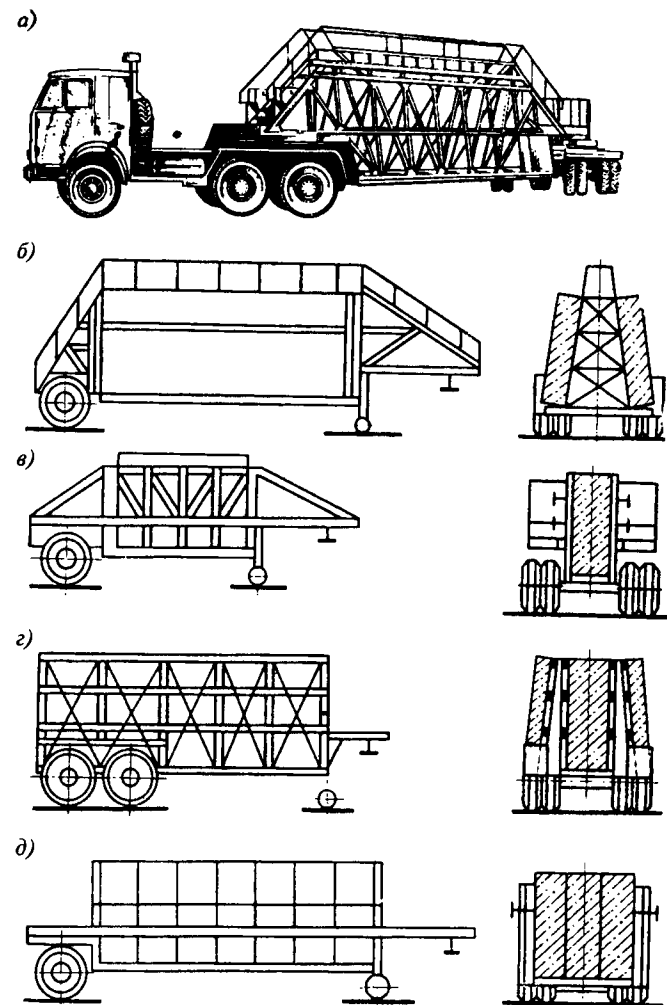


Рис. 2.12. Панелевозы

ляемыми или неуправляемыми колесами. В стесненных условиях городской застройки обычно применяют панелевозы с управляемыми задними тележками, улучшающими маневренность автопоезда. Современные полуприцепы-панелевозы оборудуются отдельно управляемыми гидравлическими опорами с гидроцилиндрами двустороннего действия, работающими от гидросистемы автомобиля, и имеют автоматическую сцепку с тягачом, что позволяет вести монтаж непосредственно с панелевозов (монтаж с «колес»), более эффективно

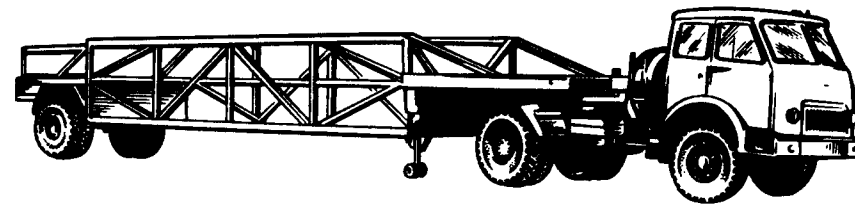
использовать базовый автомобиль, который может обслуживать несколько сменных полуприцепов (челночный метод работы) и осуществлять погрузку-разгрузку панелевоза на неровных площадках. Грузоподъемность полуприцепов-панелевозов 9...22 т.

Ферменные и рамные панелевозы можно переоборудовать в полуприцепы платформенного типа и использовать для перевозки плит, балок, фундаментных блоков и других грузов. Это повышает их универсальность и коэффициент использования пробега за счет возможности загрузки машины при движении в обратном направлении.

Длиннобазовые полуприцепы-фермовозы предназначены для перевозки ферм длиной 12...30 м, установленных и закрепленных в положении, близком к рабочему. Полуприцепы-фермовозы имеют ферменную или балочную конструкцию с кассетной платформой и двухосной со сдвоенными колесами управляемой и неуправляемой тележками. В условиях стесненных строительных площадок применяют полуприцепы-фермовозы с гидравлическим управлением тележки, у которой каждое колесо поворачивается на соответствующий угол в зависимости от угла «складывания» автопоезда.

На рис. 2.13 показан автопоезд-фермовоз для перевозки ферм любой конструкции длиной до 24 м и высотой до 2,5 м. Рама 2 полуприцепа кассетного типа ферменной конструкции передней частью опирается на седельно-сцепное устройство тягача, а задней — на седельно-опорное устройство двухосной задней управляемой тележки 4. Колеса тележки управляются автоматически с помощью следящей системы с гидравлическим приводом. Переднюю передвижную опору 5 полуприцепа устанавливают вдоль рамы в зависимости от длины перевозимых ферм и передвигают с помощью ручной лебедки 1. Ферма 3 опирается на грузовые площадки рамы и закрепляется в верхнем ее поясе прижимными винтами. Грузоподъемность полуприцепов-фермовозов 10...22 т.

Полуприцепы-сантехкабиновозы и блоковозы предназначены для перевозки объемных элементов жилых и промышленных зданий (унифицированных санитарно-технических кабин, блок-комнат, маршей), технологического оборудования (секций лифтов, трансформаторов, котлов, бункеров, баков и др.) и контейнеров. По конструкции они имеют много общего с панелевозами рамного типа и



Р и с. 2.14. Сантехкабиновоз

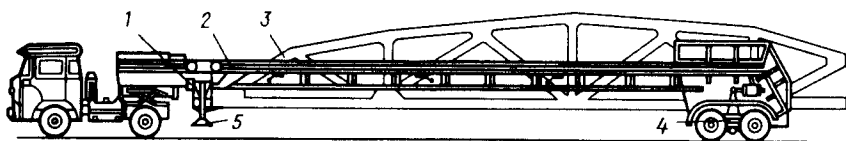
отличаются низким расположением грузовой площадки и отсутствием специальных средств крепления.

Полуприцеп-сантехкабиновоз (рис. 2.14) представляет собой сварной из гнутых и прокатных профилем каркас кассетного типа, передняя часть которого опирается на седельно-сцепное устройство автомобиля-тягача, а задняя — на одно- или двухосную тележку с управляемыми или неуправляемыми колесами. Оборудуются они механическими или управляемыми гидравлическими опорными устройствами. Грузоподъемность 4...30 т.

Полуприцепы-плитовозы применяют для перевозки плит перекрытий и покрытий в горизонтальном положении, а также балок, колонн, ригелей, пиломатериалов и др. Несущей частью грузовой площадки плитовоза является хребтовая рама с консолями для настила и выдвижными боковыми стойками. Полуприцепы имеют одноосную или двухосную заднюю тележку. Некоторые конструкции плитовозов выполняют с раздвижной телескопической рамой. Грузоподъемность плитовозов до 22 т.

Для перевозки тяжеловесного крупногабаритного оборудования и строительных машин применяют трех-, четырех- и шестиосные многоколесные прицепы и полуприцепы-тяжеловозы грузоподъемностью 20...120 т с низкорасположенной платформой. Прицепы транспортируют балластными автомобильными тягачами, а полуприцепы — седельными. Прицепы и полуприцепы большой грузоподъемности оборудуют гидравлическими подъемными механизмами для опускания платформы при погрузке и подъеме ее при транспортировке грузов. Для погрузки и выгрузки грузов на тягаче устанавливают лебедку с приводом от коробки отбора мощности автомобиля.

Основными направлениями развития специализированных транспортных средств являются: расширение их серийного производства и номенклатуры с одновременным снижением количества типоразмеров, создание транспортных средств многоцелевого назначения, совершенствование механизмов крепления грузов, опорных, зажимных и погрузочно-разгрузочных устройств, повышение единичной грузоподъемности и широкая унификация машин.



Р и с. 2.13. Автопоезд-фермовоз



Техническая производительность средств безрельсового транспорта (т/ч)

$$P_T = 3600 Q k_T k_{пр} / (k_y \sum 7,2 l / v + t_z + t_p + t_m),$$

где  $Q$  — грузоподъемность, т;  $k_T$  — коэффициент использования по грузоподъемности,  $k_{пр}$  — то же, по пробегу;  $k_y$  — коэффициент, учитывающий затраты времени на разгон и торможение;  $l$  — дальность транспортирования в одну сторону, м;  $v$  — скорость движения, км/ч;  $t_z$ ,  $t_p$ ,  $t_m$  — соответственно время загрузки, разгрузки и маневрирования, с.

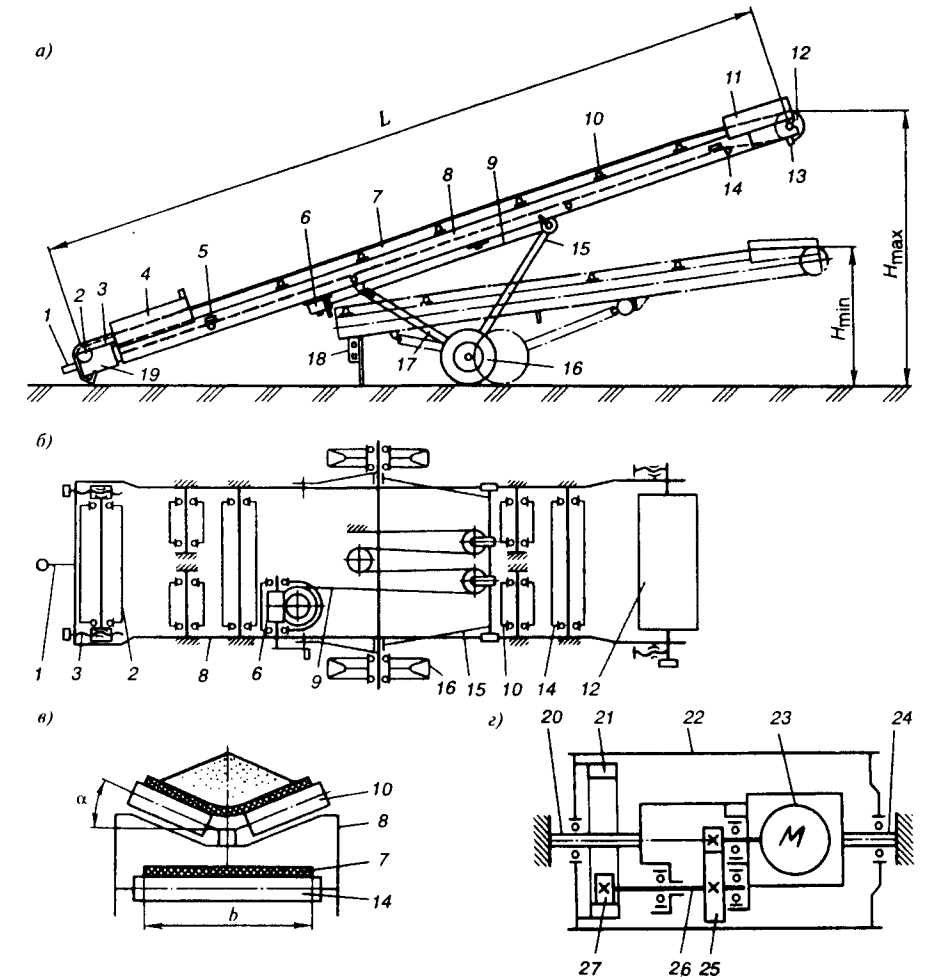
### 2.3. ЛЕНТОЧНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

Ленточные конвейеры предназначены для перемещения непрерывным потоком в горизонтальном или наклонном (под углом до  $20^\circ$ ) направлениях сыпучих (песка, земли, цемента), мелкокусковых (щебня, гравия и др.) и мелкостучных (кирпича, блоков, плитки и др.) материалов, а также растворов, бетонной смеси при температуре окружающего воздуха  $-40...+40^\circ\text{C}$  и температуре транспортируемых материалов не выше  $+60^\circ\text{C}$ . Тяговым и грузонесущим органом ленточных конвейеров служит прорезиненная гладкая бесконечная лента, огибающая два конечных барабана — приводной и натяжной. Расчетную длину конвейеров измеряют по центрам конечных барабанов. Строительные конвейеры выполняют передвижными длиной 5...14 м и звеньевыми сборно-разборными длиной 40...80 м. Ширина ленты передвижных конвейеров 400...500 мм, звеньевых — 650 мм.

Основой ленты служит хлопчатобумажная или капроновая ткань, образующая прокладки ленты, которые связаны между собой и покрыты снаружи вулканизированной резиной. Концы ленты при ее монтаже склеивают с последующей вулканизацией места стыка. Лента приводится в движение силой трения, возникающей между ней и поверхностью приводного барабана. Необходимое давление ленты на барабан обеспечивается ее натяжением при перемещении неприводного (натяжного) барабана винтовым натяжным устройством. Рабочая (груженная) ветвь ленты конвейера поддерживается с помощью опор (двухроликковых у передвижных конвейеров, трехроликковых у стационарных), крайние ролики которых установлены под углом  $\alpha = 20...30^\circ$  и придают ленте желобчатую форму. Такая форма обеспечивает возможность транспортирования сыпучих грузов, исключая их сыпание, и способствует повышению производительности конвейера. Холостую ветвь ленты поддерживают прямые однороликовые опоры.

**Передвижные ленточные конвейеры** имеют пневмокошесное шасси и применяются на рассредоточенных объектах с малыми объемами работ.

Они выполнены по единой конструктивной схеме, максимально унифицированы и состоят (рис. 2.15) из следующих основных узлов: несущей рамы 8, установленной на шасси с двумя ходовыми пневмоколесами 16, транспортирующей прорезиненной гладкой ленты 7, электроприводного мотор-барабана 12, натяжного барабана 2 с



Р и с. 2.15. Передвижной ленточный конвейер:

*a* — общий вид; *b* — кинематическая схема; *c* — расположение ленты на роlikоопорах; *d* — кинематическая схема электроприводного мотор-барабана

винтовым натяжным устройством 3, верхних желобчатых 10 и нижних плоских 14 роликоопор, поддерживающих соответственно рабочую (груженую) и холостую ветви ленты, загрузочной воронки 4, механизма изменения высоты выгрузки, очистных скребков 13, кожухов 11 и 19, электрооборудования и переносного пульта управления 18.

Материал подается на ленту конвейера с уровня земли через загрузочную воронку, а выгружается при огибании лентой приводного барабана. Загрузка конвейера может осуществляться вручную или механизированным способом с помощью питателя, обеспечивающего равномерную и непрерывную подачу сыпучих материалов на ленту. Лента очищается от налипшего материала двумя скребками 13, расположенными в верхней и нижней частях конвейера.

Бесконечная лента приводится в движение электроприводным мотор-барабаном с наружным диаметром 320 мм, установленным в верхней части рамы конвейера. Положение барабана регулируется болтами, расположенными с обеих сторон рамы. Движение барабана сообщается от встроенного в его внутреннюю полость электродвигателя 23 через зубчатую пару 25, промежуточный вал 26 и выходную шестерню 27, приводящую во вращение зубчатый обод 21, жестко соединенный с основанием барабана 22. Барабан через подшипники опирается на цапфу 20 редуктора и кабельную втулку 24. Натяжное устройство, предназначенное для натяжения ленты с целью обеспечения надежного сцепления ее с барабанами, расположено в нижней части рамы и состоит из натяжного барабана 12 (см. рис. 2.15), ползунов и регулировочных винтов 3 с гайками. Увеличение и уменьшение высоты разгрузки конвейера осуществляются при изменении расстояния между верхними частями подвижной 15 и неподвижной 17 опор шасси с помощью ручной червячной лебедки 6 через канатный полиспаст 9.

Управление приводом конвейеров ручное кнопочное и осуществляется с помощью переносного пульта 18. Безопасность работы конвейеров обеспечивается аварийными кнопками, установленными на концах рамы и экстренно отключающими привод в аварийных ситуациях, и конечным выключателем 5, блокирующим нижний кожух с приводом и исключающим его включение при снятии кожуха.

Рабочие поверхности лент передвижных ленточных конвейеров выполняют гладкими и рифлеными — с шевронными выступами. Конвейеры с рифлеными лентами имеют повышенные (до 35°) углы наклона и большую высоту выгрузки. Скорость движения лент 1,6...1,7 м/с. Высота разгрузки передвижных конвейеров с гладкой лентой (наименьшая — наибольшая) длиной 6 м составляет 1,5...2,6 м, длиной 10 м — 1,8...3,9 м, длиной 14 м — 2,2...5,1 м. Производительность конвейеров 100...112 т/ч.

В пределах строительной площадки передвижные конвейеры перемещают обычно вручную, а с объекта на объект транспортируют без разборки с опущенной на минимальную высоту рамой на буксире к любому транспортному средству. К тягачу конвейер подсоединяют с помощью дышла 1. Наибольшая скорость буксирования конвейеров 15 км/ч.

**Стационарные ленточные конвейеры** применяют на объектах с большими объемами работ. Такие конвейеры состоят из тех же узлов, что и передвижные машины (за исключением отсутствующих механизмов передвижения и изменения высоты разгрузки), полностью унифицированы и отличаются друг от друга длиной и мощностью привода. Рамы стационарных конвейеров собирают из типовых взаимозаменяемых секций — звеньев длиной 2,5 м. Загрузка материала на ленту производится через загрузочную воронку, разгрузка — с приводного барабана или на любом участке ленты с помощью разгрузочных устройств. Высота разгрузки горизонтальных конвейеров составляет 0,72 м, наклонных (максимальный угол наклона 10°) — 7 м при длине 40 м и 15 м при длине 80 м.

Конструктивная производительность ленточного конвейера при перемещении насыпных материалов (м<sup>3</sup>/ч)

$$P_k = 3600Sv,$$

где  $S$  — площадь поперечного сечения сыпучего материала на ленте, м (при средних значениях угла наклона конвейера с гладкой лентой  $S = 0,05b^2$  и с желобчатой лентой  $S = 0,11b^2$  на трехроликовых опорах;  $b$  — ширина ленты, м);  $v$  — скорость движения ленты, м/с.

Производительность конвейера, транспортирующего штучные грузы (т/ч)

$$P_k = 3,6mv/l,$$

где  $m$  — масса отдельного груза, кг;  $l$  — расстояние между центрами грузов, м.

## 2.4. ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ МАШИНЫ

Строительные погрузчики представляют собой самоходные универсальные машины, предназначенные для выполнения погрузочно-разгрузочных работ с различными видами грузов (сыпучими, кусковыми, штучными, пакетированными, длинномерными и т.п.), перемещения грузов на сравнительно небольшие расстояния, землеройно-погрузочных, монтажных и вспомогательных работ. Универсальность погрузчиков обеспечивается наличием широкой номенклатуры быстросъемных сменных рабочих органов — ковшей различных типов и вместимости, вилочных, челюстных и монтаж-

ных захватов, крановых безблочных стрел, навесных рыхлителей, буров и др.

Различают погрузчики периодического действия — одноковшовые и вилочные и непрерывного действия — многоковшовые. Одноковшовые и вилочные погрузчики выполняют циклично повторяемые операции по загрузке рабочего органа, транспортированию и разгрузке груза раздельно и последовательно. У многоковшовых погрузчиков наполнение и разгрузка рабочего органа осуществляется непрерывно и одновременно.

**Одноковшовые погрузчики** применяют в основном для погрузки-разгрузки, перемещения и складирования насыпных, мелкокусковых материалов и штучных грузов, а также для экскавации и погрузки в автосамосвалы (или отсыпки в отвал) несслежавшихся грунтов I и II категории и естественного грунта III категории. Основным рабочим органом таких погрузчиков является ковш. Одноковшовые погрузчики классифицируют:

*по типу ходового устройства* — гусеничные (на базе тракторов), пневмоколесные (на базе специальных шасси и тягачей) и полугусеничные;

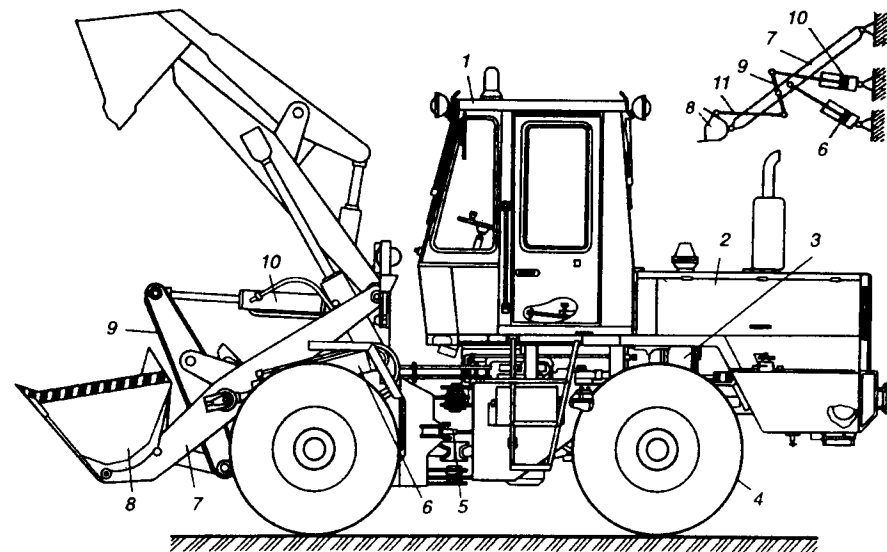
*по расположению рабочего органа относительно двигателя* — с передним (наиболее распространены) и задним расположением;

*по способу разгрузки рабочего органа* — с полуповоротным, комбинированным, перекидным и фронтальным погрузочным оборудованием.

В городском строительстве наиболее распространены фронтальные универсальные погрузчики на пневмоходу.

**Фронтальные погрузчики** базируются на гусеничных, колесных шасси и тракторах и обеспечивают разгрузку ковша вперед (со стороны разработки материала) на любой отметке в пределах заданной высоты. Ходовое оборудование колесных погрузчиков имеют обычно все (четыре) ведущие колеса, а их опорная рама может быть жесткой и шарнирно сочлененной. Погрузчики с шарнирно сочлененной рамой обладают высокими мобильностью, маневренностью и наиболее эффективно используются в стесненных условиях.

Погрузчик (рис. 2.16) базируется на самоходном пневмоколесном двухосном шасси с шарнирно сочлененной рамой 5, состоящей из двух полурам, угол поворота в плане которых может составлять  $\pm 40^\circ$ . На передней полураме смонтировано погрузочное оборудование и жестко закрепленный передний мост. На задней полураме установлены: силовая установка 2, гидромеханическая трансмиссия, задний мост на балансирной раме и кабина оператора 1. Задний мост может качаться относительно продольной оси погрузчика, что обеспечивает высокие тягово-сцепные качества машины. Рабочее оборудование погрузчика включает: ковш 8, рычажную систему, состоящую из стрелы 7, коромысла 9 и тяг 11, и гидросистему приво-



Р и с. 2.16. Фронтальный погрузчик

да. Основной ковш вместимостью 1,0 м<sup>3</sup> имеет прямую режущую кромку со съемными зубьями. Поверхности режущих кромок и зубьев покрыты износостойким сплавом. Вместо основного ковша может быть установлен любой из семи видов сменных рабочих органов: ковши уменьшенной и увеличенной вместимости, двухчелюстной ковши, грузовые вилы, челюстной захват, крановая безблочная стрела.

Гидромеханическая трансмиссия базового шасси погрузчика включает: гидротрансформатор, гидромеханическую коробку передач, редуктор отбора мощности 3, карданные валы, передний и задний унифицированные ведущие мосты 4. Редуктор отбора мощности обеспечивает передачу крутящего момента от двигателя к коробке передач и независимый привод гидронасосов рабочего погрузочного оборудования и гидравлического рулевого управления. Рулевое управление погрузчика со следящей гидравлической обратной связью включает гидравлический руль и два вспомогательных гидроцилиндра, с помощью которых происходит поворот полурам относительно друг друга. Гидросистема погрузочного оборудования обеспечивает управление стрелой и ковшом при выполнении рабочих операций и включает в себя: два шестеренных насоса, распределитель, гидроцилиндр 10 поворота ковша, два гидроцилиндра 6 подъема и опускания стрелы. Управление погрузчиком ведется из

кабины машиниста, в которой сосредоточены пульт управления с приборами контроля, рулевая колонка и педали.

Все современные погрузчики оборудуются аварийно-предупредительной световой и звуковой сигнализацией с электронными устройствами отображения информации (УСИ) о предельном состоянии контролируемых параметров двигателя, трансмиссии, электрической, гидравлической, тормозной и других систем.

Сменные рабочие органы и навесное оборудование одноковшовых строительных пневмоколесных погрузчиков показаны на рис. 2.17.

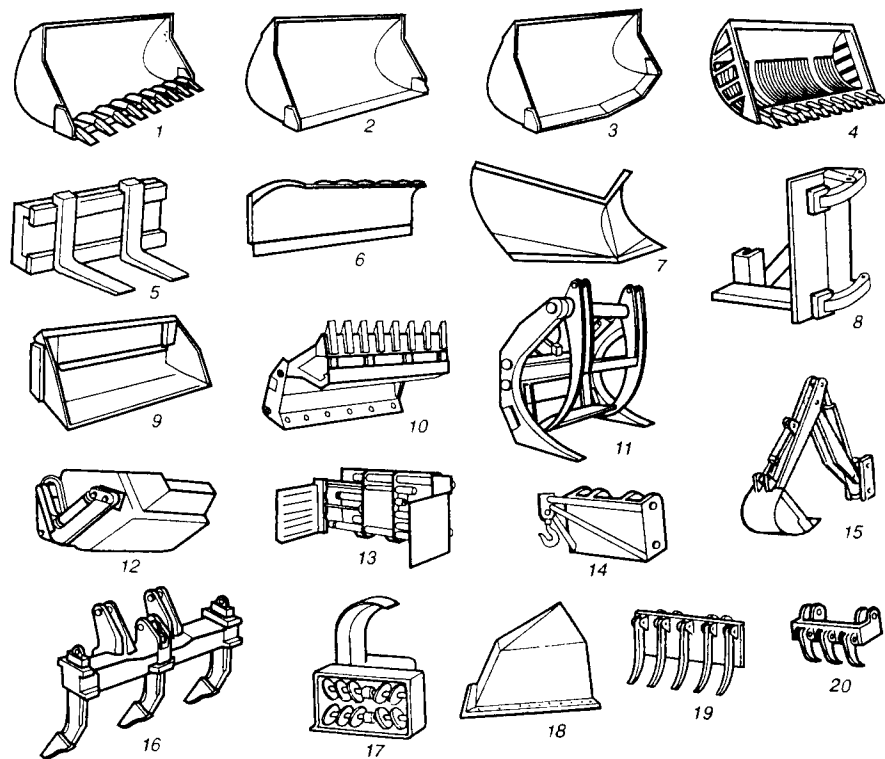


Рис. 2.17. Сменное рабочее и навесное оборудование одноковшовых погрузчиков:

- 1 — ковш для скальных пород с зубьями; 2 — ковш без зубьев с прямой режущей кромкой; 3 — то же, с V-образной режущей кромкой; 4 — скелетный ковш; 5 — грузовые вилы; 6 — бульдозерный отвал; 7 — плужный снегоочиститель; 8 — захват для столбов и свай; 9 — ковш с принудительной разгрузкой; 10 — двухчелюстной ковш; 11 — захват для длиномеров; 12 — ковш для распределения бетона; 13 — захват для пакетов; 14 — кран; 15 — экскаватор; 16 — рыхлитель; 17 — роторный снегоочиститель; 18 — кусторез; 19 — корчеватель-собирающий; 20 — асфальтовлавыватель

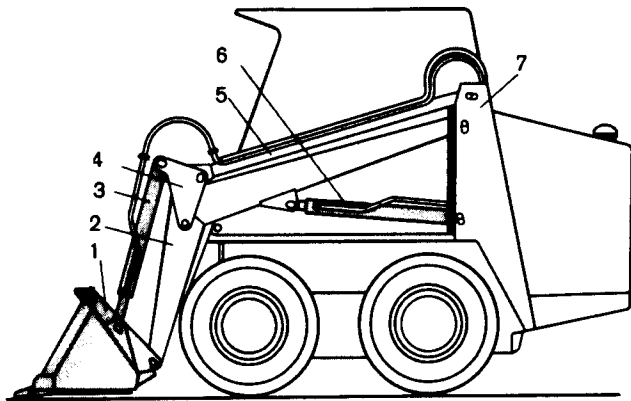
**Малогабаритные универсальные погрузчики** монтируются на самоходных шасси с бортовым поворотом и предназначены для выполнения в особо стесненных условиях строительства трудоемких малообъемных земляных, погрузочно-разгрузочных, подготовительных, вспомогательных и специальных работ. Модели высокоманевренных многофункциональных малогабаритных погрузчиков имеют мало различий и кроме основного погрузочного ковша используют следующие виды быстросъемного сменного рабочего оборудования: экскаваторный ковш — обратная лопата, зачистной ковш, грузовые вилы, грузовая стрела, гидравлический молот, гидравлический бур, плужный и роторный снегоочистители, траншекопатель, дорожная щетка, пескоразбрасыватель, подметально-уборочное оборудование, бульдозерный отвал и т. п.

Погрузчики имеют четырехколесный движитель со всеми ведущими колесами и объемную гидравлическую трансмиссию, обеспечивающую независимый привод каждого борта машины и бесступенчатое регулирование скорости движения до 10...12,6 км/ч. Наиболее эффективно погрузчики применяются на рассредоточенных объектах для комплексной механизации строительно-монтажных работ небольших объемов. Многоцелевое сменное рабочее оборудование погрузчиков позволяет практически полностью механизировать ручной труд. Для быстрой смены одного вида оборудования на другой каждый погрузчик оборудован специальным устройством — гидроуправляемым суппортом, шарнирно соединенным со стрелой.

Малогабаритные погрузчики способны совершать бортовой разворот на месте на 180° с загруженным ковшом при ширине рабочей зоны до 4 м. Возможность выезда погрузчика с загруженным ковшом из стесненной зоны задним ходом позволяет использовать эти машины при ширине проезда не более 2 м. Максимальная производительность погрузчиков (20...35 м<sup>3</sup>/ч) достигается при наибольшей дальности транспортировки до 25...30 м.

При оснащении гидромолотом погрузчики способны разрушать асфальтобетонные и бетонные покрытия дорог, площадок, полов и т. п., а также мерзлые грунты на глубину до 0,6 м. При бортовом развороте на месте можно производить несколько ударов молотом в определенном секторе с одной стоянки погрузчика.

Рабочее оборудование погрузчика (рис. 2.18) шарнирно крепится к полупорталам 7 и состоит из суппорта 1, стрелы 2, двух гидроцилиндров 3 поворота суппорта с рабочим органом, рычагов 4 с тягами 5 и двух гидроцилиндров 6 подъема — опускания стрелы. Экскаваторное оборудование, закрепленное на суппорте погрузчика, имеет возможность в процессе работы поворачиваться на угол 90° влево или вправо от продольной оси машины. Стрела погруз-



Р и с. 2.18. Малогабаритный универсальный погрузчик

чика во время работы с экскаваторным оборудованием поднимается и закрепляется в верхнем положении. Возможно смещение экскаваторного оборудования погрузчика вправо и влево от оси копания на 350...500 мм, что позволяет выполнять работы по обкапыванию существующих конструкций и коммуникаций, встречающихся при разработке грунта ниже уровня стоянки погрузчика, вести разработку грунта вблизи стен, ограждений и других сооружений.

Гидравлическая система погрузчика состоит из двух гидросистем: привода ходовой части и привода рабочего оборудования. Привод колес ходовой части осуществляется двумя автономными бортовыми передачами с приводом от индивидуальных гидромоторов. Каждая бортовая передача состоит из редуктора привода, ступичного редуктора, задней оси и постоянно замкнутого дискового тормоза с гидравлическим управлением. Питание гидромоторов ходовой части осуществляется от двух реверсивных регулируемых гидронасосов. Питание гидравлических двигателей рабочего оборудования осуществляется от нерегулируемого гидронасоса. Гидронасосы ходовой части и рабочего оборудования приводятся в действие от дизеля погрузчика. Подсоединение к гидросистеме машины гидроцилиндров или гидромоторов дополнительных сменных рабочих органов активного действия осуществляется через быстросоединяющую муфту и рукав высокого давления без потерь рабочей жидкости (рис. 2.19).

Малогабаритные погрузчики имеют вместимость основного погрузочного ковша 0,24...0,3 м<sup>3</sup>, экскаваторного ковша 0,04...0,063 м<sup>3</sup>, грузоподъемность грузовой стрелы 0,5 т.

Эксплуатационная производительность одноковшовых погрузчиков (м<sup>3</sup>/ч):

при работе с сыпучими и кусковыми грузами

$$P_3 = 3600qk_nk_b/t_{ц},$$

где  $q$  — вместимость ковша, м<sup>3</sup>;  $k_n$  — коэффициент наполнения ковша ( $k_n = 0,5...1,25$ );  $k_b$  — средний коэффициент использования погрузчика по времени;  $t_{ц}$  — продолжительность полного цикла, с;

при работе со штучными грузами (т/ч)

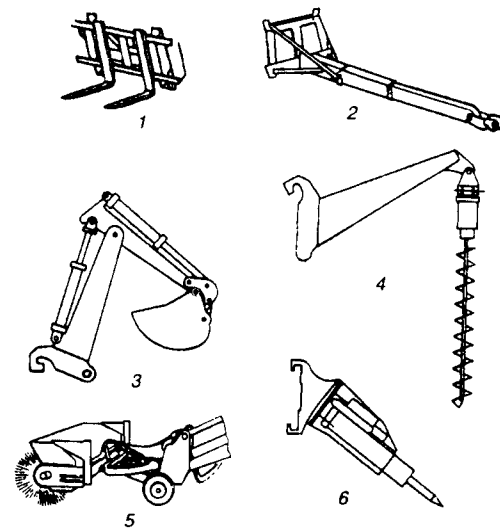
$$P_3 = 3,6mk_rk_b/t_{ц},$$

где  $m$  — масса поднимаемого груза, кг;  $k_r$  — коэффициент использования погрузчика по грузоподъемности ( $k_r = 0,6...0,8$ ).

Производительность современных отечественных одноковшовых погрузчиков 90...235 м<sup>3</sup>/ч при средней продолжительности цикла 30...60 с, грузоподъемность 1,25...5 т, вместимость ковшей 0,4...3 м<sup>3</sup>.

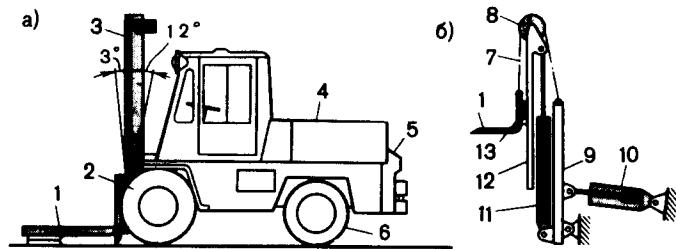
**Вилочные универсальные погрузчики** (автопогрузчики) применяются для погрузочно-разгрузочных работ, транспортирования на небольшие расстояния и штабелирования штучных и пакетированных грузов на открытых площадках и дорогах с твердым покрытием. Их изготавливают с использованием узлов серийных автомобилей. Они имеют единую конструктивную схему, унифицированы и оснащаются комплектом сменных рабочих органов: вилами и специальными захватами для погрузки-разгрузки, перемещения и складирования всевозможных штучных, тарных и длинномерных грузов (труб, бревен, контейнеров, строительных блоков и др.), ковшами для насыпных и кусковых грузов; грузовыми стрелами (блочными и безблочными) для подъема грузов на небольшую высоту и монтажа различных строительных конструкций и оборудования. Сменные рабочие органы навешиваются на гидравлический вертикальный грузоподъемник, расположение которого может быть передним (фронтальным) и боковым.

Автопогрузчик (рис. 2.20, а) состоит из пневмоколесного ходового устройства с передними ведущими двухскатными колесами 2 и задними управляемыми односкатными колесами 6, фронтального гидравлического грузоподъемника 3 со сменным рабочим орга-



Р и с. 2.19. Сменные рабочие органы малогабаритных погрузчиков:

- 1 — грузовые вилы; 2 — грузовая безблочная стрела; 3 — обратная лопата экскаватора; 4 — гидробур; 5 — дорожная щетка; 6 — гидромолот



Р и с. 2.20. Автопогрузчик:  
а — общий вид; б — схема грузоподъемника

ном 1, противовеса 5, двигателя внутреннего сгорания 4, механической автомобильной трансмиссии механизма передвижения, гидросистемы грузоподъемника и системы управления. Противовес обеспечивает собственную и грузовую устойчивость движущегося погрузчика. Основным рабочим органом автопогрузчиков является вилочный подхват в виде двух-трех изогнутых под прямым углом стальных брусев, которые подводятся под груз, размещенный на подкладках. Вилочный подхват подвешивается шарнирно к подъемной каретке 13 грузоподъемника (рис. 2.20, б).

Грузоподъемник имеет основную раму 9, шарнирно прикрепленную к раме машины. Внутри основной рамы на катках перемещается выдвигная рама 12, вдоль направляющих которой на роликах перемещается грузовая каретка 13 с прикрепленным к ней рабочим органом 1. Каретка подвешена на двух грузовых цепях 7, которые огибают звездочки 8 на выдвигной раме 12, закрепляются на основной раме 9 и образуют двукратный полиспаст для выигрыша в скорости. При перемещении выдвигной рамы гидроцилиндром 11 вверх каретка и груз поднимаются со скоростью вдвое большей скорости штока гидроцилиндра. Основная рама грузоподъемника может отклоняться от вертикали двумя гидроцилиндрами 10 двустороннего действия: вперед «от себя» на угол до  $3...5^\circ$  для облегчения захвата и разгрузки груза и назад «на себя» для обеспечения устойчивого положения груза при транспортировке.

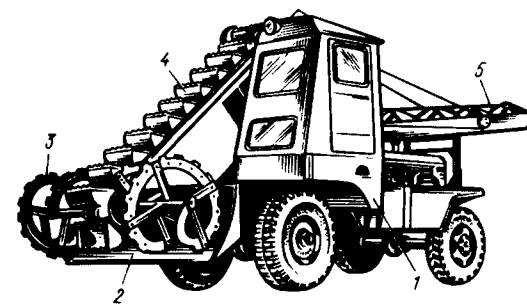
Для погрузочно-разгрузочных работ со штучными, пакетированными, длинномерными грузами и контейнерами применяют автопогрузчики с грузовой платформой и боковым выдвигным грузоподъемником, оборудованным вилочным захватом или грузовой консольной стрелой с грузовым крюком. Грузоподъемник перемещается в проеме грузовой платформы по направляющим двумя гидроцилиндрами двустороннего действия. Подхваченный валами или крюком груз поднимается до уровня грузовой платформы и после возвращения грузоподъемника в исходное положение укладывается на платформу. Гидравлические системы автопогрузчиков обслужи-

ваются аксиально-поршневыми или шестеренными насосами с приводом от основной силовой установки.

Автопогрузчики с передним расположением грузоподъемника имеют грузоподъемность  $2...12$  т и обеспечивают подъем груза со скоростью до  $8...15$  м/мин на высоту  $4...6$  м при оборудовании вилами и ковшом и на высоту до  $5,1...7,2$  м при оборудовании безблочной стрелой. Максимальная скорость движения автопогрузчиков с грузом  $6...15$  км/ч, без груза — до  $45$  км/ч.

**Многоковшовые строительные погрузчики** применяются для механической погрузки в транспортные средства сыпучих и мелкокусковых материалов (песка, гравия, щебня, шлака), а также для засыпки траншей и фундаментных пазух свеженасыпным грунтом, для обвалования площадок и т. д. Они имеют пневмоколесный или гусеничный ход и разрабатывают материал ротором, подгребающими дисками или лапами, многоковшовым конвейером с подгребающими шнеками. Главным параметром многоковшовых погрузчиков является техническая производительность (в  $\text{м}^3/\text{ч}$ ). В строительстве наиболее распространены пневмоколесные погрузчики с ковшовым конвейером и подгребающими шнеками (рис. 2.21).

Погрузочное оборудование смонтировано на специальном самоходном пневмоколесном шасси 1 с обоими ведущими мостами и включает в себя наклонный цепной ковшовый конвейер 4 с подгребающим винтовым (шнековым) питателем 3 с правым и левым направлением витков, поворотный в двух плоскостях ленточный разгрузочный конвейер 5 с приемным устройством.



Р и с. 2.21. Погрузчик непрерывного действия

Для зачистки площадки и лучшей подачи материала к питателю позади шнеков установлен отвал 2. Материал захватывается отвалом и винтовым питателем подается в непрерывно движущиеся ковши конвейера, которые разгружаются наверху в приемное устройство ленточного конвейера, транспортирующего материал к месту погрузки. Скорость поступательного движения погрузчика устанавливается в зависимости от высоты забоя (штабеля) и необходимой производительности погрузки.

Перевод ковшового конвейера из транспортного положения в рабочее и обратно, а также подъем и опускание ленточного конвейера в вертикальной плоскости и поворот его в плане на  $90^\circ$  в обе

стороны от продольной оси машины производятся с помощью гидроцилиндров двустороннего действия, работающих от гидросистемы тягача. Производительность многоковшовых погрузчиков 80...250 м<sup>3</sup>/ч, высота погрузки 2,4...4,2 м.

Основными направлениями развития строительных погрузчиков являются:

- улучшение технико-экономических и эргономических показателей;
- повышение энергонасыщенности, тягово-сцепных качеств и напорных усилий, маневренности, надежности ходового и погрузочно-оборудования;
- расширение номенклатуры сменных рабочих органов;
- увеличение параметров рабочего оборудования;
- дальнейшее совершенствование систем гидропривода.

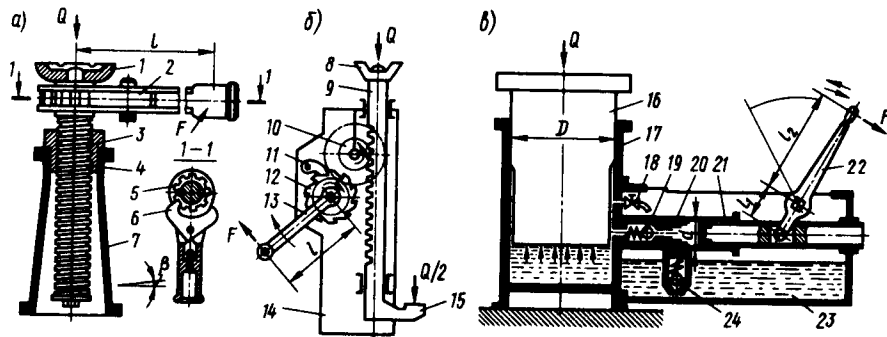
В городском строительстве широко применяют грузоподъемные машины, предназначенные для подъема груза, удержания его на требуемой высоте, плавного опускания, а также для перемещения груза на относительно небольшие расстояния.

По характеру рабочих движений грузоподъемные машины разделяют на три основные группы. Первая группа машин сообщает грузу только вертикальное, горизонтальное или наклонное прямолинейное движение (домкраты, лебедки, подъемники с жестким грузонесущим органом); вторая группа кроме вертикального подъема и опускания перемещает груз по монорельсу (электротали, подъемники с выдвигным грузонесущим органом); третья группа обеспечивает подъем (опускание) и перемещение груза в любую точку обслуживаемой площади (краны).

#### 3.1. ДОМКРАТЫ, ТАЛИ И ЛЕБЕДКИ

Домкраты представляют собой переносные грузоподъемные механизмы незначительных размеров и веса. Они служат для подъема груза на высоту 200...500 мм, перемещения его по горизонтали и для выверки конструкций при их установке. Домкраты применяются в строительстве на монтажных и ремонтных работах, в установках для бестраншейной прокладки коммуникаций, в строительных машинах (выносные опоры кранов, подъемников) и т. д. По конструкции домкраты делятся на реечные, винтовые и гидравлические, с ручным и электрическим, гидравлическим и пневматическим приводом.

Винтовой домкрат (рис. 3.1, а) состоит из литого или сварного корпуса 7 с запрессованной в нем бронзовой или чугуновой гайкой 4, составляющей винтовую пару со стальным винтом 3. На верхнем торце винта установлена грузовая с рифленой поверхностью головка 1, которая при вращении винта остается неподвижной, так как упирается в поднимаемый груз. Подъем груза производится путем поворота винта возвратно-поступательным движением рукоятки 2. При этом зуб двусторонней собачки 6, установленной



Р и с. 3.1. Домкраты:  
а — винтовой; б — реечный; в — гидравлический

на рукоятке, входит в зацепление с храповым колесом 5, закрепленным на винте, и поворачивает его вместе с винтом. Фиксация собачки в одном из крайних положений (на подъем или опускание) осуществляется пружинным стопором, размещенным в полости рукоятки. Винтовая пара домкратов, имеющая трапецеидальную или прямоугольную резьбу, обладает свойством самоторможения, так как угол подъема резьбы  $\beta$  принимается меньше угла трения в резьбе  $\rho$ . Это исключает возможность перемещения винта под действием нагрузки, но существенно влияет на КПД домкрата ( $\eta = 0,3 \div 0,4$ ).

Усилие  $F$  (Н) на рукоятке длиной  $l$  (мм), необходимое для подъема груза весом  $Q$  (Н):

$$F = Qd_{cp} \operatorname{tg}(\beta + \rho) / (2l), \quad (3.1)$$

где  $d_{cp}$  — средний диаметр резьбы винта, мм. Грузоподъемность винтовых домкратов достигает 50 т, высота подъема — до 0,5 м. Электромеханические винтовые подъемники, применяемые для подъема перекрытий строящихся зданий, имеют грузоподъемность до 100 т.

**Реечный домкрат** (рис. 3.1, б) состоит из металлического корпуса 14, в направляющих которого перемещается односторонняя зубчатая рейка 9. В верхней части рейки расположена грузовая поворотная головка 8, а внизу — лапа 15 для подъема низкорасположенных грузов.

Движение рейке сообщается от безопасной рукоятки 13 с грузоупорным тормозом через зубчатую передачу 10 с одной или двумя парами шестерен. Передаточное число одной зубчатой пары 4...6, а число зубьев малых (ведущих) шестерен не превышает 4...5. Для удержания поднятого груза служат храповое колесо 12 с собачкой 11.

Усилие  $F$  (Н) на рукоятке длиной  $l$  (мм), необходимое для подъема груза весом  $Q$  (Н):

$$F = Qd_{ш} / (2lu\eta), \quad (3.2)$$

где  $d_{ш}$  — диаметр начальной окружности шестерни, находящейся в зацеплении с рейкой, мм;  $u$  — передаточное число зубчатой передачи;  $\eta = 0,65 \div 0,85$  — КПД передачи.

Грузоподъемность реечных домкратов достигает 10 т, высота подъема — до 0,4 м.

**Гидравлический домкрат** по сравнению с реечным и винтовым обладают большей грузоподъемностью и более высоким КПД. На рис. 3.1, в показана принципиальная схема гидравлического домкрата с ручным приводом. Подъем груза осуществляется плунжерным насосом, состоящим из цилиндра 20 и плунжера 21 с уплотняющей манжетой. С помощью приводной рукоятки 22 сообщается возвратно-поступательное движение плунжеру насоса, который перекачивает жидкость из бака 23 через всасывающий 24 и нагнетательный 19 клапаны в рабочий цилиндр 17. Возникшее в нижней части цилиндра давление жидкости перемещает вверх поршень 16 вместе с грузом. Опускание поршня происходит за счет сливания жидкости из рабочего цилиндра в бак через сливной кран 18. Рабочей жидкостью служат промышленные масла и незамерзающие жидкости.

Усилие  $F$  (Н) на рукоятке длиной  $l$  (мм), необходимое для подъема груза весом  $Q$  (Н):

$$F = Qd^2 l_1 / (D^2 l_2 \eta), \quad (3.3)$$

где  $d$  — диаметр плунжера насоса, мм;  $D$  — диаметр поршня домкрата, мм;  $l_1$  и  $l_2$  — плечи рукоятки, мм;  $\eta = 0,8 \div 0,9$  — КПД домкрата.

Грузоподъемность гидравлических домкратов с ручным приводом достигает 200 т, высота подъема — до 0,2 м. Для подъема сборных этажей зданий, пролетов мостов применяют домкраты, соединенные в общую батарею и питаемые жидкостью от одного насоса с электроприводом. Применяемая при этом аппаратура позволяет регулировать скорость подъема и опускания любого домкрата в батарее. Грузоподъемность этих домкратов до  $3 \cdot 10^3$  т. Для подъема грузов на высоту, превышающую ход домкрата, используют телескопические и реверсивные (двойного действия) домкраты.

**Тали** представляют собой компактные грузоподъемные устройства, подвешиваемые на опорах. Они применяются при выполнении монтажных, ремонтных и такелажных работ. По типу привода различают ручные и электрические тали.

**Ручные тали** по конструкции делятся на шестеренные и червячные с ручным приводом от рычажно-храпового механизма или от бесконечной цепи. Червячная таль (рис. 3.2, а) подвешивается к несущим элементам на крюке 7, шарнирно соединенном с корпусом б. В корпусе расположен червяк 9, входящий в зацепление с червяч-



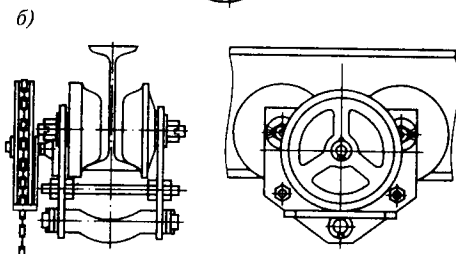
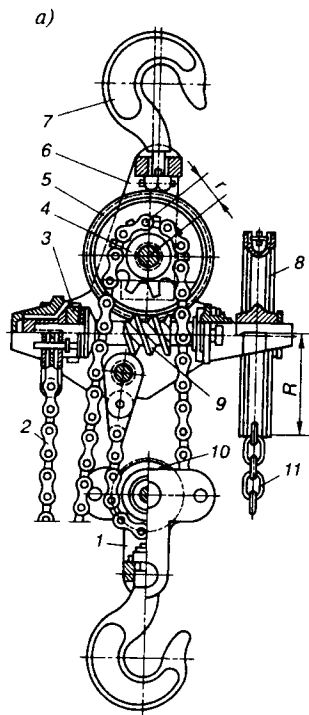


Рис. 3.2. Ручная червячная таль

ют к ходовым тележкам, передвигающимся по двутавровой балке — монорельсу. Тележки талей грузоподъемностью 0,5...1 т обычно не имеют механизма передвижения и перемещаются за счет усилия рабочего, а у тележек талей грузоподъемностью 1...5 т устанавливается механизм передвижения с ручным приводом (рис. 3.2, б). Грузоподъемность ручных талей составляет от 0,5 до 10 т, а высота подъема груза — до 3 м.

Электрические тали применяют для перемещения груза самостоятельно или в качестве грузоподъемных механизмов кранов (поворотные и неповоротные на колонне краны, кран-балки, козло-

ным колесом 5, которое вместе с грузовой звездочкой 4 жестко закреплено на валу. Грузовая (обычно пластинчатая) цепь 2 огибает грузовую звездочку 4, звездочку 10 подвижной крюковой обоймы 1 и крепится к корпусу тали, образуя двукратный полиспаст. При вращении тяговой звездочки 8 бесконечной цепью 11 движение через червячную передачу сообщается звездочке 4, которая, перемещая грузовую цепь, осуществляет подъем или опускание крюка. Поднятый груз удерживается на высоте дисковым грузоупорным тормозом 3 с храповым остановом, установленным на валу червяка.

Усилие  $F$  (Н) в тяговой цепи, необходимое для подъема груза весом  $Q$  (Н):

$$F = Qr / (u_n u_{ч} R \eta), \quad (3.4)$$

где  $r$  — радиус грузовой звездочки, мм;  $u_n$  — кратность полиспаста;  $u_{ч}$  — передаточное число червячной передачи;  $R$  — радиус тяговой звездочки, мм;  $\eta = 0,55 \div 0,75$  — КПД тали.

При необходимости горизонтального перемещения поднятого груза тали подвешива-

ют к ходовым тележкам, передвигающимся по двутавровой балке — монорельсу. Тележки талей грузоподъемностью 0,5...1 т обычно не имеют механизма передвижения и перемещаются за счет усилия рабочего, а у тележек талей грузоподъемностью 1...5 т устанавливается механизм передвижения с ручным приводом (рис. 3.2, б). Грузоподъемность ручных талей составляет от 0,5 до 10 т, а высота подъема груза — до 3 м.

Электрические тали применяют для перемещения груза самостоятельно или в качестве грузоподъемных механизмов кранов (поворотные и неповоротные на колонне краны, кран-балки, козловые краны и т. д.). Они могут быть неподвижными и передвижными с ручным и электроприводным механизмом передвижения. В последнем случае таль называется тельфером (рис. 3.3), который состоит из одной или двух ходовых тележек 1, электродвигателя 11, барабана 10, редуктора 7, электромагнитного дискового (или колодочного) тормоза 4, крюковой обоймы 8. Крутящий момент от двигателя через редуктор передается на грузовой нарезной барабан, на который навивается канат 9. При включении тельфера на подъем или опускании груза электромагниты 6, включенные в цепь электродвигателя, разъединяют диски тормоза и позволяют быстроходному валу 3 свободно вращаться. При отключении электродвигателя катушки электромагнитов обесточиваются, пружина 5 прижимает подвижные диски тормоза к неподвижным, в результате чего груз удерживается на высоте. Ограничитель высоты подъема груза автоматически отключает электродвигатель при достижении крюковой обоймой предельной высоты. Передвижение тельфера по монорельсу 2 осуществляется от индивидуального электродвигателя с редуктором. Управление тельферами ведется с пола через гибкий кабель, снабженный пультом с пусковыми кнопками. Грузоподъемность электроталей — 0,2...10 т, высота подъема груза — до 35 м, скорость подъема — 0,13 м/с, передвижения тележки — 0,33...0,5 м/с.

**Строительные лебедки** представляют собой грузоподъемные механизмы, предназначенные для подъема или перемещения грузов на строительно-монтажных, ремонтных и погрузочно-разгрузочных работах с помощью каната, навиваемого на барабан или протягиваемого через рычажный механизм. Их подразделяют:

- по виду привода — на ручные (с ручным приводом) и приводные (с механическим приводом);
- по назначению — на подъемные (для подъема груза), тяговые (только для перемещения груза по горизонтальной или наклонной поверхности);
- по числу барабанов — на одно-, двухбарабанные и без барабана (с канатоведущим шкивом) и рычажные.

Главным параметром лебедок является тяговое усилие каната (кН).

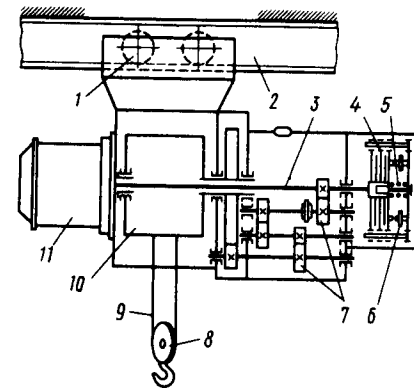


Рис. 3.3. Электроталь (тельфер)

Ручные лебедки приводятся в действие мускульной силой рабочего и могут быть однобаранными или рычажными (без барабана).

Лебедки в рабочем положении крепятся на горизонтальной площадке и могут работать на открытом воздухе при температуре окружающей среды от  $-40$  до  $+40$  °С.

Все лебедки имеют единую конструктивную схему, выполнены двухскоростными, оборудованы автоматически действующими грузоупорными дисковыми тормозами и различаются между собой тяговым усилием, канатоемкостью барабана, числом валов, габаритами и т. п.

Каждая лебедка (рис. 3.4) состоит из двух боковин 8, соединенных стяжными болтами 15, ведущего (рабочего) вала 1 с двумя приводными рукоятками 12, одного или двух промежуточных валов 4, блок-шестерни 13, зубчатых колес 5, 6, 9, 11, грузоупорного тормоза, оси 7 с гладким барабаном 14 для навивки каната. Валы передач вращаются в подшипниках скольжения боковин. Ось барабана жестко закреплена в боковинах. Автоматический грузоупорный тормоз состоит из храпового останова (храпового колеса 2 с собачкой 3), дискового тормоза 10 и обеспечивает торможение барабана при опускании груза и мгновенную остановку его, если рабочий отпустит приводную рукоятку. Подъем или перемещение груза осуществляется вращением приводных рукояток; при этом собачка скользит по зубьям храпового колеса. Опускают груз вращением приводных рукояток в обратном направлении, причем собачка находится в зацеплении с храповым колесом. Изменение скорости подъема, опускания или перемещения груза производится передвижением шестерни 11 вдоль оси промежуточного вала и вводом ее в зацепление с блок-шестерней.

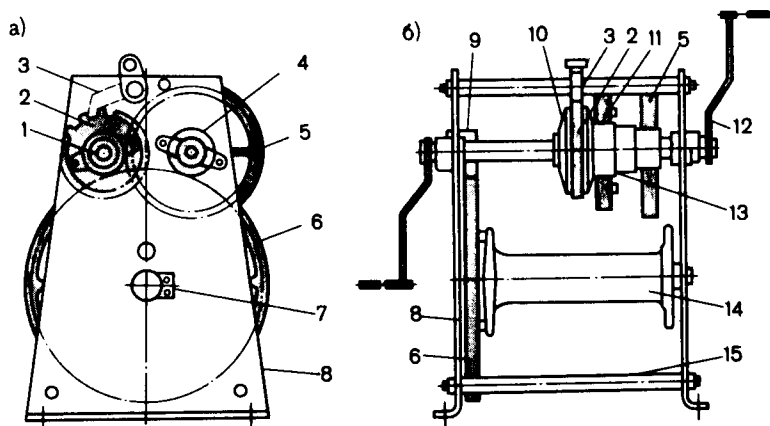


Рис. 3.4. Конструктивная схема ручной лебедки

Лебедки обеспечивают наибольшее тяговое усилие каната 12,5...50 кН, канатоемкость барабана 50...75 м.

Крутящий момент на валу рукоятки (Н·м)

$$M_p = F_p l_p, \quad (3.5)$$

где  $F_p$  — усилие на рукоятку, принимаемое для одного рабочего равным 100...120 Н в зависимости от продолжительности работы;  $l_p = 0,4$  м — длина рукоятки.

Скорость навивки каната на барабан лебедки (м/мин)

$$v_k = v_p D_b / (2l_p u), \quad (3.6)$$

где  $v_p \leq 40$  м/мин — средняя окружная скорость движения при вращении рукоятки рабочим;  $D_b$  — диаметр барабана, м;  $u$  — передаточное число зубчатых передач.

При одних лебедках приводятся в действие, как правило, от электродвигателей, подключаемых к сети переменного тока напряжением 220/380 В. По числу барабанов лебедки могут быть одно- и двухбаранными, а по виду кинематической связи между двигателем и барабаном — реверсивными, маневровыми и зубчато-фрикционными.

У реверсивных однобаранных лебедок — жесткая неразмыкаемая кинематическая связь между электродвигателем и барабаном; подъем и опускание груза осуществляются реверсируемым электродвигателем. Маневровые двухбаранные лебедки имеют размыкаемую жесткую кинематическую связь между электродвигателем, главным и вспомогательным барабанами, что позволяет подключать к двигателю с помощью кулачковых муфт попеременно один из барабанов.

У зубчато-фрикционных лебедок между двигателем и барабаном с помощью конусной или ленточной фрикционной муфты обеспечивается плавно размыкаемая в процессе работы кинематическая связь. Подъем груза осуществляется двигателем при включенной муфте, опускание груза — за счет собственной силы тяжести при выключенной муфте. Однобаранные реверсивные лебедки выполнены по единой конструктивной схеме, имеют П-образную компоновку и рассчитаны на легкий режим работы. Они могут использоваться как самостоятельно действующие подъемно-транспортные механизмы, а также входить в комплект строительных подъемников и других подъемных устройств, не предназначенных для подъема людей.

Каждая реверсивная лебедка состоит (рис. 3.5) из рамы, на которой смонтированы электродвигатель 4, пусковая аппаратура, цилиндрический двухступенчатый зубчатый редуктор 5 и гладкий барабан 1, установленный на тихоходном валу редуктора. Вал

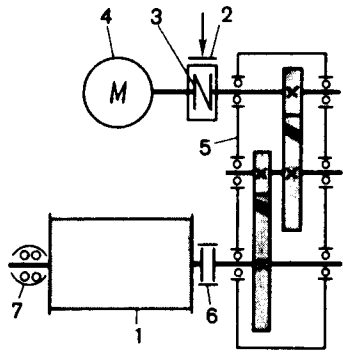


Рис. 3.5. Кинематическая схема реверсивной лебедки

электродвигателя соединен с быстроходным валом редуктора упругой втулочно-пальцевой муфтой 3, внешняя цилиндрическая поверхность которой служит одновременно шкивом автоматического постоянно замкнутого двухколодочного тормоза 2 с электрогидравлическим толкателем, предназначенным для размыкания колодок тормоза. Толкатель представляет собой механизм, преобразующий вращательное движение ротора двигателя в возвратно-поступательное движение штока, размыкающего колодки. Барабаны лебедок могут крепиться на

валу редуктора консольно и не имеют выносной опоры. Вал барабана опирается на выносную опору 7 через подшипник. Барабан лебедки соединяется с выходным валом редуктора с помощью зубчатой муфты 6.

Пусковая аппаратура лебедок включает реверсивный магнитный пускатель и кнопочный пост управления, с помощью которого осуществляется отключение работающего двигателя, его полный останов и включение на обратное направление вращения.

Управляют лебедкой с помощью электромагнитных пускателей кулачкового контроллера и кнопок управления. Дистанционное управление лебедкой осуществляется путем отсоединения шкафа с электроаппаратурой от лебедки, его переноса и крепления в необходимом для работы месте.

Реверсивные лебедки обеспечивают тяговое усилие каната 4,5...50 кН, имеют диаметр барабана 200...250 мм, канатоемкость барабана 80...250 м.

Длина каната (м), наматываемого на барабан,

$$L = Hn_{\text{п}} + (z_3 + z_k)\pi(D_6 + d_k), \quad (3.7)$$

где  $H$  — высота подъема груза (крюка), м;  $z_3 = 1,5...2$  — число запасных витков, предусматриваемых правилами Госгортехнадзора, для уменьшения нагрузки на заделку конца каната на барабане;  $z_k = 2...2,5$  — число витков, занятых креплением конца каната на барабане.

Рабочая длина  $l_6$  барабанов (м):  
при однослойной навивке каната на нарезной барабан

$$l_6 = Lt/[\pi(D_6 + d_k)], \quad (3.8)$$

где  $t = d_k + (2...3)$  мм — шаг навивки;

при многослойной навивке

$$l_6 = Ld_k/[\pi m(D_6 + md_k)], \quad (3.9)$$

где  $m$  — число слоев навивки;  $D_6 + md_k$  — средний диаметр навивки, м.

Скорость навивки каната на барабан (м/с):  
при однослойной навивке

$$v_k = v_{\text{г}}n_{\text{л}}, \quad (3.10)$$

где  $v_{\text{г}}$  — скорость подъема груза, м/с;  
при многослойной навивке

$$v_k = \pi n_6[D_6 + (2m-1)d_k], \quad (3.11)$$

где  $n_6$  — необходимая частота вращения барабана по первому слою навивки,  $\text{с}^{-1}$

$$n_6 = v_k/[\pi(D_6 + d_k)]. \quad (3.12)$$

Необходимая мощность на барабане лебедки (кВт)

$$P_6 = F_6 v_k / \eta_{\text{л}}, \quad (3.13)$$

где  $\eta_{\text{л}} = \eta_{\text{п}}$ ;  $\eta_{\text{л}}$  — КПД лебедки;  $\eta_{\text{р}} = 0,94...0,96$  — КПД редуктора;  $\eta_6 = 0,97...0,98$  — КПД барабана на подшипниках качения.

По расчетному значению  $P_6$  подбирают электродвигатель с продолжительностью включения (ПВ %), соответствующей режиму работы лебедки. Для лебедок, работающих по легкому и среднему режимам, упрощенно ПВ = 25 %, по тяжелому ПВ = 40 %.

Необходимо, чтобы

$$P_{\text{дв}} \geq P_6, \quad (3.14)$$

где  $P_{\text{дв}}$  — мощность электродвигателя, кВт.

Передаточное число редуктора

$$u_{\text{р}} = n_{\text{дв}}/n_6, \quad (3.15)$$

где  $n_{\text{дв}}$  — частота вращения электродвигателя,  $\text{с}^{-1}$ .

Редуктор подбирают по передаточному числу, режиму работы, синхронной частоте вращения и мощности электродвигателя.

Колодочный тормоз выбирают по тормозному моменту  $M_{\text{т}}$  (кН·м) на приводном валу:

$$M_{\text{т}} = K_{\text{т}} F_6 (D_6 + md_k) \eta_{\text{л}} / (2u_{\text{р}}), \quad (3.16)$$

где  $K_{\text{т}}$  — коэффициент запаса торможения, зависящий от режима работы лебедки; соответственно для легкого, среднего и тяжелого режимов работы  $K_{\text{т}} = 1,5; 1,75$  и  $2$ .

Диаметр тормозного шкива  $D_{ш}$  (мм) принимают равным наружному диаметру соединительной упругой муфты.

Выбранный тормоз проверяют на допустимое удельное давление тормозных колодок [ $p$ ].

### 3.2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ ПОДЪЕМНИКИ

Строительные подъемники предназначены для подъема (опускания) в грузонесущих органах строительных грузов и людей на этажи и крыши зданий и сооружений при выполнении строительно-монтажных, отделочных и ремонтных работ. Грузонесущие органы строительных подъемников (клеть, кабина, платформа, ковш, крюк, бункер, бадня, захваты и т. д.) движутся, как правило, по вертикальному жестким направляющим.

Строительные подъемники классифицируют по назначению, способу установки, конструкции направляющих, типу грузонесущего органа и механизма подъема, способу монтажа и степени мобильности. Подъемники различают:

по назначению — грузовые, предназначенные только для транспортирования грузов, и грузопассажирские — для транспортирования грузов и людей;

по способу установки — передвижные (самоходные и несамоходные), способные перемещаться относительно здания в процессе работы, и стационарные, которые могут быть приставными, прикрепляемыми к зданию, и свободностоящими — без крепления к зданию. Передвижные подъемники на рельсовом или пневмоколесном ходу используют сравнительно редко.

По конструкции направляющих грузонесущего органа — с подвесными (гибкими) и жесткими направляющими.

Подъемники с жесткими направляющими бывают мачтовыми, скиповыми и шахтными. Тип грузонесущего органа подъемника определяется его назначением. Грузопассажирские подъемники оборудуются кабинами, грузовые — выдвигаемыми и невыдвигаемыми, поворотными и неповоротными платформами, выдвигаемыми рамами, выкатными консолями, монорельсами и направляющими с подвесной клетью, а также саморазгружающимися ковшами. Механизмы подъема подъемников разделяют на канатные и бесканатные. В канатных механизмах подъема используются канатно-блочная система и лебедка, в бесканатных — зубчато-реечные или цевочно-реечные механизмы модульного типа.

По способу монтажа подъемники делят на мобильные, перевозимые с объекта на объект в собранном виде, и немобильные.

разбираемые при демонтаже на секции и перевозимые в таком виде к месту монтажа.

Подъемники не имеют единой системы индексации.

Главным параметром подъемников является грузоподъемность — максимально допустимая масса груза, поднимаемая подъемником. К основным параметрам относятся: наибольшая высота подъема груза (расстояние по вертикали от уровня земли до нижнего уровня груза, находящегося в крайнем верхнем положении); скорость подъема и опускания груза; величина перемещения груза по горизонтали (максимальное расстояние от оси мачты подъемника до конца платформы, введенной в оконный проем, или до оси крюка, на котором подвешен груз); величина вертикального перемещения груза, введенного в здание (максимальное расстояние по вертикали между крайними верхним и нижним положениями груза); скорость подачи груза (скорость горизонтального перемещения груза); для передвижных подъемников колея (расстояние между осями рельсов или между колесами, расположенными на одной оси) и база (расстояние между осями крайних ходовых колес, расположенных на одном рельсе или одной стороне подъемника); установленная мощность; конструктивная и общая масса подъемника; шаг настенных опор (расстояние, по вертикали между соседними креплениями подъемника к стене здания или сооружения); производительность и т. д.

**Грузовые подъемники** выпускают мачтовыми и шахтными. **Шахтные подъемники** применяют при возведении кирпичных труб высотой до 120 м.

**Мачтовые подъемники** наиболее распространены в городском строительстве и предназначены для подъема и поэтажной подачи через оконные и дверные проемы зданий различных строительных материалов и деталей при санитарно-технических, отделочных, ремонтных и других работах. Различают *грузовые* и *грузопассажирские* мачтовые подъемники. Последние применяют для подъема не только грузов, но и людей при строительстве многоэтажных зданий. Мачтовый подъемник состоит из опорной рамы, вертикальной направляющей мачты, подъемной грузовой платформы (у грузовых) или кабины (у грузопассажирских), механизма подъема платформы (кабины), органов управления и предохранительных устройств. В механизмах подъема используются реверсивные лебедки с электроприводом. По конструкции мачты различают подъемники с одной направляющей мачтой (одностоечные) и с двумя направляющими мачтами (двухстоечные). Одностоечные и двухстоечные подъемники оснащаются жесткими и выдвигаемыми грузонесущими органами. Подъемники с жестким грузонесущим органом имеют одно рабочее движение — подъем груза, с выдвигаемым два рабочих

движения — подъем груза и горизонтальное его перемещение внутрь здания через проем.

Грузовой мачтовый подъемник (рис. 3.6, а) состоит из опорной рамы 3, реверсивной грузовой лебедки 4, канатно-блочной системы, вертикальной мачты 7, в направляющих которой перемещается грузонесущий орган (стрела, платформа, монорельс) 1, системы управления и предохранительных устройств. В мобильных подъемниках, перевозимых в прицепе к автомобилю, предусмотрены колеса на пневмошинах 5, которые во время работы подъемника вывешиваются винтовыми опорами (аутригерами) 6. Мобильные свободностоящие подъемники имеют неразборную на отдельные секции мачту высотой до 12 м, жесткую платформу и применяются на строительстве зданий

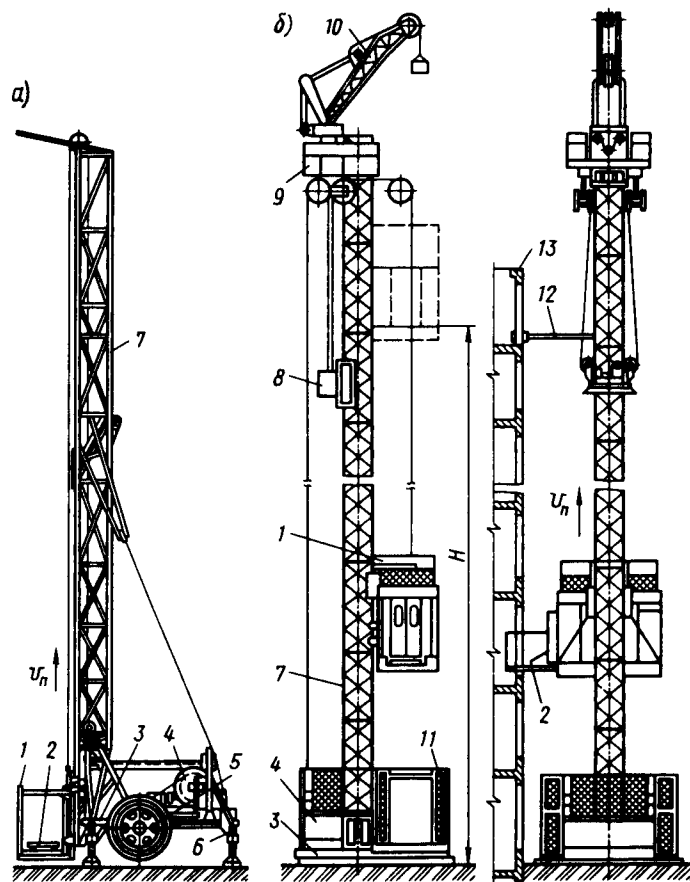


Рис. 3.6. Мачтовые строительные подъемники:  
а — грузовой; б — грузопассажирский

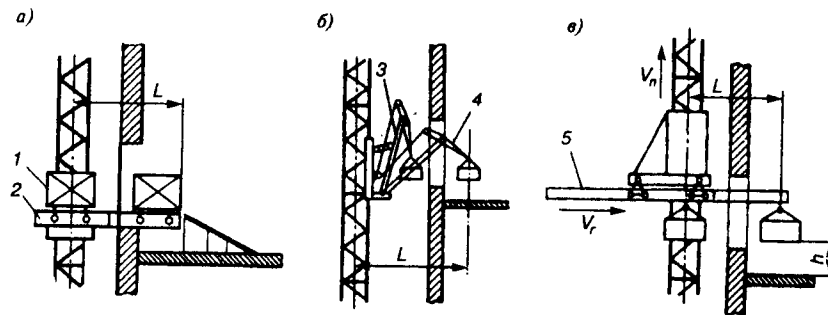


Рис. 3.7. Схемы устройств для выдвигания грузонесущих органов мачтовых подъемников

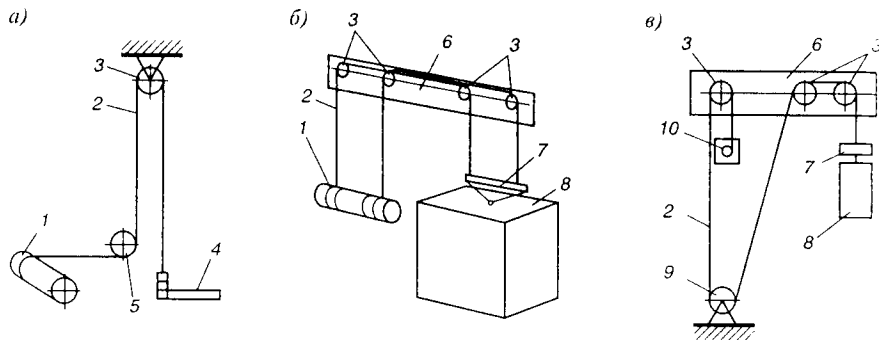
малой этажности. Монтаж — демонтаж подъемника осуществляется с помощью грузовой лебедки в течение 10...15 мин. Грузоподъемность мобильных грузовых подъемников — 320 кг.

Приставные грузовые подъемники имеют секционно-разборную мачту и выдвигной грузонесущий орган. Подача груза внутрь здания после подъема осуществляется выдвиганием платформы 1 с грузом вдоль жесткой подъемной рамы 2 (рис. 3.7, а), изменением угла наклона и перемещением шарнирно-сочлененной стрелы 3 с гуськом 4 (рис. 3.7, б) или перемещением монорельса 5 с грузом относительно мачты (рис. 3.7, в). Наличие таких органов обеспечивает высокую безопасность работы, так как отпадает необходимость выхода рабочего на грузовую платформу подъемника для ее разгрузки.

Мачты подъемников представляют собой решетчатые конструкции прямоугольного и треугольного сечения с одной или двумя направляющими для роликов грузонесущего органа. Мачты крепят к зданию настенными опорами. Мачты подъемников для многоэтажного строительства выпускают разборными, состоящими из взаимозаменяемых секций длиной 1,5...3 м. Вдоль мачты с помощью канатно-блочной системы или речного зацепления перемещаются жесткие или подвижные в пространстве грузонесущие органы. К жестким органам относят вертикально перемещаемые платформы.

В грузовых подъемниках с канатным механизмом подъема (рис. 3.8, а) грузовая платформа 4 перемещается по вертикали с помощью прикрепленного к ней каната 2, сходящего с барабана 1 и огибающего нижний 5 и верхний 3 направляющие блоки мачты.

В конструкциях подъемников с канатными механизмами подъема груза используют одно- (рис. 3.9, а) или двухбарабанные (рис. 3.9, б) реверсивные лебедки, состоящие из электродвигателя 1, соединительных муфт 6, тормозов 2, цилиндрического 3 или червячного 5 редуктора и барабанов 4. В двухбарабанной лебедке имеется открытая зубчатая передача 7, приводящая в действие поочередно



Р и с. 3.8. Схемы запасовок грузовых канатов мачтовых подъемников

(по необходимости) грузовой или монтажный барабаны. Управление включением осуществляется рычагом 10 через кулачковые муфты 9. Чтобы предотвратить вращение барабанов в момент переключения, в конструкции имеются подпружиненные фиксаторы 8.

В последнее время все большее распространение получают грузовые мачтовые подъемники с бесканатным механизмом подъема. Бесканатный реечный механизм подъема монтируется непосредственно на грузонесущем органе и включает электродвигатель, тормоз и редуктор, на выходном валу которого закреплена шестерня, входящая в зацепление с зубчатой или цевочной рейкой, установленной по всей длине мачты. При своем вращении шестерня перемещается поступательно вдоль рейки, увлекая за собой платформу. Реечные подъемные механизмы включают один или два подъемных модуля.

По сравнению с подъемниками с канатным механизмом подъема, подъемники с реечным механизмом более надежны и безопасны в эксплуатации и имеют более высокие технико-эксплуатационные показатели.

Подъемники устанавливают параллельно или перпендикулярно стене здания или сооружения. При этом, когда ось платформы параллельна зданию, в просем подаются малогабаритные грузы, а при перпендикулярном положении платформы могут подаваться и длинномерные грузы.

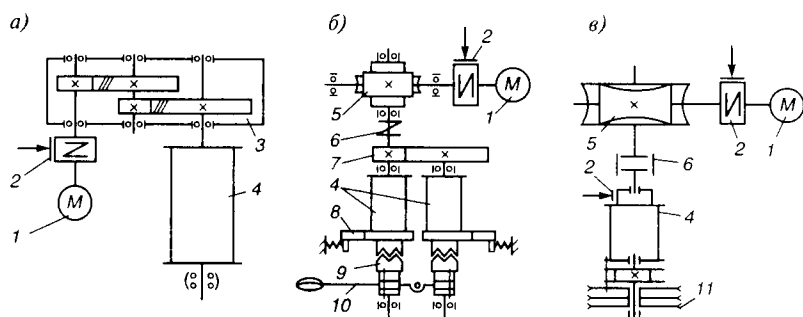
Управление подъемниками осуществляется машинистом с пульта управления (или переносного пульта на этаже адресования) или непосредственно из кабины с автоматическими остановками на этажах по адресованным вызовам.

Грузоподъемность приставных грузовых мачтовых подъемников с канатным механизмом подъема — 500 кг, с реечным механизмом — 600...800 кг, высота подъема груза подъемников с канатным подъемным механизмом до 75 м (скорость подъема груза 0,4...0,5 м/с) с реечным механизмом до 150 м (скорость подъема груза 0,55...0,6 м/с).

**Грузопассажирские подъемники** представляют собой приставные немобильные (разбираемые при демонтаже) машины, которые по конструкции жестких направляющих разделяют на шахтные и мачтовые. Шахтные подъемники имеют ограниченное применение и используются для строительства кирпичных и монолитных железобетонных дымовых труб. Мачтовые грузопассажирские подъемники широко применяют в строительном производстве. Составными частями каждого грузопассажирского мачтового подъемника являются решетчатая мачта прямоугольного или треугольного сечения, опорная рама, грузонесущий орган — кабина для размещения грузов и людей, противовес и механизм подъема. Мачты подъемников крепят к зданию настенными опорами. На мачтовых грузопассажирских подъемниках применяют подъемные механизмы двух типов — канатные и бесканатные (реечные). В канатных механизмах подъема используют реверсивные барабанные лебедки (рис. 3.9, а) и лебедки с канатоведущим шкивом (рис. 3.9, в).

В механизмах подъема с барабанными лебедками кабина 8 соединена с балансирной подвеской 7, к которой крепятся два каната 2, сходящие с одного барабана 1 и огибающие отводные блоки 3, расположенные на головке 6 мачты. Подвеска служит для выравнивания неравномерного натяжения канатов. На барабане канаты располагаются в винтовых канавках на его поверхности, имеющих левую и правую нарезку. В зависимости от направления вращения барабана канаты попарно навиваются на него или разматываются. При использовании лебедки с канатоведущим шкивом кабина подвешивается на трех канатах.

Грузопассажирский подъемник (см. рис. 3.6, б) грузоподъемностью 1000 кг с канатным механизмом подъема состоит из решетчатой мачты 7, установленной на опорной раме 3, кабины 1, противовеса 8, машинного отделения 4 с механизмом подъема и



Р и с. 3.9. Кинематические схемы грузовых лебедок мачтовых подъемников

ограждением 11. Через отводные блоки головки 9 мачты запасованы три грузовых каната, на одних концах которых через балансирную подвеску подвешена кабина, а на других — противовес с тремя резервными барабанами для сматывания излишков каната при малой высоте мачты. Кабина по мачте перемещается на ходовых роликах и снабжена входной и выходной дверями и откидным трапом 2 для высадки пассажиров на этажах. Мачта крепится к зданию 13 настенными опорами 12. Механизм подъема включает канатно-блочную систему (рис. 3.8, в) и лебедку 9 с канатоведущим шкивом. От двухскоростного электродвигателя 1 (рис. 3.9, в) лебедки через глобоидный редуктор 5 приводятся во вращение монтажный барабан 4 и канатоведущий шкив 11, которые сидят на валу свободно и включаются с помощью водила и фиксирующих болтов. Выходной вал редуктора соединен с валом шкива и барабана зубчатой муфтой 6. Лебедка снабжена автоматическим колодочным тормозом 2.

Канатоведущий шкив с тремя кольцевыми ручьями на поверхности огибают три грузовых каната, распределяемые в ручьях. Канаты прижимаются к поверхности ручьев за счет натяжения, создаваемого весом кабины и противовеса. Тяговое усилие каждому канату сообщается за счет трения между контактирующими поверхностями каната и ручья шкива.

Монтаж подъемника осуществляют методом наращивания сверху секции с помощью монтажного барабана лебедки, монтажного каната и самоподъемной монтажной головки с наклоняющейся стрелой 10 (см. рис. 3.6, б) и собственным механизмом перемещения головки по мачте. Подъемник можно монтировать также с помощью башенного крана, монтажного блока, каната и вспомогательной лебедки.

При наращивании мачты во время монтажа грузовые канаты, запасованные на максимальную высоту подъема кабины, постепенно сматываются с резервных барабанов.

Подъемником управляет один машинист. Безопасность работы подъемника обеспечивается ограничителем скорости, установленным на каретке, и ловителями, срабатывающими при ослаблении натяжения или обрыве подъемного каната.

Максимальная высота подъема — 150 м, скорость подъема — 0,7 м/с.

Грузопассажирские подъемники с бесканатным механизмом подъема используют на строительстве зданий высотой 70...150 м. Их грузоподъемность составляет 580...1000 кг.

Возвратно-поступательное движение кабины обеспечивается реечным приводным устройством, состоящим из двух унифицированных моноблочных приводных модулей закрытого типа. Каждый модуль включает (рис. 3.10) электродвигатель 4 со встроенным дисковым тормозом 3 и червячный редуктор 5 на выходном валу которого закреплена ведущая шестерня 2, входящая в зацепление с

рейкой 1 мачты. Модули смонтированы в кабине, роликовые башмаки которой охватывают направляющую стойку мачты с трех сторон. Кабина снабжена центробежным фрикционно-дисковым узлом безопасности с постоянным усилием торможения. Узел безопасности растормаживается при неработающем механизме подъема вручную за 20...30 с с помощью ручного привода. Уравновешивание кабины обеспечивается противовесом, подвешенным на канатах, огибающих блоки оголовка мачты. Скорость подъема составляет 0,5...0,65 м/с.

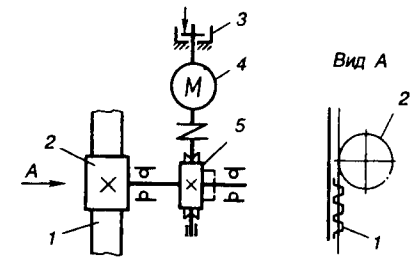


Рис. 3.10. Кинематическая схема реечного приводного устройства

Обеспечение безопасной эксплуатации мачтовых подъемников осуществляется автоматически действующими клиновыми и эксцентриковыми ловителями, останавливающими и удерживающими платформу или кабину в случае превышения номинальной скорости ее опускания (при обрыве, ослаблении грузового каната или при выходе из строя механизма подъема бесканатного типа — реечного зацепления), а также концевыми выключателями, звуковыми и световыми сигнализаторами, блокировочными выключателями замков на двери нижнего ограждения и входной двери кабины, блокировочными выключателями слабины канатов противовеса и перепуска, путевыми выключателями точной остановки и т. п.

Эксплуатационная производительность строительных подъемников (т/ч)

$$P_3 = nQk_r k_v, \quad (3.17)$$

где  $Q$  — номинальная грузоподъемность, т;  $k_r = 0,6 \div 0,8$  — коэффициент использования подъемника по грузоподъемности;  $k_v = 0,5 \div 0,9$  — коэффициент использования подъемника по времени;  $n$  — число циклов в час;  $n = 3600/t_{ц}$ ,  $t_{ц}$  — продолжительность одного цикла, с:

$$t_{ц} = t_m + t_p, \quad (3.18)$$

где  $t_m$  — машинное время, затрачиваемое на вертикальное и горизонтальное перемещение грузонесущего органа, с;  $t_p$  — время, затрачиваемое на ручные операции, включающие погрузку и разгрузку, с.

Для подъемников с жестким грузонесущим органом

$$t_m = 2h/v, \quad (3.19)$$

с выдвижным

$$t_m = (2h/v) + (2L/v_r), \quad (3.20)$$

где  $h$  и  $v$  — высота (м) и скорость (м/с) подъема и опускания груза;  $L$  и  $v_r$  — длина пути (м) и скорость (м/с) перемещения груза в проем.

**Самоподъемные вышки, люльки и подмости** широко применяют в городском строительстве на монтажных, отделочных и ремонтных работах с незначительными объемами. Они предназначены для подъема одного или нескольких рабочих с инструментом и небольшим количеством материалов на определенную высоту.

В вышках люлька или площадка, установленная в верхней части телескопических (рис. 3.11, *а*) или рычажных (рис. 3.11, *б*) подъемников, перемещается только по вертикали, а в рычажно-шарнирных (рис. 3.11, *в*), телескопических шарнирных (рис. 3.11, *г*) и телескопических рычажно-шарнирных (рис. 3.11, *д*) автогидроподъемниках они могут перемещаться в пространстве (и по вертикали и по горизонтали), а также ниже уровня стоянки машины, охватывая значительную зону обслуживания.

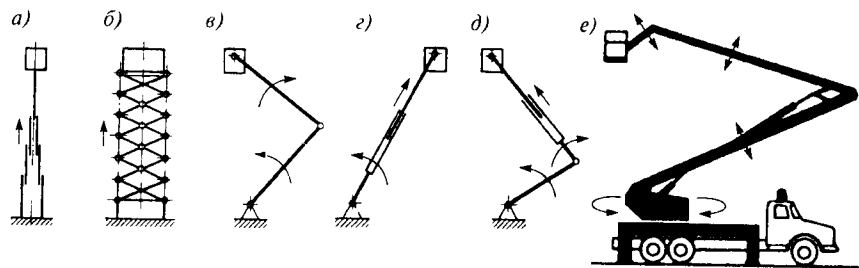


Рис. 3.11. Принципиальные схемы телескопических вышек и гидравлических подъемников

**Автомобильный подъемник** (рис. 3.12, *а*) состоит из базового автомобиля 1, коленчатой стрелы 3, шарнирно установленных одной или двух люлек 4, опорной стойки 2, поддерживающей стрелу при перебазировках, пульта управления 5, поворотной платформы 6, гидроцилиндра подъема стрелы 7 и выносных гидравлических опор 8, используемых при работе. Зона, обслуживаемая подъемником, показана на рис. 3.12, *б*. Перемещение телескопических секций вышек и секций стрелы подъемников осуществляется с помощью гидроцилиндров, с использованием канатно-блочных систем (полиспастов) и комбинированным способом. Стрелы автогидроподъемников состоят из двух-трех шарнирно соединенных между собой управляемых секций, а телескопические вышки имеют до пяти секций в мачте. Известны комбинированные конструкции, состоящие из двухколенной стрелы с нижним трехсекционным телескопическим коленом и верхним, перемещаемым в пространстве. Перемещение стрелы в пространстве осуществляется с помощью поворотного

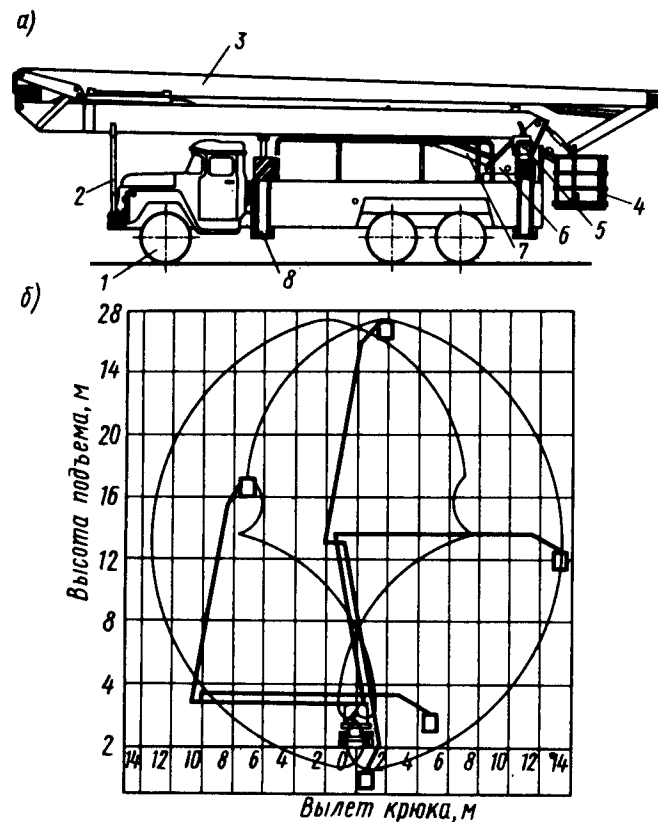


Рис. 3.12. Автомобильный гидравлический подъемник

устройства, шарниров и телескопических устройств, управление подъемниками — с пульта управления, расположенного на поворотной раме и сдублированного с пультом в люлке. Для связи между рабочими, расположенными на высоте и на земле, устанавливается двустороннее переговорное устройство. Рабочие площадки имеют различную конструкцию и состоят из рифленого металлического пола, сплошного бокового ограждения по высоте не менее 100 мм для предотвращения падения инструмента и материалов, а также безопасного ограждения для рабочего. Горизонтальное ориентирование пола площадок осуществляется рычажными и канатно-блочными следящими системами.

Телескопические вышки имеют высоту подъема 12...26 м при грузоподъемности люльки 0,15...0,35 т, а автомобильные подъемники — высоту подъема до 37 м при грузоподъемности до 0,4 т. Некоторые подъемники можно использовать как стреловые краны, так



как на оголовке нижнего колена стрелы предусмотрена установка крюка грузоподъемностью 1 т.

В период строительства многоэтажных зданий высотой более 16 этажей, а также при их эксплуатации возникает необходимость выполнения работ, включающих в себя уплотнение и заделку швов и трещин, очистку стекол и стен, окраску фасадов и т. д. Для выполнения этих работ применяют *самоподъемные подвесные на канатах люльки* (рис. 3.13), состоящие из огороженной площадки 4 с установленными на ней ручными или реверсивными электрелебедками 2, ловителями 1 и электрооборудованием 3. Люльки обычно подвешивают на двух предохранительных и двух грузовых канатах. Грузовые канаты наматываются на один или два синхронно работающих барабана, поднимающих люльку с помощью блоков, установленных на рычагах, которые закреплены на крыше здания. Ловители надежно удерживают люльку от падения при возможном внезапном обрыве грузового каната. Эти люльки, имея длину платформы до 3,5 м, легко перемещаются на колесах вдоль фасада здания на новый участок работы. Грузоподъемность люлек до 300 кг при высоте подъема до 100 м и мощности электродвигателя до 1 кВт.

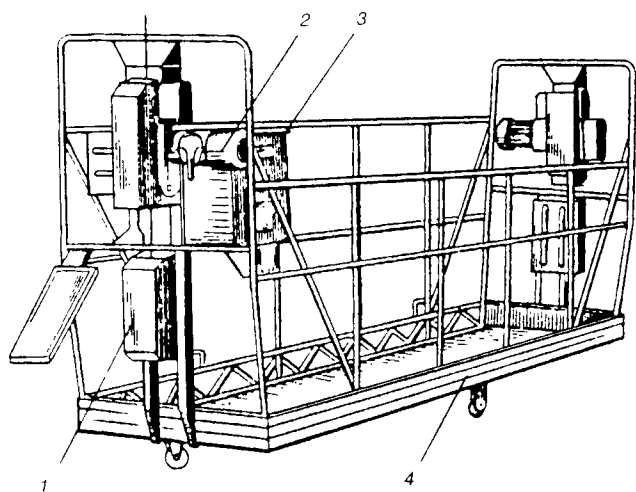


Рис. 3.13. Самоподъемная подвесная люлька

Однако рычаги и балласт противовеса приходится переносить вдоль крыши и с объекта на объект. Поэтому на зданиях большой высоты устанавливают передвижные подъемники (рис. 3.14), на опорной раме которых монтируют стрелу 1, грузовую и стрелоподъемную лебедки. На стреле подвешена люлька 2, рассчитанная на

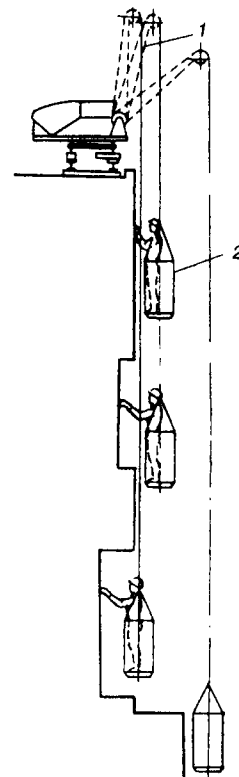
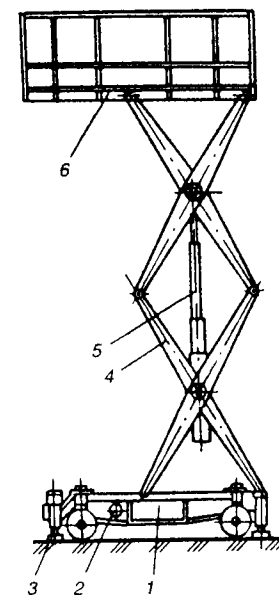


Рис. 3.14. Передвижной подъемник

Рис. 3.15. Передвижные самоподъемные подмости



подъем и работу в ней двух человек. Перемещение лебедки по плоской крыше осуществляется с помощью механизма передвижения по рельсам или на пневмоколесах. Изменение вылета позволяет регулировать расстояние от люльки до фасада при возможных углублениях и выступах на здании. Управление лебедками осуществляется из люльки через пульт управления. После окончания работы люлька поднимается на максимальную высоту и устанавливается за счет поворотного устройства или поворотных блоков на конце стрелы на крышу здания.

*Подмости* представляют собой открытую, установленную на определенной высоте или вертикально перемещающуюся площадку для производства отделочных и монтажных работ в основном во внутренних помещениях общественных, производственных и других зданий. Их изготавливают в виде сборно-разборной или неразборной конструкции. Они могут быть неподвижными и выдвжными, стационарными и передвижными (самоходными и несамоходными). Передвижные самоподъемные подмости (рис. 3.15) состоят из опор-

ной рамы 1, на которой установлен гидропривод 2 (электродвигатель, гидронасос, масляный бак и т. п.), рычажного устройства 4 и рабочей площадки 6. Подъем на высоту до 8 м и опускание площадки осуществляются телескопическими гидроцилиндрами 5. Устойчивость подмостей обеспечивается винтовыми опорами 3. Грузоподъемность составляет 300 кг.

### 3.3. БАШЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КРАНЫ

Строительные башенные краны являются ведущими грузоподъемными машинами в строительстве и предназначены для механизации строительного-монтажных работ при возведении жилых, гражданских и промышленных зданий и сооружений, а также для выполнения различных погрузочно-разгрузочных работ на складах, полигонах и перегрузочных площадках. Они обеспечивают вертикальное и горизонтальное транспортирование строительных конструкций, элементов зданий и строительных материалов непосредственно к рабочему месту в любой точке строящегося объекта. Темп строительства определяется производительностью башенного крана, существенно зависящей от скоростей рабочих движений.

Рабочими движениями башенных кранов являются подъем и опускание груза, изменение вылета стрелы (крюка) с грузом, поворот стрелы в плане на  $360^\circ$ , передвижение самоходного крана. Отдельные движения могут быть совмещены, например подъем груза с поворотом стрелы в плане. Все башенные краны снабжены многодвигательным электроприводом с питанием от сети переменного тока напряжением 220/380 В. В общем случае каждый башенный кран — это поворотный кран с подъемной (рис. 3.16, а) или балочной (рис. 3.16, б) стрелой, шарнирно закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни.

**Классификация.** Башенные краны классифицируют по назначению, конструкции башен, типу стрел, способу установки и типу ходового устройства.

По назначению различают краны для строительного-монтажных работ в жилищном, гражданском и промышленном строительстве, для обслуживания складов и полигонов заводов железобетонных изделий и конструкций, для подачи бетона на гидротехническом строительстве.

По конструкции и башен различают краны с поворотной и неповоротной башнями. Башни кранов могут быть постоянной длины и раздвижными (телескопическими).

У кранов с поворотной башней (рис. 3.16, а) опорно-поворотное устройство 1, на которое опирается поворотная часть крана, расположено внизу на ходовой раме крана или на портале. Поворотная

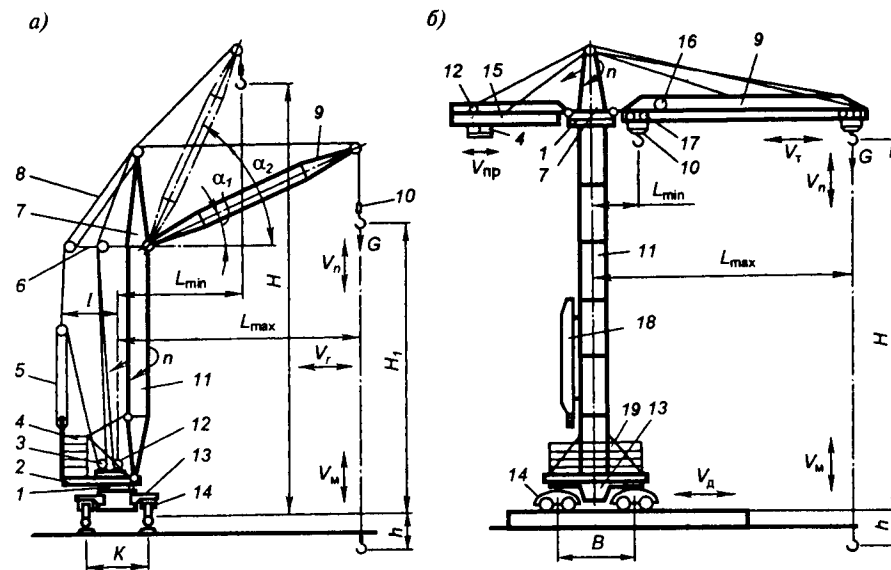


Рис. 3.16. Типы и параметры башенных кранов:  
а — с поворотной башней; б — с поворотным оголовком

часть кранов включает (за исключением кранов 8-й размерной группы) поворотную платформу 2, на которой размещены грузовая 12 и стреловая 3 лебедки, механизм поворота, противовес 4, башня 11 с оголовком 7, распоркой 6 и стрелой 9. У кранов с неповоротной башней (рис. 3.16, б) опорно-поворотное устройство 1 расположено в верхней части башни. Поворотная часть таких кранов включает поворотный оголовок 7, механизм поворота, стрелу 9 и противовесную консоль 15, на которой размещены лебедки и противовес 4, служащий для уменьшения изгибающего момента, действующего на башню крана. На ходовой раме 13, кранов с неповоротной башней уложены плиты балласта 19, а с боковой стороны башни расположены монтажная стойка 18 с лебедкой и полиспастом, предназначенная для поднятия и опускания верхней части крана при его монтаже и демонтаже. Ходовые рамы опираются на ходовые тележки 14, которые обеспечивают передвижение кранов по подкрановым путям.

По типу стрел различают краны с подъемной (маневровой), балочной и шарнирно сочлененной стрелами. У кранов с подъемной стрелой (см. рис. 3.16, а), к головным блокам которой подвешена крюковая подвеска 10 (грузозахватный орган крана), вылет изменяется поворотом стрелы в вертикальной плоскости относительно опорного шарнира с помощью стреловой лебедки 3, стрело-

вого полиспафта 5 и стрелового расчала 8. У кранов с балочной стрелой (см. рис. 3.16, б) вылет изменяется при перемещении по нижним ездовым поясам стрелы грузовой тележки 17 с подвешенной крюковой подвеской. Перемещение грузовой тележки осуществляется с помощью тележечной лебедки 16 и каната. У кранов с шарнирно сочлененной стрелой стрела состоит из шарнирно соединенных основной и головной (гуська) частей, которые могут быть в виде подъемной или балочной стрелы. В первом случае вылет изменяется поворотом (подъемом) всей шарнирно сочлененной стрелы с крюковой подвеской, подвешенной на головных блоках, во втором — сочетанием подъема всей стрелы с последующим перемещением грузовой тележки по балкам головной секции стрелы. Подъем и опускание груза осуществляются с помощью грузовой лебедки 12, грузового каната и крюковой подвески.

По способу установки краны разделяют на передвижные (рис. 3.17, в), стационарные (рис. 3.17, а) и самоподъемные (рис. 3.17, б). Передвижные башенные краны по типу ходового устройства подразделяют на рельсовые, автомобильные, на специальном шасси автомобильного типа, пневмоколесные и гусеничные. Рельсовые краны наиболее распространены. Стационарные краны не имеют ходового устройства и устанавливаются вблизи строящегося здания или сооружения на фундаменте. При возведении зданий большой высоты передвижные и стационарные краны для повышения их прочности и устойчивости прикрепляют к возводимому зданию. Прикрепляемые к зданию стационарные краны называют приставными; прикрепляемые к зданию передвижные краны, работающие как приставные, называют универсальными. Самоподъемные краны применяют, в основном, на строительстве зданий и сооружений большой высоты, имеющих металлический или мощный железобетонный монолитный каркас, который служит их опорой. Перемещение самоподъемных кранов вверх осуществляется с помощью собственных механизмов по мере возведения здания.

Основные параметры базовых моделей передвижных на рельсовом ходу и приставных кранов регламентируются ГОСТ 13556—85. К основным параметрам относятся (см. рис. 3.16):

вылет  $L$  — расстояние по горизонтали от оси вращения поворотной части крана до вертикальной оси крюковой подвески;

грузоподъемность  $Q$  — наибольшая допустимая для соответствующего вылета масса груза, на подъем которого рассчитан кран;

грузовой момент  $M$  — произведение грузоподъемности  $Q$  на соответствующий вылет  $L$  (часто используется в качестве главного обобщающего параметра крана);

высота подъема  $H$  и глубина опускания  $h$  — соответственно расстояние по вертикали от уровня стоянки крана (головки рельса для рельсовых кранов, нижней опоры самоподъемного крана, пути пе-

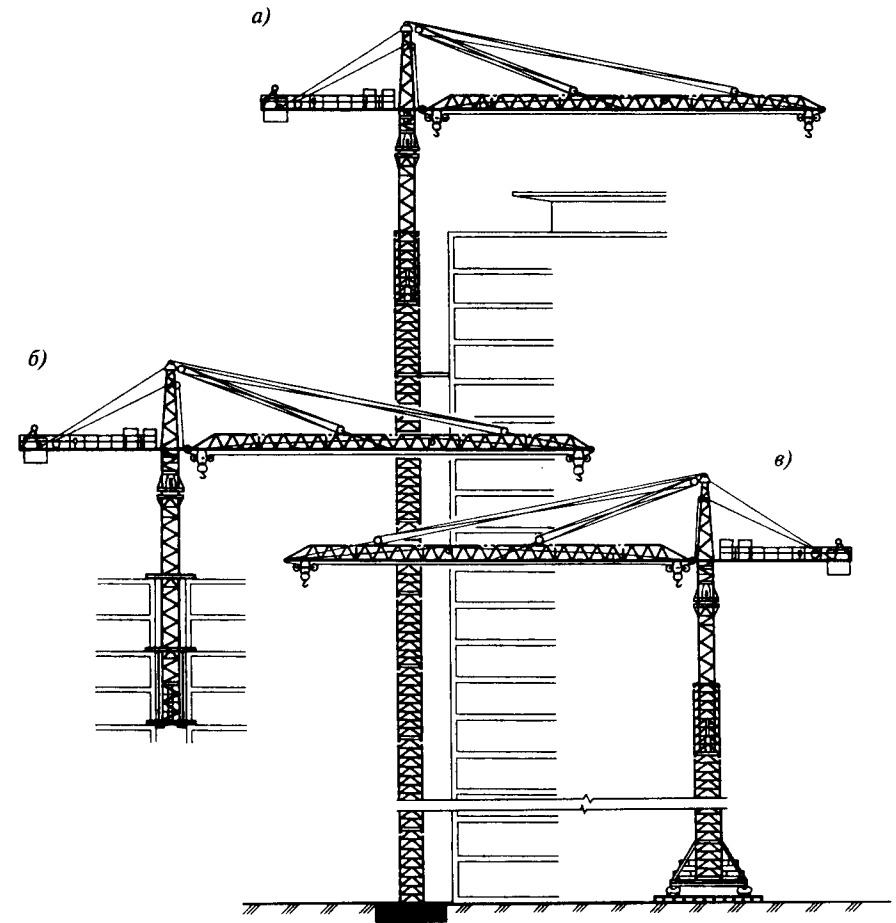


Рис. 3.17. Способы установки башенных кранов

ремещения пневмоколесных и гусеничных кранов) до центра зева крюка, находящегося в верхнем или нижнем крайнем рабочем положении;

диапазон подъема  $D$  — сумма высоты подъема  $H$  и глубины опускания  $h$ ;

коля  $K$  — расстояние между продольными осями, проходящими через середину опорных поверхностей ходового устройства крана, измеряемое по осям рельсов у рельсовых кранов и по продольным осям пневмоколес или гусениц у автомобильных, пневмоколесных и гусеничных кранов;

база  $B$  — расстояние между вертикальными осями передних и задних колес (у пневмоколесных и автомобильных кранов), ведущими-

ми и ведомыми звездочками гусениц (у гусеничных кранов) или ходовых тележек, установленных на одном рельсе (у рельсовых кранов);

$l$  — задний габарит — наибольший радиус поворотной части (поворотной платформы или противовесной консоли) со стороны противоположной стреле;

скорость  $v_n$  подъема и опускания груза, равного максимальной грузоподъемности крана (при установке на кране многоскоростных лебедок указываются все скорости и массы грузов, соответствующие каждой скорости подъема и опускания);

скорость посадки груза  $v_m$  — наименьшая скорость плавной посадки груза при его наводке и монтаже;

частота вращения  $n$  поворотной части крана при максимальном вылете с грузом на крюке;

скорость передвижения крана  $v_d$  — рабочая скорость передвижения с грузом по горизонтальному пути;

скорость передвижения грузовой тележки  $v_t$  с наибольшим рабочим грузом по балочной стреле;

скорость изменения вылета  $v_r$  стрелы (у кранов с подъемной стрелой) от наибольшего до наименьшего;

установленная мощность  $P_y$  (суммарная мощность одновременно включаемых механизмов крана);

наименьший радиус закругления  $R$  оси внутреннего рельса на криволинейном участке подкранового пути;

радиус поворота  $R_n$  — наименьший радиус окружности, описываемой внешним передним колесом автомобильных или пневмоколесных кранов при изменении направления движения;

конструктивная масса  $m_k$  — масса крана без балласта, противовеса и съемных устройств в незаправленном состоянии;

общая (полная) масса крана  $m_o$  в рабочем состоянии;

нагрузка на колесо  $F_k$  — наибольшая вертикальная нагрузка на ходовое колесо при работе крана в наиболее неблагоприятном его положении;

допустимая скорость ветра  $v_b$ , на высоте 10 м от земли для рабочего и нерабочего состояний, при которой кран сохраняет прочность и устойчивость в процессе эксплуатации.

**Система индексации** строительных башенных кранов представлена на рис. 3.18.

В индекс крана входят буквенные и цифровые обозначения. Буквы перед цифрами обозначают: КБ — кран башенный, КБМ — кран башенный модульной системы, КБР — кран башенный для ремонта зданий, КБГ — кран башенный для гидротехнического строительства. Цифры индекса последовательно обозначают: первая цифра — номер размерной группы, в том числе соответствующий номинальному грузовому моменту (1-я — до 30 т·м, 2-я — 75,



Рис. 3.18. Система индексации башенных кранов

3-я — 125, 4-я — 175, 5-я — 300, 6-я — 550, 7-я — 800, 8-я — 1200, 9-я — более 1200 т·м), последующие две цифры — порядковый номер базовой модели (01...69 для кранов с поворотной и 71...99 — с неповоротной башнями). После точки указывается порядковый номер исполнения крана (0—9), который может отличаться от базовой модели длиной стрелы, высотой подъема, грузоподъемностью. В обозначении базовых моделей номер исполнения «0» обычно не ставится. Буквы (А, Б, В, ...), стоящие в индексе после цифр, обозначают очередную модернизацию (изменение конструкции без изменения основных параметров) и климатическое исполнение крана (ХЛ — для холодного, Т — тропического и ТВ — тропического влажного климата; для умеренного климата соответствующего буквенного обозначения нет).

Например, индекс крана КБ-405.1А расшифровывается так: кран башенный, четвертой размерной группы, с поворотной башней, первое исполнение, первая модернизация, для умеренного климата.

Краны, выпущенные заводами Минстройдормаша до внедрения действующей индексации, а также краны, выпускаемые другими заводами, не имеют единой системы индексации. Например, индекс крана МСК-10-20 расшифровывается так: мобильный складывающийся кран грузоподъемностью 10 т и вылетом 20 м.

Параметры основных моделей башенных кранов регламентированы ГОСТ 13556—89. Этим ГОСТом предусмотрена возможность наряду с изготовлением базовых моделей кранов серии КБ выпуск различных их исполнений, позволяющих существенно расширить область применения кранов. Исполнения кранов отличаются от базовой модели технической характеристикой (высотой подъема, дли-

ной стрелы, максимальной грузоподъемностью, возможностью использования в различных ветровых районах и т. п.) и могут быть получены на основе базовой модели изменением количества секций башни, секций стрелы, оснащением различными крюковыми подвесками, грузовыми тележками и т. п. Краны серии КБ имеют единую конструктивную схему, комплектуются ограниченным числом унифицированных узлов и деталей, что облегчает их серийное производство, техническую эксплуатацию и ремонт. Краны серии КБ являются наиболее массовыми в нашей стране. Объем их производства превышает 80 % всего выпуска башенных кранов. Характерными конструктивными достоинствами кранов типового ряда являются:

- использование электрического много моторного привода переменного тока с питанием от электросети напряжением 220/380 В;
- максимальное использование унифицированных узлов и механизмов;
- применение устройств для плавной посадки грузов с малой скоростью, плавного пуска и торможения механизмов;
- схема запасовки канатов, обеспечивающая горизонтальное перемещение груза при изменении вылета подъемной стрелы;
- дистанционное управление из кабины изменением кратности полиспаста;
- возможность передвижения крана по криволинейным участкам подкрановых путей;
- высокая мобильность.

Все краны серии КБ (кроме приставных) выполнены передвижными преимущественно на рельсовом ходу. Передвижные краны выпускают с поворотной и неповоротной башней, нижним и верхним расположением противовеса с подъемной и балочной стрелой. К унифицированным узлам и механизмам кранов относятся грузовые и стреловые лебедки, механизмы поворота и передвижения, опорно-поворотные устройства кабины, крюковые подвески и электрооборудование. Металлоконструкции башен и стрел кранов серии КБ выполняют сплошными трубчатыми или решетчатыми.

В настоящее время промышленность серийно выпускает башенные строительные краны серии КБ 3...6-й размерных групп с грузовой моментом от 100 до 400 т·м.

Краны 3-й размерной группы максимальной грузоподъемностью 8 т снабжены подъемной и балочной с грузовой тележкой стрелами и применяются при возведении жилых, административных и промышленных зданий высотой до 9 этажей.

Краны 4-й размерной группы максимальной грузоподъемностью 8...10 т оборудованы подъемными стрелами (прямыми и с гуськом), балочными стрелами с грузовой тележкой и предназна-

чены для выполнения строительно-монтажных работ на строительстве жилых, гражданских и промышленных зданий высотой до 12...16 этажей.

Краны 5-й размерной группы грузоподъемностью 10 т предназначены для механизации строительства крупнопанельных жилых зданий, а также уникальных зданий культурно-бытового назначения высотой до 75 м. Они оборудуются балочной стрелой, устанавливаемой горизонтально и под углом 30°.

Краны 6-й размерной группы оборудуются балочной стрелой с грузовой тележкой и предназначены для возведения жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений высотой от 12 до 40 м из объемных и тяжелых элементов массой от 2,5 до 25 т.

Рассмотрим назначение и устройство основных узлов и механизмов башенных кранов.

*Стрела* — основной рабочий орган крана. В зависимости от конструкции может быть выполнена подъемной — маневровой (рис. 3.19, а), у которой вылет изменяется путем перемещения самой стрелы с подвешенным к ее концу грузом на допускаемый угол, либо балочной горизонтальной (рис. 3.19, б), по которой перемещается грузовая тележка, несущая грузовой полиспаст с крюковой подвеской.

Балочные стрелы являются в основном жестко закрепленными и удерживаются в рабочем состоянии одной или несколькими подвесками, состоящими из канатов большого диаметра или металлических тяг, соединенными с верхним поясом стрелы в одной или нескольких точках. Однако имеются также конструктивные решения балочной стрелы, которая при необходимости может устанавли-

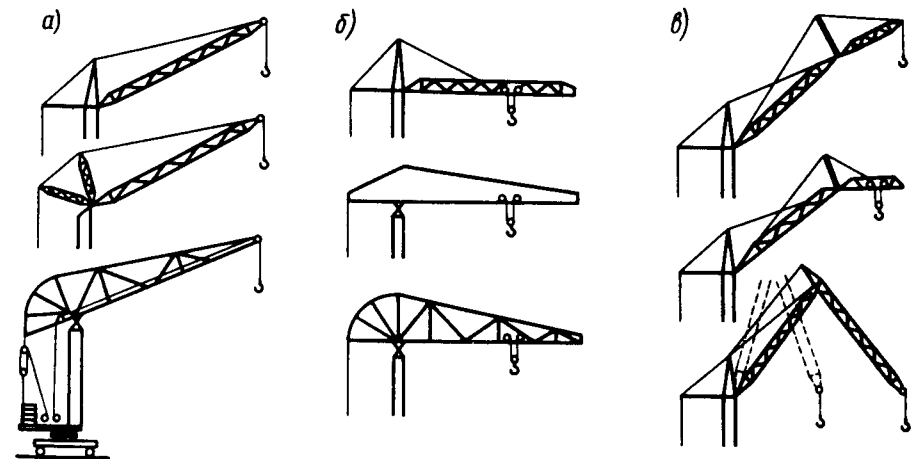


Рис. 3.19. Стрелы башенных кранов

ваться под углом до  $30^\circ$  к горизонту. При этом в одних случаях грузовая тележка закрепляется на конце стрелы, а в других имеет возможность перемещаться с грузом вдоль наклонной стрелы. Поперечные сечения подъемных и балочных стрел могут быть треугольными, прямоугольными и квадратными. Балочные стрелы различаются между собой также местом установки грузовой тележки, которая может перемещаться по двутавровой балке, закрепленной вдоль оси нижнего пояса стрелы, либо по направляющим, расположенным по сторонам нижней грани стрелы, или по двум верхним поясам стрелы прямоугольного сечения.

Краны с подъемной стрелой при одних и тех же параметрах (вылете, высоте подъема, грузоподъемности) на 15...20 % легче кранов, оборудованных балочной стрелой, а также имеют более высокую грузоподъемность, возможность увеличения высоты подъема груза при уменьшении его вылета, хорошую маневренность в стесненных условиях строительной площадки, более технологичны в изготовлении, удобнее в монтаже и перевозке.

В отличие от кранов с балочными стрелами подъемные стрелы имеют и недостатки: отсутствие строго горизонтального перемещения груза при изменении вылета крюка (с применением при этом специальной запасовки канатов и дополнительных устройств); незначительная и неравномерная горизонтальная скорость перемещения груза при изменении вылета; незначительная зона обслуживания с одной стоянки, так как груз не может подводиться близко к башне крана (а грузовая тележка может перемещаться по всей длине балочной стрелы).

Подъемные и балочные стрелы применяют в кранах 3-й и 4-й размерных групп с поворотной башней. Краны 5-й и 6-й размерных групп оборудуются только балочными стрелами. У кранов 5-й размерной группы балочная стрела может устанавливаться горизонтально и под углом  $30^\circ$  к горизонту, а у кранов 6-й размерной группы — только горизонтально.

Для увеличения высоты подъема груза применяют различные виды комбинированных стрел (рис. 3.19, в) ломаной формы. На подъемных стрелах устанавливают дополнительные стрелы различной длины, так называемые «гуськи». В балочных стрелах головная секция по отношению к корневой может быть установлена во время работы горизонтально или наклонно под углом до  $45^\circ$ , а грузовая тележка может перемещаться по ним с грузом. Применение шарнирно сочлененных стрел позволяет крану работать в больших диапазонах по вылету и высоте подъема крюка.

Башни кранов в зависимости от места расположения опорно-поворотного устройства подразделяют на поворотные и неповоротные. Оба типа башен могут быть выполнены сплошностенчатыми, изготовленными из металлического листа или из труб, и решетчаты-

ми из уголков, труб малого диаметра, гнутых профилей и комбинированными из разных профилей металла. Различают башни с постоянным и переменным сечением по высоте, при этом последние могут быть с жестким и подвижным (телескопическим) соединением. Наиболее распространены решетчатые из труб башни с квадратным сечением.

По виду крепления различают башни с жестким креплением к опорной части и с шарнирным (когда удержание башни в вертикальном положении осуществляется подкосами).

Краны как с поворотной, так и с неповоротной башней выпускают с постоянной и изменяемой высотой башни. Так как это тесно связано со способом монтажа крана, то следует отметить, что краны с постоянной высотой башни (независимо от того, разбирается или не разбирается башня крана при его перевозке с объекта на объект) монтируют сразу на полную высоту собственными лебедками или с помощью монтажной мачты и лебедок со стягивающими полиспастами (рис. 3.20, а). Краны с изменяемой высотой башни подразделяют, в свою очередь, на краны со складывающейся башней методом «на себя» в сторону (рис. 3.20, б), и телескопической, выдвигаемой одна из другой (рис. 3.20, в). Однако у большинства современных кранов увеличение высоты башни осуществляется методом подращивания снизу (рис. 3.20, г) или наращиванием ее сверху (рис. 3.20, д). Увеличение высоты башни в этих случаях осуществляется в основном на одну секцию, длина которой в разных кранах составляет от 2,5 до 7,5 м.

При подращивании снизу добавляемая объемная секция соединяется с нижним концом башни, а затем вся башня со стрелой и противовесной консолью и распоркой выдвигается из опорной части и закрепляется в ней. Выдвижение башни в кранах как с поворотной, так и с неповоротной башней осуществляется с помощью систем канатных полиспастов, гидравлических и реечных механизмов.

Наращивание башни методом сверху ведется в основном в кранах со значительной высотой подъема крюка (80...150 м) и с непово-

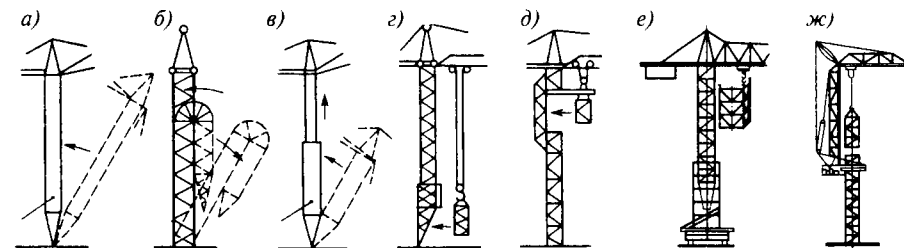


Рис. 3.20. Башни башенных кранов

ротной башней. При этом методе выдвигается только верхняя часть крана с оголовком, стрелой и противовесной консолью, а вся ранее выставленная башня остается неподвижной. В образовавшийся проем вводятся отдельные, сдвоенные и строенные (рис. 3.20, *е*) плоские панели башни с последующим соединением их между собой или объемные секции. Затем монтируемую секцию соединяют с башней и с верхней частью крана, опуская ее вниз. В некоторых кранах монтаж ведут путем установки дополнительных секций на верхнюю часть башни крана с помощью собственной стрелы (рис. 3.20, *ж*). Возможность периодического посекционного увеличения высоты башни крана создает определенные удобства, так как высота крана может увеличиваться по мере возведения зданий или сооружений, а кабина машиниста будет всегда расположена в незначительном удалении от места монтажа.

В верхней части башен кранов расположены пирамидальные оголовки различных видов, служащие опорой для расчалов стрелы и противовесной консоли, а также для отклоняющих блоков канатов грузовых и стреловых полиспастов.

*Опорная часть* башенных кранов имеет различные конструктивные решения, реализуемые в зависимости от типа башни (поворотная или неповоротная), от вида ходового устройства (на рельсовом или другом ходу) и от возможности перемещения крана относительно строящегося здания (стационарные и самоподъемные). Опорная часть строительных башенных кранов на рельсовом ходу воспринимает все действующие на кран нагрузки и передает их через ходовые колеса на подкрановые пути. По количеству точек опирания на рельс опорные части делятся на трех- и четырехопорные. По конструкции их выполняют в виде различной формы плоских рам, а также в виде портала шатровой или прямоугольной формы. По возможности изменения конструкции в плане опорные части подразделяют на неизменяемые, а также с выдвигаемыми или поворотными кронштейнами.

Опорные части стационарных кранов, представляющие собой рамную конструкцию, крепятся к анкерным болтам монолитного или сборного железобетонного фундамента и пригружаются балластом. Самоподъемные краны в рабочем положении также опираются на плоскую раму, установленную на межэтажном перекрытии, и дополнительно крепятся в одном или двух ярусах между этажами строящегося здания.

*Опорно-поворотные устройства (ОПУ)* башенных кранов предназначены для соединения и обеспечения вращения поворотной части крана относительно неповоротной. В кранах с большим грузовым моментом используются однорядные и двухрядные роликовые и шариковые круги, а также комбинированные шарико-роликовые круги.

Поворотная платформа, расположенная в нижней части башенного крана, через опорно-поворотное устройство соединяется с рамой ходовой части крана. На поворотной платформе устанавливаются башня и стойка, к которым крепятся удерживающие башню подкосы, механизмы крана, электроаппаратура и противовес.

*Противовес* обычно состоит из маркированных по массе железобетонных плит, которые укладывают на поворотную платформу и закрепляют на ней. Поворотная платформа, расположенная в верхней части современных кранов с неповоротной башней, представляет собой плоскую раму, соединенную через опорно-поворотное устройство с башней. На платформе установлен оголовок, удерживающий на тросах стрелу и противовесную консоль, которые шарнирно закреплены по двум противоположным сторонам поворотной платформы.

*Противовесные консоли и распорки*, предназначенные для снижения изгибающих нагрузок на башню, выполняют в виде плоской рамы или фермы в кранах с балочной стрелой и неповоротной башней. Пространственные противовесные консоли по конструкции аналогичны стрелам. Консоли одной стороной крепятся на шарнирах к нижней части поворотного оголовка с противоположной от стрелы стороны, а верхняя их часть с помощью тросов подвешена к оголовку. На конце консоли расположены грузовая и, если необходимо по конструкции, стреловая лебедка, а также бетонные блоки противовеса, которые могут устанавливаться на консоль сверху, крепиться на торце или подвешиваться снизу. Для уравнивания крана при изменении длины стрелы (за счет стандартных секций) изменяется и длина консоли. Противовес может выполняться подвижным, по типу грузовой тележки на стреле. В этом случае на консоли устанавливается и механизм передвижения противовеса.

Для горизонтального перемещения груза в кранах с балочными стрелами применяют *грузовые тележки*, представляющие собой сварную раму 1, в нижней части которой расположены два блока 2 для грузового каната, а в верхней — опорные катки 3. Передвижение тележки по стреле осуществляется лебедкой, с барабана которой сходят два конца каната, закрепленные на передней и задней сторонах тележки. В тележках с жесткими катками (рис. 3.21, *а*) блоки расположены на разных осях в одной плоскости и грузовой канат 4 последовательно огибает их по внутренней стороне. В тележках с балансирными катками (рис. 3.21, *б*) блоки смещены один относительно другого в поперечном направлении, а грузовой канат 4 огибает блоки с внешней стороны.

Для строповки груза служит грузозахватный орган, представляющий собой *крюковые подвески* различных конструкций. Они состоят из двух щек 2, между которыми закреплены одна или несколько осей с установленными на них одним или несколькими блоками 3 и траверса 4 с

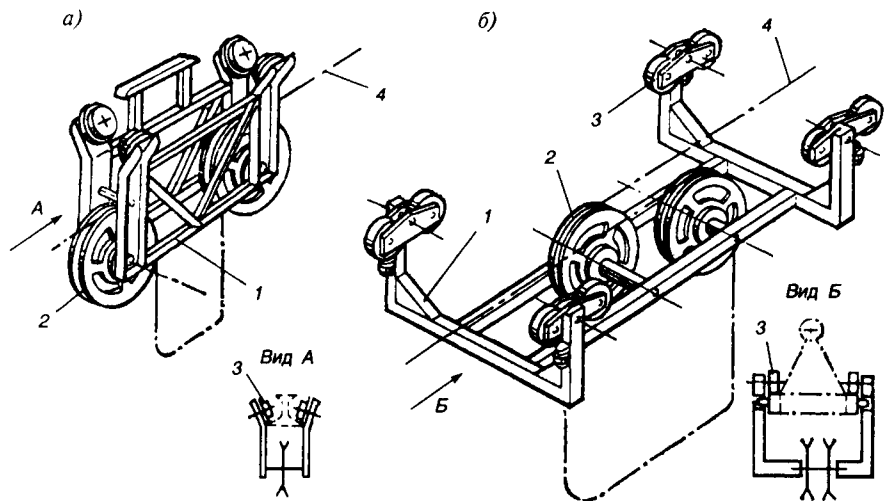


Рис. 3.21. Грузовые тележки башенных кранов:  
 а — с жесткими катками; б — с балансируемыми катками

закрепленным на ней крюком 1 (рис. 3.22, а) с предохранительным замком 5. Грузовой крюк за счет его установки в траверсе на упорном шарикоподшипнике имеет возможность достаточно легко поворачиваться, предохраняя грузовой канат от закручивания при поворотах груза. Конструкция крюковой подвески выполнена таким образом, что сход каната из ручьев блоков невозможен. Грузовые полиспасты башенных кранов могут иметь постоянную (рис. 3.22, б) и переменную кратность  $u_n$ . Неизменяемые двукратные полиспасты используют в основном в мобильных кранах.

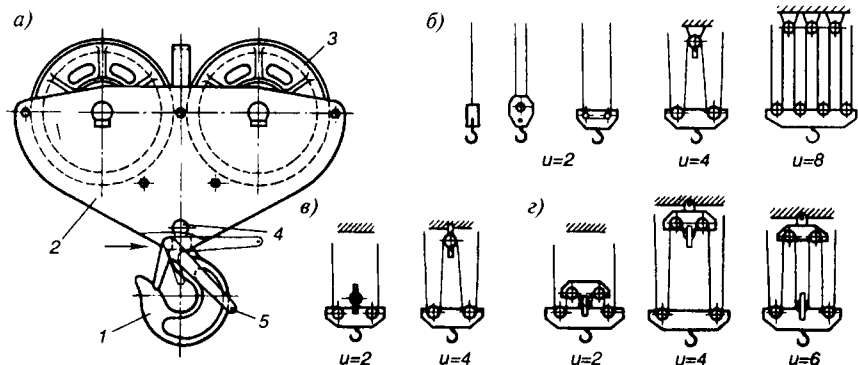


Рис. 3.22. Грузовые полиспасты башенных кранов

В кранах с повышенной высотой подъема груза применяют крюковые подвески с разнесенными на две оси блоками (а следовательно, и разнесенными ветвями грузового полиспаста), что позволяет предохранить канат от закручивания. В тяжелых кранах используются грузовые полиспасты кратностью от 4 до 8. Для предотвращения подвески от закручивания в этих кранах применяют специальные приспособления. В последнее время на кранах устанавливают многоблочные крюковые подвески с изменяемой кратностью полиспаста (от 2 до 6), осуществляемой ручным, полуавтоматическим или автоматическим способом. Для  $u_n = 2...4$  — (рис. 3.22, в), а для  $u_n = 2...4...6$  — (рис. 3.22, г). Это дает возможность повысить грузоподъемность кранов без увеличения мощности привода грузовой лебедки. Помимо традиционного типа крюковых подвесок известны жесткие подвески и подвески с управляемым из кабины крюком с помощью установленного на нем механизма поворота.

Схемы запасовок грузовых канатов показаны на рис. 3.23. Для подъема легких грузов подъемными стрелами применяют самую простую запасовку грузового каната, когда крюк подвешивается на одной нитке каната 2, проходящего через блоки гуська, стрелы, распорки и наматываемого на барабан 1 грузовой лебедки (рис. 3.23, а). Однако с изменением вылета при такой запасовке груз поднимается (опускается) вместе со стрелой. В современных кранах

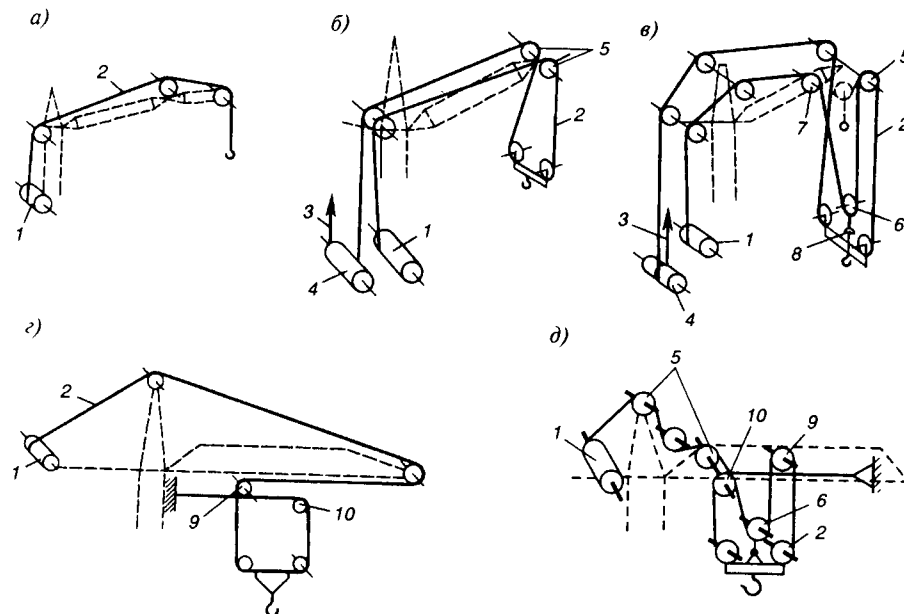


Рис. 3.23. Схемы запасовок грузовых канатов

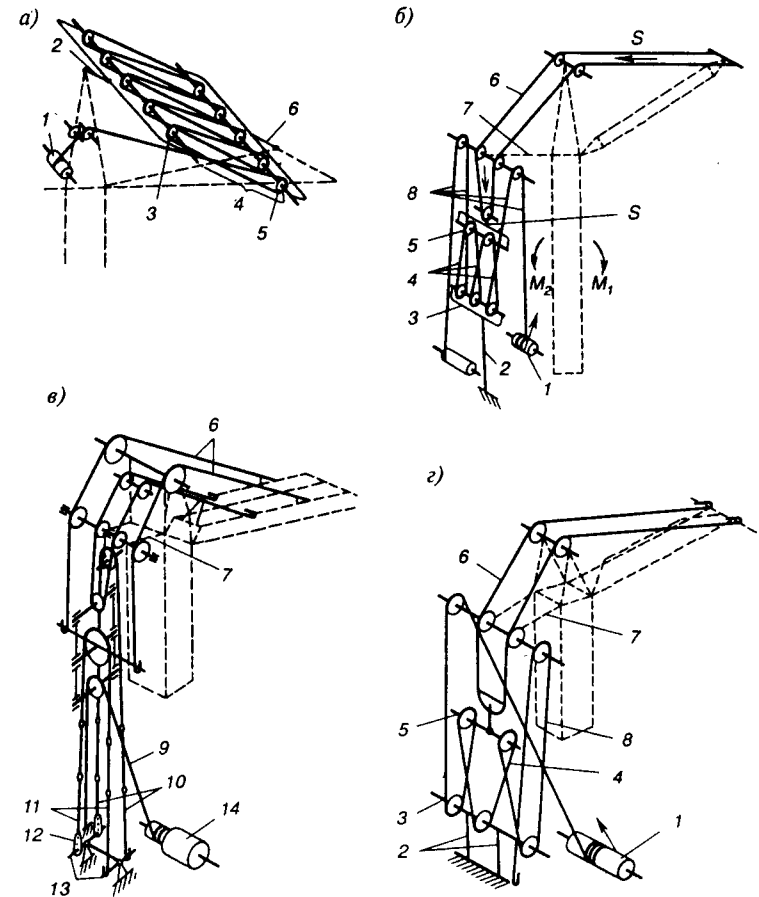


с подъемной стрелой этот недостаток устранен и груз за счет применения системы соединенных полиспастов перемещается горизонтально при изменении угла наклона стрелы. При такой системе одна ветвь грузового каната 2, проходя через отводные блоки 5, крепится на барабане грузовой лебедки 1, а другая — на барабане стреловой лебедки 4 (рис. 3.23, б, в). При подъеме стрелы стреловой канат 3 наматывается на барабан 4, а грузовой канат одновременно сматывается с него, обеспечивая постоянное положение груза по высоте. В кранах с переменной кратностью грузового полиспаста применяют более сложные схемы запасовок (рис. 3.23, в). Грузовой канат, сходя с блоков 5, охватывает блочную обойму 6 и через дополнительный блок 7 направляется к грузовой лебедке 1. Если для подъема тяжелых грузов необходима четырехкратная запасовка канатов, то обойма 6 крепится с помощью серьги 8 к крюковой подвеске. Для работы с легкими грузами крюковую подвеску опускают на землю, снимают серьгу, и освобожденная обойма поднимается вверх, где за счет массы крюковой подвески прижимается к головке стрелы (пунктир). При этом обойма 6 не участвует в работе полученного таким образом двукратного полиспаста, с помощью которого груз поднимается уже с удвоенной скоростью.

В кранах с балочными стрелами схемы запасовок грузового каната (рис. 3.23, г, д) значительно проще. Один конец каната 2 сходит с барабана 1, огибает блоки на оголовке и конце стрелы, проходит через блоки 9, 10 тележки и крюковой подвески, а другой конец крепится к башне или корню стрелы. В этом случае при движении тележки по горизонтальной стреле грузовой канат перекачивается своим блокам и груз перемещается строго по горизонтали.

Используемая на балочных стрелах система изменения кратности полиспаста в общем случае аналогична ранее рассмотренной для маневровой стрелы.

*Стреловые канаты* служат для изменения вылета и удержания стрелы в требуемом положении, а также для разгрузки башни (в кранах с поворотной платформой) от изгибающего момента, действующего во время работы крана. Они имеют сложные схемы запасовок. Стреловые полиспасты на кранах с поворотными оголовками (рис. 3.24, а) устанавливаются наклонно над стрелой. Неподвижная обойма 3 стрелового полиспаста крепится к оголовку крана, а подвижная соединена со стрелой. Подъем стрелы осуществляется за счет стягивания полиспаста при навивке каната на барабан стреловой лебедки 1. В кранах с поворотной башней и нижним расположением поворотной платформы стреловые полиспасты располагаются параллельно башне с противоположной от стрелы стороны. В таких кранах с балочной стрелой, имеющей установочное изменение вылета (рис. 3.24, в), стрела перемещается с помощью монтажного каната 9, соединенного с барабаном малого диаметра грузовой лебедки 14.



Р и с. 3.24. Схемы запасовок стреловых канатов

ки 14. Закрепление стрелы осуществляется с помощью канатных тяг расчала 11 и переустановки регулировочных серег 12 относительно двуплечих рычагов 13, установленных на поворотной платформе крана. Распорка 7 удерживается в проектном положении не только оттяжкой, соединенной с верхом оголовка, но и канатными тягами 10, также соединенными с двуплечими рычагами. В кранах с маневровой стрелой применяют различные схемы запасовок стреловых канатов.

На рис. 3.24 б, г показаны схемы запасовок, в которых стреловой расчал 6 связан с подвижной обоймой 5 стрелового полиспаста 4. Для увеличения суммарной вертикальной нагрузки, действующей снизу на распорку, стреловой канат пропускается через неподвиж-

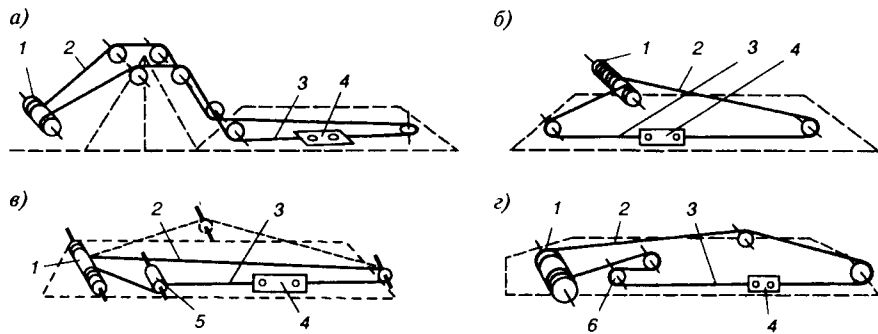


Рис. 3.25. Схемы запасовок тележечных канатов

ные блоки на распорке 7 и образует дополнительный разгрузочный полиспаст 8. В кранах с изменяемой высотой башни длина канатов стреловых полиспастов рассчитана с учетом максимальной возможной высоты подъема крюка при его наибольшем вылете.

Перемещение *грузовой тележки* по стреле (рис. 3.25) осуществляется тележечной лебедкой, с барабана 1 которой сходят канаты 2 и 3, запасованные на барабане в разные стороны. Вторые концы канатов закреплены с двух сторон по ходу грузовой тележки 4. При включении лебедки один канат наматывается на барабан, а другой — сматывается с него, передвигая грузую тележку. Лебедка может устанавливаться на противовесной консоли (рис. 3.25, а), у корня стрелы (рис. 3.25, в) на ее нижней ферме или на верхнем поясе в середине стрелы (рис. 3.25, г, б). Для улучшения намотки каната на барабан и предупреждения провисания каната в конструкции введены отклоняющие валик 5 или блоки б. Таким же образом осуществляется и перемещение контргруза, привод которого располагается на противовесной консоли.

Для выдвигания телескопических башен, при наращивании и подращивании башен в кранах применяют разнообразные схемы запасовок полиспастов выдвигания, а также схемы винтовых механизмов с электрогидравлическим управлением.

Рабочие движения башенных кранов выполняются с помощью грузовых и стреловых лебедок, механизмов изменения вылета, поворота и передвижения.

*Грузовые лебедки* башенных кранов в большинстве случаев выполнены с электрическим приводом, реже с гидравлическим. По числу рабочих скоростей лебедки делят на одно- и многоскоростные. Регулирование их скорости может быть ступенчатое, бесступенчатое и комбинированное. Изменение скорости осуществляется за счет применения нескольких двигателей, изменения передаточного числа редуктора и частоты вращения вала двигателя. Использо-

вание нескольких двигателей переменного тока с различной частотой вращения валов дает возможность получить несколько скоростей подъема груза. Изменение частоты вращения при постоянном токе осуществляется с помощью тиристорного управления или системы «генератор—двигатель», а при переменном токе за счет многоскоростного двигателя, электрорегулирования или изменения расхода масла (в гидродвигателе). Большинство башенных кранов работает на переменном токе и имеет односкоростные лебедки. Использование двигателей постоянного тока усложняет и удорожает систему управления и регулирования, но дает возможность бесступенчатого регулирования скорости в широких пределах (например, от 0 до 4 м/с). На схемах показаны простые односкоростные (рис. 3.26, а) и многоскоростные лебедки с коробкой передач (рис. 3.26, б). Многоскоростные лебедки, работающие на переменном токе, имеют две основные и одну посадочную скорости.

Посадочные скорости имеют большое значение на монтажных работах, так как позволяют осуществлять плавную посадку груза и плавность отрыва его от земли. Скорости от  $2,5 \cdot 10^{-2}$  м/с достигаются применением в грузовых лебедках тормозных генераторов.

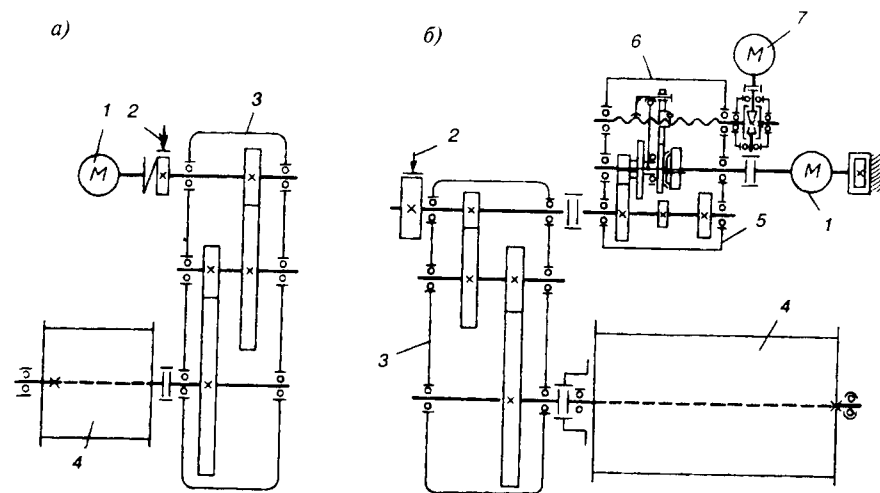


Рис. 3.26. Кинематические схемы грузовых лебедок:

1 — электродвигатель; 2 — тормоз; 3 — редуктор; 4 — барабан; 5 — коробка передач; 6 — механизм переключения скоростей; 7 — привод механизма переключения

Стреловые лебедки современных башенных кранов с подъемной стрелой выполнены аналогично односкоростным грузовым лебедкам. Различие только в конструкции барабана. В кранах с запаской по схеме соединенных полиспаатов барабан разделен перегородкой на две секции разных диаметров: для наматывания стрелового каната — цилиндрическая и для наматывания грузового каната — цилиндрическая или коническая.

Тележечные лебедки, предназначенные для перемещения грузовой тележки по балочной стреле или контргруза по противовесной консоли, изготавливают по схеме, подобно обычной стреловой лебедке с применением цилиндрического или червячного редуктора.

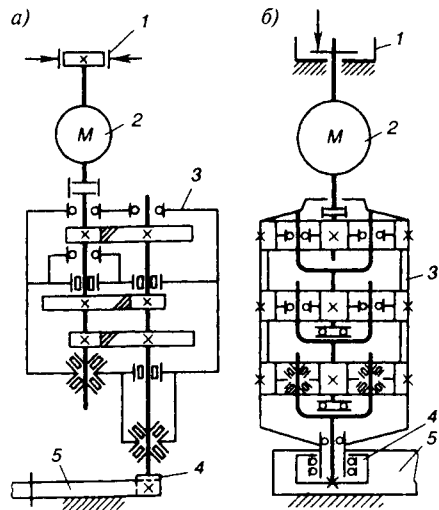


Рис. 3.27. Кинематические схемы механизмов поворота:

а — с цилиндрическим редуктором;  
б — с планетарным редуктором

В механизмах поворота башенных кранов используют в основном двигатели с вертикальным расположением вала и цилиндрическими (рис. 3.27, а), червячными или планетарными (рис. 3.27, б) редукторами, на выходных валах которых установлены шестерни, находящиеся в зацеплении с зубчатым венцом опорно-поворотного устройства. Торможение механизма поворота осуществляется с помощью одноступенчатого (автоматически при отключении электродвигателя), двухступенчатого (поочередное прижатие колодок к шкиву) или управляемого (педального) тормозов.

Механизмы передвижения башенных кранов имеют различные исполнения в зависимости от конструкции ходового оборудования.

Опираение кранов на рельсы осуществляется через ходовые колеса, число которых может быть от 4 до 32 в кранах с различными параметрами. Для того чтобы нагрузка воспринималась всеми колесами в современных, особенно тяжелых, кранах ходовые колеса объединяют в балансирные тележки (по два, три, четыре колеса). Приводные колеса могут располагаться на одном и на разных рельсах. При наличии в кране балансирных тележек две из них являются приводными (ведущими) и две — ведомыми. Для более плавного движения крана приводные тележки устанавливают на разных рельсах (одна напротив другой или по диагонали). При ра-

боте крана на путях с закруглениями обе ведущие тележки располагают на внешнем рельсе, обеспечивая тем самым плавность движения крана. Привод в тележках с разным числом колес может осуществляться как на одно, так и на два колеса. При этом в кранах серии КБ привод состоит из червячного редуктора со встроенным двигателем и открытой цилиндрической передачи (рис. 3.28) или дополнительным цилиндрическим редуктором в тяжелых кранах.

Кабины, из которых ведется управление башенными кранами, делят на встроенные (обычно внутри верхней части башни) и выносные (расположенные снаружи башни на портале или в верхней части крана). В кранах с поворотной башней их подвешивают под стрелой на правой от нее боковой поверхности башни, а в кранах с поворотным оголовком устанавливают на поворотную раму или подвешивают к ней. Кабина может быть подвешена и к нижнему поясу балочной стрелы у места ее крепления, а также переставляться по высоте башни. Для кранов серии КБ выпускают унифицированные навесные кабины, разработанные с учетом максимальных удобств для машинистов во время работы. Управление работой крана может осуществляться по силовому или слаботочному кабелю, с выносного пульта или по радио. При работе самоподъемных, стационарных и приставных кранов на строительстве высоких зданий и сооружений используют лингафонную, телефонную и радиосвязь машиниста с такелажниками и монтажниками.

Подкрановые пути, по которым перемещаются башенные краны, состоят из балластного слоя, элементов подкрановых путей (рельсы, рельсовые крепления и опорные элементы — шпалы, рамы или бал-

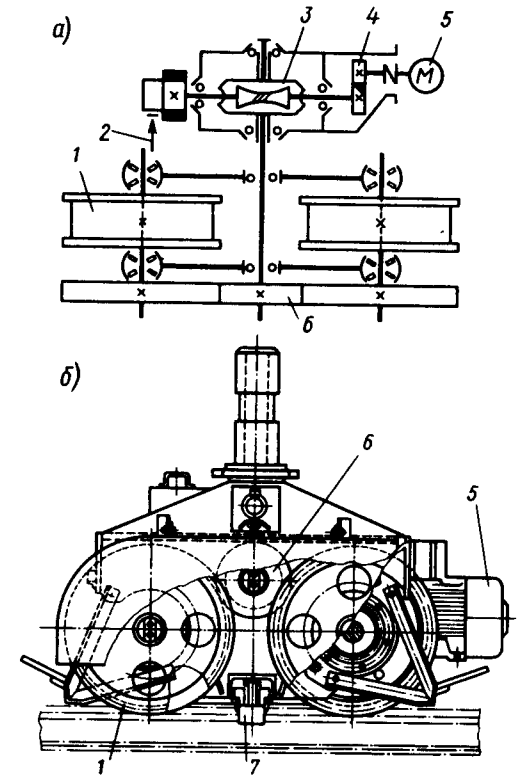


Рис. 3.28. Двухколесный механизм передвижения крана:

а — кинематическая схема; б — ходовая тележка

ки), а также отключающих линеек ограничителя передвижения крана, тупиковых упоров, устанавливаемых по обеим сторонам двухниточного пути и элементов заземления.

Наибольшее распространение получили инвентарные подкрановые пути с деревянными полушпалами, деревометаллические секции, а также секции с железобетонными лежнями и балками длиной 6,25 м. При специфических условиях эксплуатации пути сооружаются в соответствии с инструкцией по эксплуатации кранов и по специальным проектам. К достоинствам инвентарных подкрановых путей относится удобство перевозки на автотранспорте с одноосным полуприцепом и возможность быстрой укладки. Для обеспечения безопасного обслуживания кранов подкрановые пути заземляют.

Монтаж современных мобильных, а также тяжелых и высотных кранов осуществляется собственными механизмами с участием одного и иногда двух стреловых самоходных кранов необходимой грузоподъемности.

На рис. 3.29 показан кран 4-й размерной группы с подъемной стрелой. Краны этой группы максимально унифицированы и оборудованы подъемными и балочными стрелами. Они имеют однотипную конструкцию и представляют собой мобильные самоходные полноповоротные машины на рельсовом ходу с поворотной телескопической башней и нижним расположением противовеса.

Составными частями крана являются: ходовая кольцевая рама 1 коробчатого сечения, однорядное роликовое опорно-поворотное устройство 15 с внутренним зубчатым зацеплением, поворотная платфор-

ма 2, портал 14, башня 13, головка 7, стрела 9, грузовой 6 и стреловой 5 канаты, расчал 8, крюковая подвеска 10, монтажное устройство, унифицированная кабина машиниста 12 и рабочие механизмы, противовес 3, электрооборудование, приборы безопасности и кабельный барабан. Четыре поворотных флюгера соединены с ходовой рамой шарнирно и располагаются по диагоналям с помощью трубчатых подкосов. Каждый флюгер опирается на унифицированную балансирующую двухколесную тележку 16 грузоподъемностью 60...72 т. В комплект тележек входят две ведущие и две ведомые ходовые тележки, причем ведущие тележки располагаются на одном рельсе. При закруглении пути радиусом внутреннего рельса 7...10 м ведущие ходовые тележки располагаются на наружном рельсе, при радиусе внутреннего рельса более 10 м — на любом рельсе. Тележки опираются на подкрановые рельсы типа Р50. Колея и база кранов 4-й размерной группы по 6 м каждая. На ходовую раму через опорно-поворотное устройство опирается поворотная платформа, на которой установлены грузовая и стреловая лебедки, механизм поворота, шкафы электрооборудования, плиты противовеса. В передней части поворотной платформы с помощью кронштейнов шарнирно крепится портал башни.

Решетчатые башни кранов состоят из оголовка, верхней секции, промежуточных секций, портала и подвижной обоймы. Башни подрачиваются снизу промежуточными секциями по мере возведения здания. Для подрачивания промежуточных секций башни служит рычажный механизм выдвигания обоймы (монтажный параллелограмм), смонтированный в передней части платформы. В вертикальном положении башни удерживаются двумя телескопическими подкосами 4. Портал представляет собой две трехгранные фермы, соединенные в двух ярусах коробчатыми балками. На поясах портала смонтированы направляющие ролики, удерживающие башню в вертикальном положении при ее выдвигании. В верхнем ярусе на балках установлены четыре замка, предназначенные для посадки на них башни после ее выдвигания. Неподвижные блоки верхнего яруса портала совместно с блоками подвижной обоймы и монтажным канатом образуют монтажный полиспаст выдвигания башни крана. При выдвигании башни один конец монтажного каната крепится к верхней обвязке портала, другой закрепляется на барабане грузовой лебедки, с которого снят грузовой канат. Оголовок башни состоит из металлоконструкции, распорки с канатной оттяжкой и монтажной стойки с оттяжкой для подъема стрелы в рабочее положение. Сверху на оголовке установлено два блока стрелового расчала и блоки грузового каната.

Подъемная стрела 9 крана решетчатая трехгранного сечения, выполненная из труб, подъем и опускание которой при изменении вылета осуществляется стреловой лебедкой через стрелоподъемный полиспаст 8. В корневой секции стрелы подвешена снизу распорка с

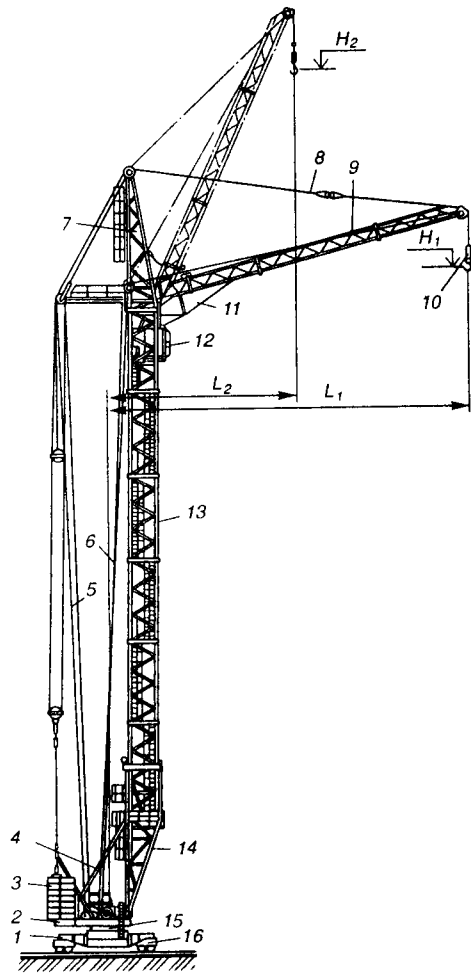


Рис 3.29. Кран КБ 4-й размерной группы с поворотной башней и подъемной стрелой

канатными 11 тягами, которая предохраняет стрелу от запрокидывания при обрыве каната на минимальных вылетах.

К унифицированным механизмам кранов относятся стреловая, грузовая и тележечная лебедки, опорно-поворотное устройство и механизм передвижения.

Краны оборудуют одно- и двухдвигательными грузовыми лебедками. Основной электродвигатель двухдвигательной лебедки предназначен для подъема (опускания) грузов наибольшей массы, вспомогательный электродвигатель — для подъема (опускания) грузов наименьшей массы, крюковой подвески и обеспечения посадочной скорости.

Стреловые лебедки отличаются от грузовых отсутствием вспомогательного двигателя. Тележечная лебедка состоит из электродвигателя, колодочного тормоза, редуктора, включающего цилиндрическую и глобоидную передачи, и нарезного барабана. Отключение привода лебедки в крайних положениях тележки осуществляется конечным выключателем.

Механизм поворота состоит из вертикального трехступенчатого редуктора, фланцевого электродвигателя и специального колодочного тормоза. Торможение осуществляется в три этапа: в режиме свободного торможения; в режиме динамического торможения; окончательно затормаживание механизма поворота.

На рис. 3.30 показана базовая модель кранов 6-й размерной группы. Эти краны имеют более десятка исполнений, отличающихся грузоподъемностью, высотой подъема крюка и вылетом. Базовый кран и его исполнения выполнены полноповоротными с неповоротной башней, поворотной головкой и горизонтальной балочной стрелой с грузовой тележкой.

Краны и их исполнения состоят из ходовой рамы 14 с ходовыми тележками 15, башни 10 с подкосами 12, поворотного оголовка 4, опорно-поворотного устройства 17, стрелы 7, грузовой тележки 8 с крюковой подвеской 9, противовесной консоли 2 с противовесом 1, оттяжек 3 и 6 консоли и стрелы, кабины управления 5, подъемника 11 для машиниста, монтажной стойки 16, приспособления для заводки секций, приспособления 18 для монтажа и демонтажа настенных опор, унифицированных механизмов, электрооборудования и кабельного барабана. Ходовая рама кранов опирается на четыре сдвоенные унифицированные ходовые приводные тележки. Две тележки, расположенные по диагонали, имеют по два привода, две другие — по одному. Тележки могут поворачиваться на 90° при переводе крана на перпендикулярные пути. На раму с одной стороны асимметрично укладываются плиты 13 балласта, с другой — крепится на четырех фланцах неповоротная башня. Количество плит балласта меняется в зависимости от исполнения крана. Башни кранов опираются непосредственно на ходовую раму и смещены на 2,5 м от оси крана в сторону здания. Башни имеют квадратное сече-

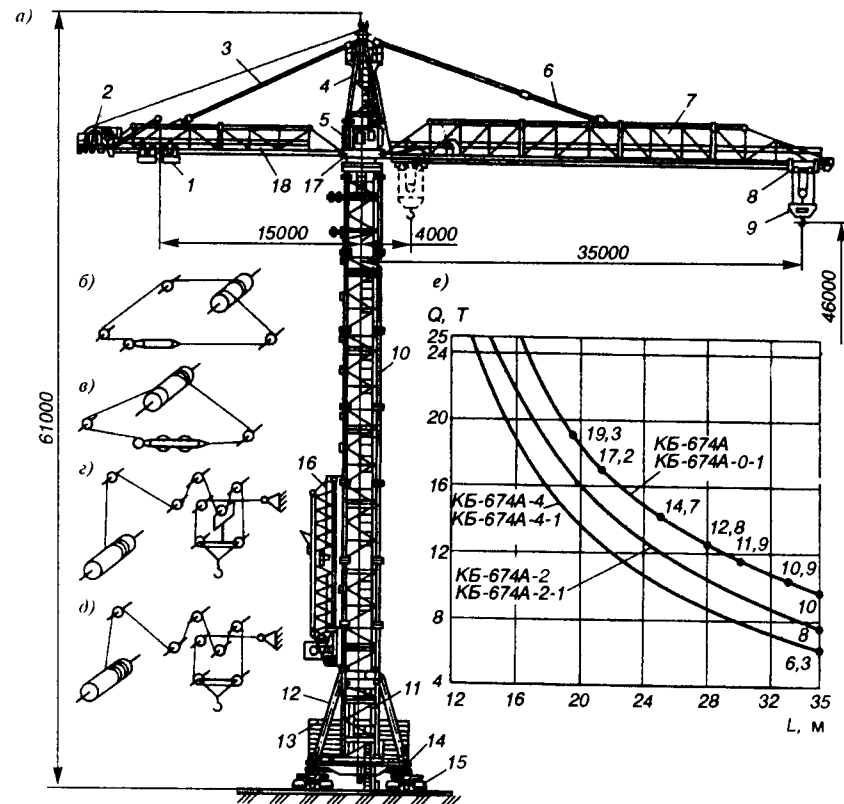


Рис. 3.30. Кран КБ 6-й размерной группы с неповоротной башней и горизонтальной балочной стрелой:

a — схема крана; схемы заправки канатов: б — перемещения противовеса; в — перемещение каретки; г — подъема груза при четырехкратном полиспасте; д — то же, при двукратном полиспасте; е — график грузоподъемности

ние, выполнены решетчатыми из труб и состоят из основания в виде пространственной фермы, шарнирной рамы, короткой нижней секции, промежуточных рядовых секций, верхней секции, неповоротной и поворотной кольцевых рам, шарикового опорно-поворотного круга, двух механизмов поворота и оголовка. Количество рядовых секций, имеющих длину 6 м, зависит от исполнения крана по высоте. Неповоротная рама крепится к верхней секции башни и через опорно-поворотный круг соединяется с поворотной рамой и оголовком башни с подвешенными на них стрелой и противовесной консолью. На поворотной раме установлены два одинаковых механизма поворота, выходные шестерни которых находятся в зацеплении с цевочным венцом опорно-поворотного круга, снабженного ограничителем поворота. Механизм поворота состоит из вертикаль-

ного планетарного трехступенчатого редуктора и фланцевого электродвигателя со встроенным в его корпус дисковым тормозом.

Внутри башни смонтирован подъемник машиниста, включающий лебедку, размещенную в верхней секции, кабину, движущуюся по направляющим вдоль башни, устройство для укладки кабеля. верхнюю и нижнюю посадочные площадки с дверьми.

С боку башни расположена передвижная монтажная стойка трехгранного сечения, используемая при монтаже и демонтаже крана.

Стрелы кранов — балочные, треугольного сечения с основанием, опущенным вниз, состоят из корневой, головной и рядовых промежуточных секций, грузовой тележки, передвигающейся по нижним поясам стрелы, и тяговой тележечной лебедки, размещенной внутри стрелы. На основной секции стрелы смонтированы отводные блоки грузового и тягового канатов.

Исполнения стрелы отличаются применением тележек различной грузоподъемности и длиной за счет изменения количества рядовых секций.

В зависимости от исполнения кранов применяются грузовые тележки различной грузоподъемности (12,5 и 25 т) и стрелы различной длины (35, 50 и 66 м). Грузовые тележки грузоподъемностью 12,5 т имеют два грузовых блока и четыре одиночных ходовых катка. Тележки грузоподъемностью 25 т опираются на восемь катков, соединенных попарно на балансирных подвесках, и имеют три грузовых блока. У тележки грузоподъемностью 25 т кратность полиспаста изменяют присоединением дополнительного блока либо к грузовой тележке, либо к крюковой подвеске. Для автоматического уменьшения скорости грузовых тележек при подходе к крайним положениям, а также ограничения передвижения тележек служат два конечных выключателя.

Противовесные консоли представляют собой фермы треугольного сечения и по конструкции аналогичны стрелам. По нижним поясам консоли перемещаются тележки с плитами противовеса. Тележки соединяются между собой тягами. Количество тележек и плит устанавливается в зависимости от исполнения крана. На консоли размещаются грузовая лебедка и лебедка передвижения тележек противовеса и установлены три конечных выключателя, два из которых ограничивают в крайних положениях передвижение тележек противовеса, а третий фиксирует их рабочее положение.

К унифицированным механизмам кранов относятся механизмы поворота и передвижения крана, лебедки — грузовой, передвижения грузовой тележки, передвижения тележек противовеса, монтажная и специального подъемника.

Приводы грузовой лебедки, механизма поворота и лебедки передвижения грузовой тележки обеспечивают регулирование скоростей этих механизмов в широком диапазоне.

Монтаж и демонтаж кранов осуществляются собственными механизмами и стреловым самоходным краном грузоподъемностью 25 т. Для подъема и опускания верхней части крана при монтаже и демонтаже секций башни служит монтажная стойка, состоящая из собственно стойки, лебедки, площадок, обойм полиспаста, блока и катушки. При монтаже или демонтаже стойка крепится на секциях башни в специальных кронштейнах. Стойка состоит из трехгранной фермы, имеющей внизу портал, в котором располагается монтажная лебедка.

В настоящее время готовится выпуск башенных кранов нового поколения — кранов модульной системы КБМ с грузовым моментом от 100 до 400 т·м и числом исполнений от 21 до 47.

Краны модульной системы (рис. 3.31) имеют базовые унифицированные узлы-модули (механизмы, кабину, опорно-поворотное устройство, секции башен и стрел). При этом механизмы, кабина,

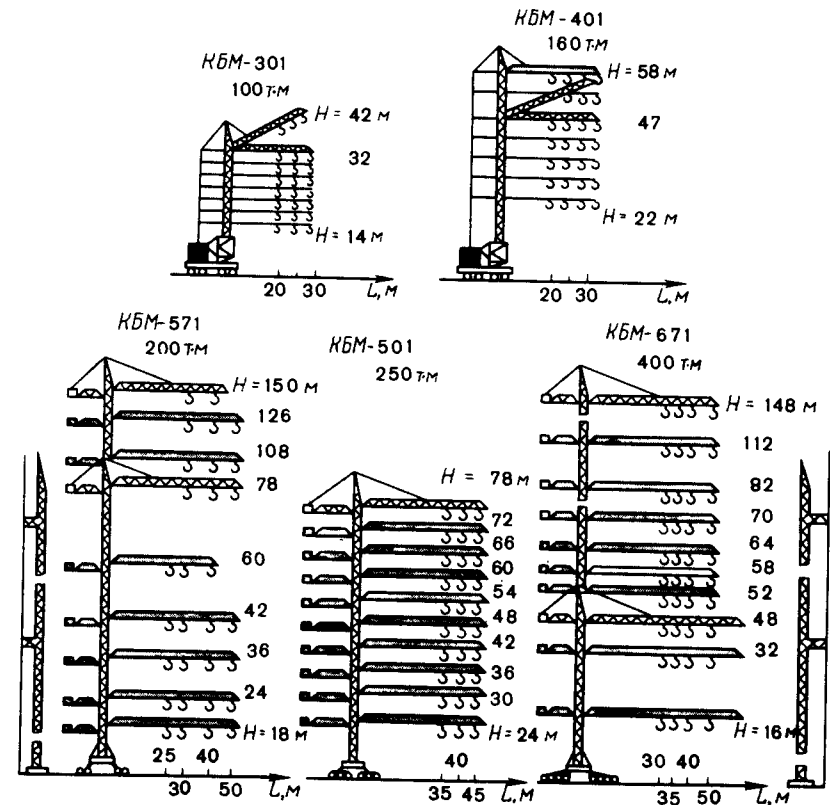


Рис. 3.31. Краны модульной системы КБМ

опорно-поворотное устройство унифицированы по всему типоразмерному ряду, а металлоконструкции кранов — по всем исполнениям внутри данного типоразмера. Варьируя число модулей секций башен и стрел, можно из одинаковых узлов-модулей получать различные исполнения крана, отличающиеся грузопымями, скоростными и высотными характеристиками, вылетом и типом стрелы.

Внедрение кранов модульной системы позволит:

1) снизить трудоемкость проектирования (в том числе ускорить проведение трудоемких расчетов за счет применения разработанных программ на ЭВМ);

2) снизить стоимость изготовления (за счет значительного увеличения выпуска изделий одного типоразмера при уменьшении потребности в производственных площадях и применяемом оборудовании) и эксплуатации (за счет уменьшения числа типоразмеров кранов, более широкого использования агрегатного ремонта, сокращения поставок неиспользуемых секций башен и стрел и т. п.);

3) обеспечить строительство любых объектов высокопроизводительными кранами.

**Самоподъемные башенные краны.** В последнее время все больше внимания в городском строительстве уделяется возведению зданий повышенной этажности с использованием самоподъемных башенных кранов, опирающихся на элементы возводимых зданий, что позволяет значительно повысить эффективность строительно-монтажных работ, снизить стоимость строительства. При возведении монолитных зданий самоподъемные краны опираются на специально предусмотренные окна в стенах лифтовой шахты и по мере роста здания самоподнимаются по ней. В сборных зданиях с металлическим или железобетонным каркасами для опирания самоподъемного крана используют ячейки каркаса.

Применение самоподъемных кранов позволяет возводить здания в стесненных условиях и на косогорах, обеспечивать одним краном строительство зданий со сложной конфигурацией в плане, повысить безопасность эксплуатации кранов, снизить эксплуатационные расходы, улучшить условия труда строителей-монтажников. Самоподъемные краны изготавливают с широким использованием унифицированных узлов серийно выпускаемых башенных кранов.

На рис 3.32 показан самоподъемный башенный кран четвертой размерной группы с балочной стрелой и грузовым моментом 160 т·м. Кран оборудован гидравлическим механизмом выдвижения и применяется на строительстве монолитных зданий.

Башня 4 крана опирается на нижнюю секцию с элементами 1 опирания крана в окна лифтовой шахты 17. В верхней части башни смонтировано опорно-поворотное устройство 5, состоящее из неповоротной рамы, поворотной платформы, роликового опорно-пово-

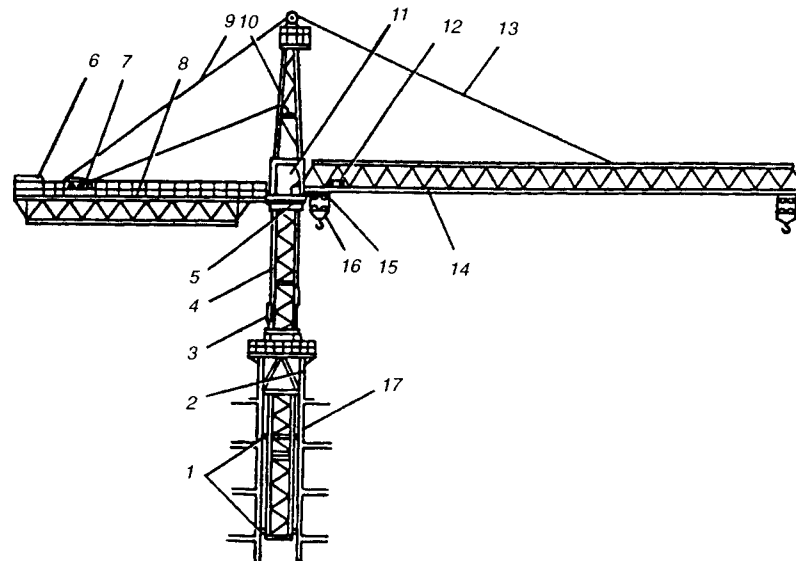


Рис. 3.32. Самоподъемный башенный кран

ротного круга и механизма поворота. К поворотной платформе шарнирно крепятся противовесная консоль 8 балочного типа и одноподвесная балочная стрела 14 трехгранной (в сечении) формы. Консоль и стрела подвешены соответственно на расчалах 9 и 13. На консоли 8 смонтированы грузовая лебедка 7 и плиты противовеса 6. В корневой части стрелы установлена лебедка 12 передвижения грузовой тележки 15 с крюковой подвеской 16. К верхней части поворотной платформы крепится оголовок 10 с проушинами для крепления расчалов стрелы и консоли противовеса. К поворотной платформе крепится кабина управления 11.

Выдвижная обойма 2 представляет собой решетчатую трубчатую металлоконструкцию квадратного сечения. К верхней части обоймы присоединены штоки четырех гидроцилиндров 3, служащих для выдвижения башни относительно обоймы, а также движения обоймы относительно башни. В нижней части обоймы установлены фланцы для опирания на торец лифтовой шахты. Кран опирается в окна лифтовой шахты на двух уровнях на расстоянии двух этажей. Башня крана свободно перемещается внутри лифтовой шахты. Две нижние секции башни имеют в основании направляющие для упоров, выдвигаемых в окна лифтовой шахты. На поясах башни по диагоналям приварены упоры для самоподъема и опускания (при демонтаже). Каждый упор представляет собой поршень, задвигаемый вручную в направляющую трубу.



Поршень фиксируется в направляющей трубе башни специальным стержнем.

Процесс подъема крана в шахте лифта состоит из следующих последовательно выполняемых операций: опирание обоймы на лифтовую шахту, подъем крана в рабочее положение, закрепление крана в шахте лифта.

Гидрооборудование крана обеспечивает вертикальное перемещение башни (подъем и опускание) внутри лифтовой шахты. Гидросистема включает насосную станцию с электроприводом, четыре гидроцилиндра и дистанционный (выносной) пульт управления.

Гидроцилиндры установлены рядом с вертикальными поясами башни и соединены с ней попарно по диагонали. Для безопасности работы каждый гидроцилиндр снабжен гидрозамком и управляемым обратным клапаном.

Монтаж самоподъемного крана осуществляется стреловым самоходным краном грузоподъемностью не менее 25 т. Затем самоподъемный кран монтирует вокруг себя полутюбинги лифтовой шахты или сооружает монолитную лифтовую шахту, после чего возводит первый этаж. Далее самоподъемный кран возводит второй, третий и четвертый этажи с расклиниванием зазоров между лифтовой шахтой и перекрытиями.

После возведения четырех этажей здания и сооружения лифтовой шахты 5-го этажа выдвигная обойма с помощью гидроцилиндров опускается на торец лифтовой шахты 5-го этажа; включением двух диагонально расположенных гидроцилиндров нагрузка снимается с нижней секции башни и передается на торец лифтовой шахты. Затем отстыковывается башня от нижней секции, закрепленной на анкерных болтах, теми же двумя гидроцилиндрами кран приподнимается вдоль ствола лифтовой шахты до совпадения выдвигных опорных балок с окнами лифтовой шахты на 1-м и 3-м этажах. Опорные балки выдвигаются в окна лифтовой шахты и надежно закрепляются в них. Таким образом кран устанавливается в шести окнах шахты на каждом этапе (в данном случае на 1-м и 3-м этажах). Затем выдвигная обойма с помощью гидроцилиндров поднимается вверх по башне до оголовка, и кран может продолжать сооружение 5-го этажа, стоя на опорных балках. После возведения 5-го этажа и лифтовой шахты 6-го этажа выдвигная обойма снова опускается на торец лифтовой шахты 6-го этажа. С помощью гидроцилиндра кран вывешивается, выдвигные опорные балки задвигаются в башню, и кран выдвигается на один этаж вверх до совпадения опорных балок с окнами в лифтовой шахте 2-го и 4-го этажей.

Кран опирается балками на окна и далее операции повторяются до возведения последнего этажа здания.

Нижняя секция башни на дне шахты по окончании демонтажа крана разбирается и так же демонтируется, как и самоподъемный кран.

Самоподъемный кран демонтируется с помощью приставного крана, установленного на легком инвентарном фундаменте или с помощью стрелового самоходного крана грузоподъемностью 25 т со стрелой длиной не менее 30 м, оборудованной гуськом.

Грузоподъемность при максимальном вылете стрелы (32 м) составляет 5 т, максимальная грузоподъемность (при вылете 16 м) — 10 т, высота подъема максимальная — 100 м.

Предусмотрено производство самоподъемных башенных кранов с грузовой моментом 200, 250, 300 т·м и вылетом стрелы до 60 м.

Перевозка башенных кранов в зависимости от их конструкций и параметров осуществляется автотягачами на подкатных пневмоосях в сложенном виде (мобильные краны), без промежуточных секций башни (перевозятся отдельно), с разборкой на отдельные узлы (под регламентированные габариты автотранспорта).

Работа свободностоящих, передвижных и стационарных кранов возможна до определенной высоты. Для сохранения устойчивости крана при увеличении высоты подъема его башню крепят к конструкциям возводимого здания или сооружения одним, двумя, а иногда тремя креплениями, устанавливаемыми на различной высоте крана по мере его наращивания. В современных высотных кранах серии КБ на расчетной высоте между промежуточными секциями башни закладывают вставки с проушинами, к которым крепятся подкосы, образующие рамы крепления.

Все башенные краны оборудуются приборами безопасности. К ним относятся ограничители крайних положений всех видов движения, расположенные перед упорами: передвижения крана, грузовой и контргрузовой тележек, угла наклона стрелы, поворота, высоты подъема, выдвигания башни и т. д. Для защиты кранов от перегрузки при подъеме груза на определенных вылетах применяют ограничители грузоподъемности. Краны также оснащают тормозами на всех механизмах рабочих движений, нулевой и конечной электрозащитой, аварийными кнопками и рубильниками, анемометрами с автоматическим определением опасных порывов ветра и подачей звуковых и световых сигналов для предупреждения машиниста об опасности, рельсовыми захватами на ходовых тележках, указателями вылета крюка и грузоподъемности на данном вылете при соответствующей высоте подъема груза и т. п. Для прохода машиниста в кабину и к удаленным узлам для проведения технического обслуживания и ремонта на кранах устанавливают лестницы, площадки и настилы, имеющие необходимое ограждение.

Эксплуатация башенных кранов в соответствии с правилами Госгортехнадзора разрешается только после регистрации в органах технадзора, а также после технического освидетельствования (включающего в себя осмотр крана, статическое и динамическое испытания) и разрешения на пуск в работу.



### 3.4. СТРЕЛОВЫЕ САМОХОДНЫЕ КРАНЫ

Стреловые самоходные краны представляют собой стреловое или башенно-стреловое крановое оборудование, смонтированное на самоходном гусеничном или пневмоколесном шасси. Такие краны являются основными грузоподъемными машинами на строительных площадках и трассах строительства различных коммуникаций. Широкое распространение стреловых самоходных кранов обеспечили: автономность привода, большая грузоподъемность (до 250 т), способность передвигаться вместе с грузом, высокие маневренность и мобильность, широкий диапазон параметров, легкость перебазировки с одного объекта на другой, возможность работы с различными видами сменного рабочего оборудования (универсальность) и т. п.

Различают стреловые самоходные краны общего назначения для строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ широкого профиля и специальные для выполнения технологических операций определенного вида (краны-трубоукладчики, железнодорожные и плавучие краны и т. п.).

**Классификация.** Стреловые самоходные краны общего назначения классифицируют:

по грузоподъемности — легкие (грузоподъемностью до 10 т), средние (грузоподъемностью 10...25 т) и тяжелые (грузоподъемностью от 25 т и более);

по типу ходового устройства — автомобильные (на стандартных шасси грузовых автомобилей), тракторные (навесные на серийные тракторы), на шасси автомобильного типа, пневмоколесные и гусеничные, имеющие специальные шасси;

по количеству и расположению силовых установок — с одной силовой установкой на ходовом устройстве (шасси), с одной силовой установкой на поворотной части и с двумя силовыми установками;

по количеству приводных двигателей механизмов — с одно- и много моторными приводами;

по типу привода — с механическим, электрическим и гидравлическим приводами;

по количеству и расположению кабин управления — с кабинами, только на шасси, только на поворотной платформе, на шасси и на поворотной платформе;

по конструкции стрелы — со стрелой неизменяемой длины, с выдвижной и телескопической стрелами;

по способу подвески стрелы — с гибкой (на канатных полиспадах) и жесткой (с помощью гидроцилиндров) подвеской.

Основные типоразмеры и параметры современных стреловых самоходных кранов, а также технические требования к ним регламен-

тированы ГОСТ 22827—85 «Краны стреловые самоходные общего назначения. Технические условия». В соответствии с этим стандартом предусмотрен выпуск десяти размерных групп стреловых самоходных кранов грузоподъемностью 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160 и 250 т. Указанные грузоподъемности кранов — это максимально допустимая масса груза, которую может поднять кран данной размерной группы при минимальном вылете основной стрелы.

**Индексация.** Всем моделям стреловых самоходных кранов общего назначения, выпускаемым заводами, присваивается индекс, структурная схема которого показана на рис. 3.33. Первые две буквы индекса КС обозначают кран стреловой самоходный; четыре основные цифры индекса последовательно обозначают: размерную группу (грузоподъемность в т) крана, тип ходового устройства, способ подвески стрелового оборудования и порядковый номер данной модели крана.

Десять размерных групп кранов обозначаются соответственно цифрами с 1 по 10. Тип ходового устройства указывается цифрами с 1 по 9, причем цифра 1 обозначает гусеничное устройство (Г), 2 — гусеничное уширенное (ГУ), 3 — пневмоколесное (П), 4 — специальное шасси автомобильного типа (Ш), 5 — шасси стандартного грузового автомобиля (А), 6 — шасси серийного трактора (Тр), 7 — прицепное ходовое устройство (Пр), 8, 9 — резерв. Способ подвески стрелового оборудования указывается цифрами 6 или 7, обозначающими соответственно гибкую или жесткую подвеску. Последняя цифра индекса (цифра с 1 по 9) обозначает порядковый номер моде-

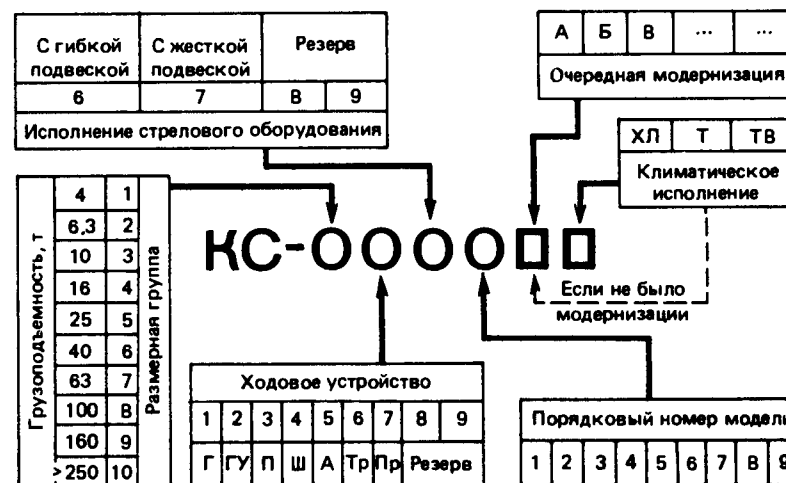
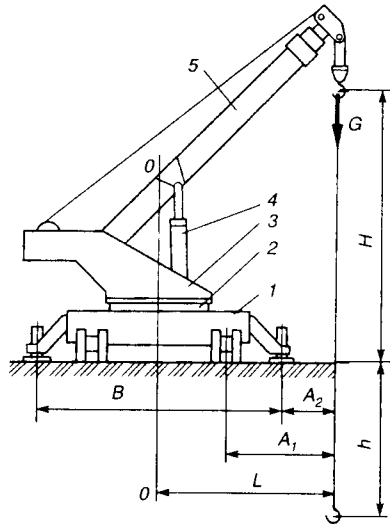


Рис. 3.33. Система индексации стреловых самоходных кранов

ли крана. Следующая после цифрового индекса дополнительная буква (А, Б, В и т. д.) обозначает порядковую модернизацию данного крана, последующие буквы (ХЛ, Т или ТВ) — вид специального климатического исполнения машины: ХЛ — северное, Т — тропическое, ТВ — для работы во влажных тропиках. Например, индекс КС-4561АХЛ обозначает: кран стреловой самоходный, 4-й размерной группы (грузоподъемностью 16 т), на стандартном шасси грузового автомобиля, с гибкой подвеской стрелового оборудования, первая модель, прошедшая первую модернизацию, в северном исполнении.



Р и с. 3.34. Основные параметры стреловых самоходных кранов

Каждый стреловой самоходный кран (рис. 3.34) состоит из следующих основных частей: ходового устройства 1, поворотной платформы 3 (с размещенными на ней силовой установкой, узлами привода, механизмами и кабиной машиниста с пультом управления), опорно-поворотного устройства 2 и сменного рабочего оборудования 5. Исполнительными механизмами кранов являются: механизм подъема груза, изменения вылета стрелы (крюка) 4, вращения поворотной платформы и передвижения крана.

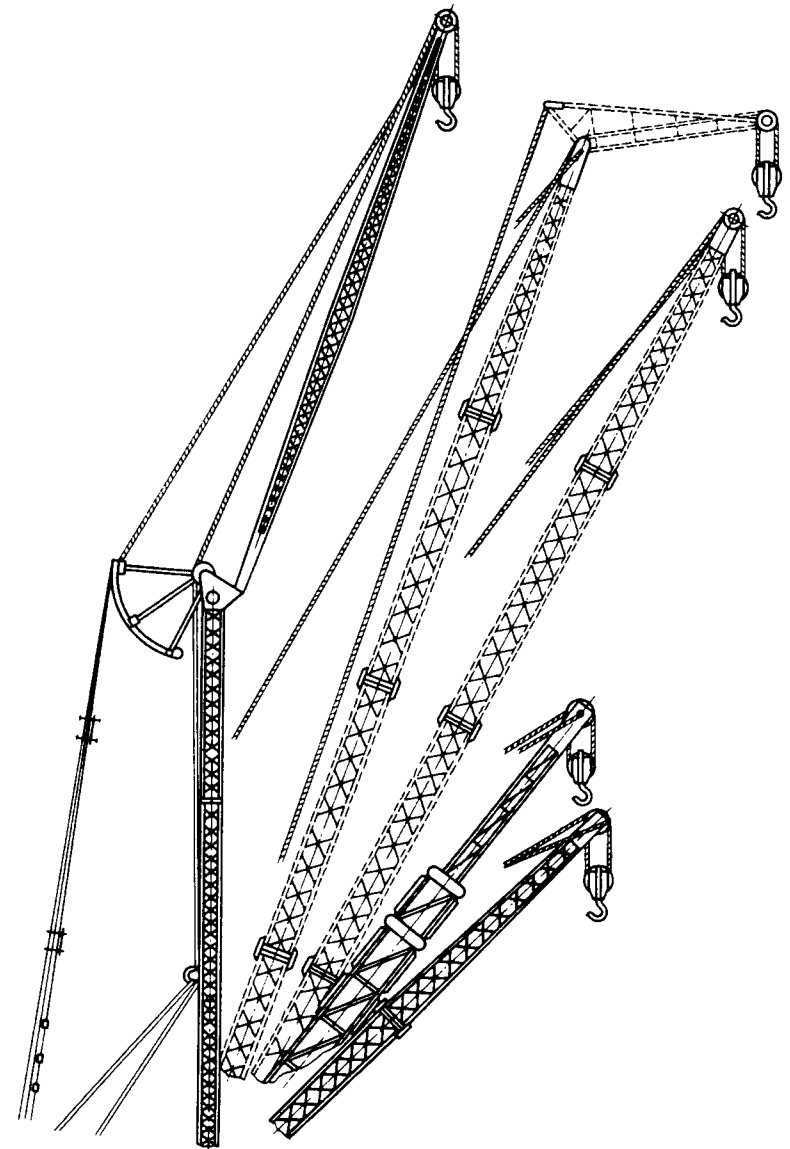
Стреловые самоходные краны могут осуществлять следующие рабочие операции: подъем и опускание груза; изменение угла наклона стрелы при изменении вылета; поворот стрелы в плане на 360°; выдвижение телескопической стрелы с грузом; передвижение крана с грузом.

Отдельные операции могут быть совмещены (например, подъем груза или стрелы с поворотом стрелы в плане).

Шасси кранов с пневмоколесным ходовым устройством оборудуют выносными опорами-аутригерами в виде поворотных (откидных) или выдвижных кронштейнов с опорными винтовыми или гидравлическими домкратами на концах. Аутригеры снижают нагрузки на пневмоколеса, увеличивают опорную базу и устойчивость крана. При работе без выносных опор грузоподъемность крана резко снижается и составляет 20...30% от номинальной.

На кранах устанавливают стреловое и башенно-стреловое оборудование. Основными видами стрелового оборудования являются

невыдвижная (жесткая) и выдвижная решетчатые стрелы (рис. 3.35), телескопическая стрела с одной или несколькими выдвижными секциями для изменения их длины. Длину выдвижных стрел можно изменять только в нерабочем состоянии крана, телескопических —



Р и с. 3.35. Сменное рабочее оборудование стреловых самоходных кранов

при действующей рабочей нагрузке. Основное стреловое оборудование обеспечивает наибольшую грузоподъемность крана при требуемых ГОСТом вылете от ребра опрокидывания и высоте подъема крюка. Наибольшая грузоподъемность соответствует наименьшему вылету стрелы. С увеличением вылета грузоподъемность уменьшается. Зависимость грузоподъемности и высоты подъема груза от вылета стрелы называется *грузовой характеристикой крана* и изображается графически в виде кривых, которые даются в паспортах кранов. Пользуясь графиками, можно определить грузоподъемность и высоту подъема крюка для любого вылета основной стрелы и сменного рабочего оборудования. К сменному рабочему оборудованию относят удлиненные дополнительными вставками (секциями) жесткие и выдвижные стрелы, с применением которых увеличивается зона, обслуживаемая краном, но соответственно снижается грузоподъемность.

В комплект стрелового оборудования входят также стреловой полиспаст или гидроцилиндры для изменения угла наклона стрелы и крюковая подвеска с грузовым полиспастом для подъема и опускания груза. Для увеличения вылета и полезного подстрелового пространства основные и удлиненные сменные стрелы оснащают дополнительными устройствами — управляемыми и неуправляемыми гуськами, которые могут иметь второй (вспомогательный) крюк, подвешиваемый на полиспасте малой кратности и предназначенный для подъема с большей скоростью небольших по массе грузов.

У некоторых моделей кранов на основных жестких стрелах взамен крюка может навешиваться двухчелюстной грейферный ковш (грейфер) с канатным управлением для погрузки-разгрузки сыпучих и мелкокусковых материалов. Подъем основного груза или замыкание челюстей грейферного ковша производится главной грузовой лебедкой. Подъем-опускание крюковой подвески, гуська и грейфера осуществляется вспомогательной грузовой лебедкой.

Башенно-стреловое оборудование кранов состоит из башни, управляемого гуська или маневровой стрелы, стрелового полиспаста и грузового полиспаста с крюковой подвеской. Такое оборудование по сравнению со стреловым обеспечивает увеличение обслуживаемой зоны в плане примерно в 2 раза.

Стреловое и башенно-стреловое оборудование вместе с главной грузовой, вспомогательной и стреловой лебедками, механизмом вращения поворотной части крана, узлами их привода и управления монтируют на поворотной платформе. Для уравнивания крана во время работы на поворотной платформе устанавливают противовес. У кранов с гибкой подвеской стрелового оборудования на поворотной платформе смонтирована двуногая опорная стойка, несущая стреловой полиспаст. Краны с жесткой подвеской

стрелового оборудования не имеют двуногую стойку, стрелоподъемные — лебедку и полиспаст; подъем — опускание стрелы у таких машин осуществляется одним или двумя гидроцилиндрами. Поворотная платформа соединена с рамой ходового устройства унифицированным опорно-поворотным кругом, который обеспечивает возможность вращения платформы с рабочим оборудованием в плане.

Привод исполнительных механизмов кранов с одномоторным (механическим) приводом осуществляется от дизельного или электрического двигателя через механическую трансмиссию. Эти краны имеют сложную кинематическую схему с большим количеством зубчатых передач, муфт и тормозов. Для изменения направления рабочих движений в кинематическую цепь одномоторных кранов включен реверсивный механизм.

Основными недостатками кранов с механическим приводом являются невозможность бесступенчатого и плавного регулирования скоростей исполнительных механизмов, отсутствие низких «посадочных» скоростей опускания груза, необходимых при ведении монтажных работ. Выпуск кранов с одномоторным приводом постоянно сокращается, они будут заменены машинами с многомоторным приводом.

Многомоторный привод обеспечивает независимую работу исполнительных механизмов, бесступенчатое регулирование их скоростей в широком диапазоне, получение монтажных скоростей перемещения груза, упрощает кинематику кранов, улучшает технико-эксплуатационные показатели машин и т. п. У кранов с многомоторным приводом исполнительные механизмы приводятся индивидуальными электрическими или гидравлическими двигателями. Питание электродвигателей механизмов может осуществляться от внешней силовой сети переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц или от генераторной установки машины. Питание индивидуальных гидравлических двигателей механизмов обеспечивается гидрососама через распределительную систему. Привод генератора и гидрососов осуществляется обычно от основного двигателя машины — дизеля.

Грузоподъемность  $Q$  — главный параметр стреловых самоходных кранов. К основным параметрам этих кранов относятся (см. рис. 3.34):

вылет  $L$  — расстояние от оси вращения поворотной части крана  $OO$  до центра зева крюка;

вылет от ребра опрокидывания — расстояние от ребра опрокидывания до центра зева крюка:  $A_1$  — при работе без выносных опор,  $A_2$  — на выносных опорах;

высота подъема крюка  $H$  — расстояние от уровня стоянки крана до центра зева крюка, находящегося в крайнем верхнем положении;

глубина опускания крюка  $h$  — расстояние от уровня стоянки крана до центра зева крюка, находящегося в крайнем нижнем рабочем положении;

скорость подъема и опускания груза  $v_{гр}$ ;

скорость посадки груза  $v_n$  — минимальная скорость опускания груза при монтаже и укладке конструкций, а также при работе с предельными по массе для данной модели крана грузами;

частота вращения поворотной части крана  $n_n$ ;

скорость изменения вылета  $v_b$  — скорость перемещения крюка по горизонтали при изменении его вылета; время изменения вылета;

$t_b$  — продолжительность перемещения крюка от одного предельного положения стрелы до другого;

скорость телескопирования  $v_t$  — скорость движения секций выдвижных или телескопических стрел относительно основной (невыдвижной) секции при изменении длины стрел;

рабочая скорость передвижения  $v_p$  — скорость передвижения крана с грузом на крюке;

транспортная скорость крана  $v_{тр}$  — скорость передвижения крана, стреловое оборудование которого находится в транспортном положении;

колея крана  $K$  — расстояние между вертикальными осями, проходящими через середины опорных поверхностей ходового устройства;

база крана  $B$  — расстояние между вертикальными осями передних и задних ходовых тележек или колес;

минимальный радиус поворота крана  $R_k$  — расстояние от центра поворота до наиболее удаленной точки крана при минимальном радиусе поворота шасси крана;

размеры опорного контура выносных опор (поперек и вдоль);

преодолеваемый уклон пути  $\alpha$  — наибольший угол подъема, преодолеваемый краном, движущимся с постоянной скоростью;

установленная мощность  $P_y$ ;

конструктивная  $m_k$  и эксплуатационная  $m_b$  массы крана.

**Автомобильные краны (автокраны)** — стреловые полноповоротные краны, смонтированные на стандартных шасси грузовых автомобилей нормальной и повышенной проходимости. Автокраны обладают довольно большой грузоподъемностью (до 40 т), высокими транспортными скоростями передвижения (до 70...80 км/ч), хорошей маневренностью и мобильностью, поэтому их применение наиболее целесообразно при значительных расстояниях между объектами с небольшими объемами строительного-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ. В настоящее время автомобильные краны составляют более 80% от общего парка стреловых самоходных кранов.

При использовании на строительном-монтажных работах автокраны обычно оборудуют сменными удлиненными решетчатыми стрелами различных модификаций, удлиненными стрелами с гуськами и башенно-стреловым оборудованием. При оснащении специальным оборудованием (грейфером) автокраны применяют для перегрузки сыпучих и мелкокусковых материалов, экскавации легких грунтов, копания ям, очистки траншей и котлованов от обрушившегося грунта и снега.

Автокраны могут производить следующие рабочие операции: подъем и опускание груза; изменение угла наклона стрелы; поворот стрелы на  $360^\circ$  в плане; изменение длины телескопической стрелы; передвижение с грузом.

Каждый автокран оборудуют четырьмя выносными опорами, устанавливаемыми вручную или с помощью гидропривода. Для повышения устойчивости кранов во время работы задние мосты автомашин оборудованы гидравлическими стабилизаторами для вывешивания заднего моста при работе на выносных опорах и для блокировки рессор при работе без опор. Автокраны могут перемещаться вместе с грузом со скоростью до 5 км/ч. При передвижении грузоподъемность автокранов снижается примерно в 3...5 раз. Основное силовое оборудование автокранов — двигатель автомобиля. При включении трансмиссии крановых механизмов трансмиссия автомобиля отключается. Привод крановых механизмов может быть одномоторным (механическим) и многомоторным (дизель-электрическим и гидравлическим), подвеска стрелового оборудования — гибкой (канатной) и жесткой. Управление крановыми механизмами осуществляется из кабины машиниста, расположенной на поворотной платформе, управление передвижением крана — из кабины автошасси.

Промышленность выпускает автомобильные краны 2...4-й размерных групп грузоподъемностью 6,3...20 т, имеющие механический, электрический и гидравлический приводы крановых механизмов. Краны с механическим и электрическим приводами имеют гибкую подвеску стрелового оборудования, с гидравлическим приводом — жесткую.

Каждый автокран состоит из базового автомобиля крановой модификации, стрелового оборудования, поворотной и неповоротной частей, соединенных между собой роликовым опорно-поворотным устройством.

Автокраны с механическим приводом имеют грузоподъемность 6,3 т. Неповоротная часть крана (рис. 3.3б, а) включает ходовую раму, жестко прикрепленную к раме автошасси, коробку отбора мощности, промежуточный конический редуктор, зубчатый венец опорно-поворотного устройства, выносные опоры и стабилизирующее устройство. Поворотная часть крана состоит из поворот-

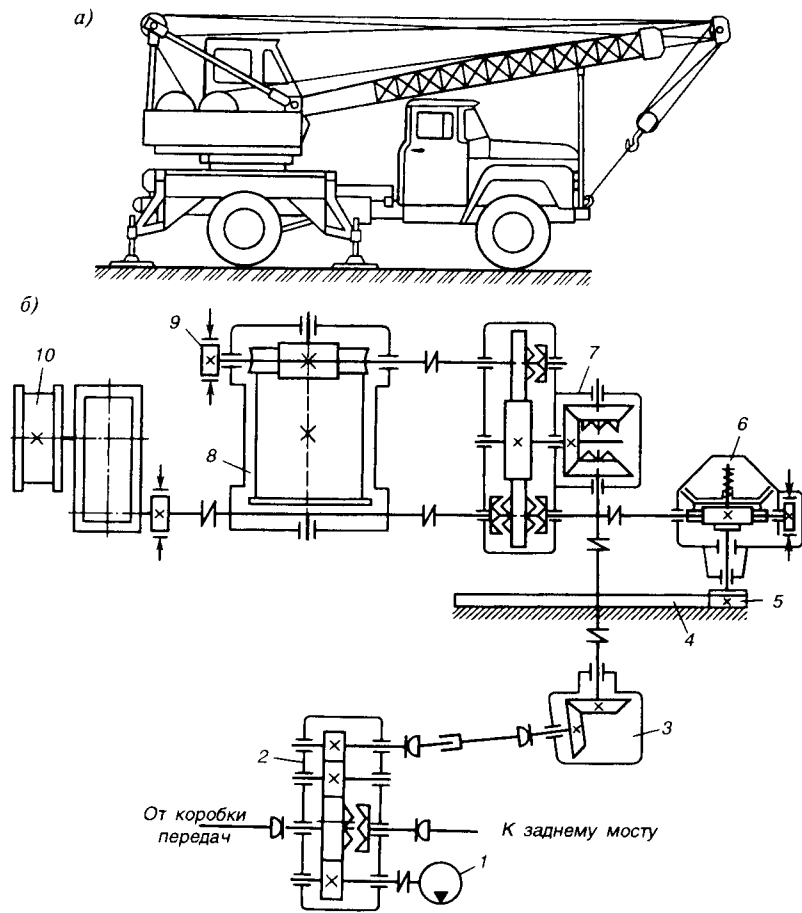


Рис. 3.36. Автокран с механическим приводом:  
а — общий вид; б — кинематическая схема

ной платформы, на которой смонтированы решетчатая стрела, двуногая стойка, противовес, грузовая и стреловая лебедки, реверсивно-распределительный механизм, механизм поворота крана и кабина машиниста с рычагами и педалями управления. Краны оснащают жесткой решетчатой или выдвинутой основной стрелой длиной 8 м в выдвинутом положении.

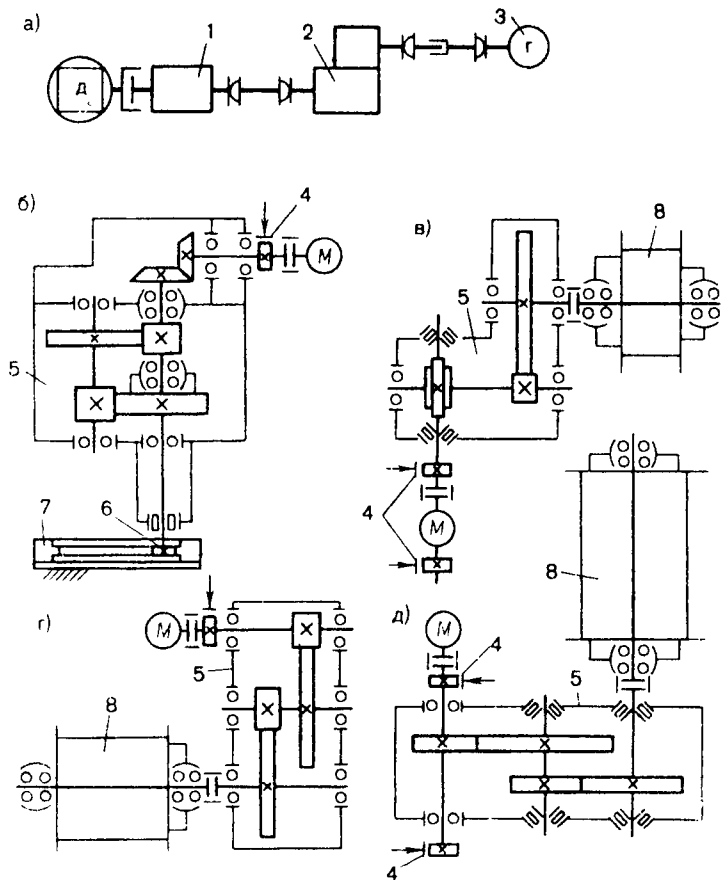
В комплект сменного оборудования кранов входят: удлиненная выдвигная стрела (длиной 10,4 м в выдвинутом положении) и две решетчатые удлиненные (до 12 м) стрелы — прямая и с гуськом длиной 1,5 м. Изменение угла наклона стрелы осуществляется стреловой лебедкой через стреловой полиспаст, подъем — опускание крю-

ковой подвески (груза) — грузовой лебедкой через грузовой полиспаст. Крановые механизмы приводятся в действие от двигателя (рис. 3.36, б) шасси автомобиля через коробку отбора мощности 2, промежуточный редуктор 3 и реверсивно-распределительный механизм 7, который обеспечивает распределение крутящего момента между стреловой 10 и грузовой 8 лебедками и поворотным механизмом 6, их независимый раздельный привод и реверсирование. На выходном валу поворотного механизма закреплена поворотная шестерня 5, находящаяся во внутреннем зацеплении с зубчатым венцом 4 опорно-поворотного круга.

Операции подъема-опускания груза и поворота стрелы в плане могут быть совмещены. Регулирование рабочих скоростей крановых механизмов производится за счет изменения частоты вращения вала двигателя автомобиля. Лебедки снабжены индивидуальными ленточными нормально замкнутыми тормозами 9 с автоматическим электропневмоуправлением. Механизм поворота оснащен ленточным постоянно замкнутым тормозом. Питание гидродомкратов выносных опор и гидроцилиндров блокировки подвески осуществляется гидронасосом 1 с приводом от коробки отбора мощности 2.

Дизель-электрические краны имеют грузоподъемность 16 т. Они состоят из тех же частей (за исключением трансмиссии), что и краны с механическим приводом, и оборудованы гидроуправляемыми выносными опорами. Дизель-электрический кран комплектуется основной жесткой решетчатой стрелой длиной 10 м, которая с помощью вставок может быть удлинена до 14, 18 и 22 м. Удлиненные стрелы могут быть оборудованы неуправляемым гуськом длиной 5 м со вспомогательной крюковой подвеской для работы с крупногабаритными грузами массой до 2 т и для монтажных работ. Для подъема-опускания крюковой подвески гуська в конструкцию крана включена грузовая лебедка вспомогательного подъема.

Питание индивидуальных трехфазных электродвигателей крановых механизмов электрическим током производится от синхронного генератора 3 (рис. 3.37) трехфазного тока 3 мощностью 30 кВт, привод которого осуществляется от дизеля автомобиля через коробку передач 1, коробку отбора мощности 2 и карданные валы. Электродвигатели приводят в действие исполнительные органы крановых механизмов через редукторы. Возможно питание приводных электродвигателей также от внешней сети трехфазного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц. Электродвигатели грузовых лебедок главного и вспомогательного подъемов и поворотного механизма имеют фазный ротор, электродвигатель стреловой лебедки — короткозамкнутый. Частота вращения генератора регулируется двигателем базового автошасси и варьированием передаточных чисел коробки передач автомобиля. Ток на поворотную часть крана передается через кольцевые токосъемники.



Р и с. 3.37. Кинематическая схема автокрана с дизель-электрическим приводом:

1 — коробка передач; 2 — коробка отбора мощности; 3 — генератор; 4 — колодочные тормоза; 5 — редукторы; 6 — поворотная шестерня; 7 — зубчатый венец опорно-поворотного устройства; 8 — барабаны лебедок

Управление двигателями (плавный пуск, регулирование скорости, реверс, останов) крановых механизмов, за исключением стреловой лебедки, осуществляется с помощью контроллеров, размещенных в кабине машиниста. Пуск и останов двигателя стреловой лебедки производятся реверсивными магнитными пускателями, управляемыми кнопками. Лебедки и механизм вращения поворотной платформы снабжены колодочными тормозами с электрогидравлическими толкателями.

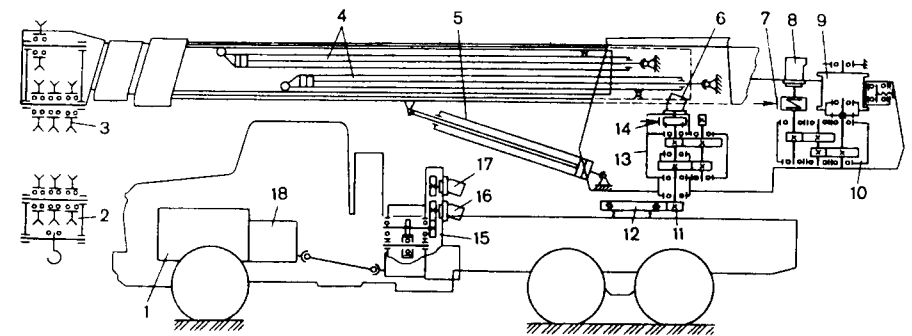
Автомобильные краны с гидравлическим приводом выпускают 2—4-й размерных групп и оборудуют жестко подвешенными телескопическими стрелами (основное рабочее оборудование), длину

которых можно изменять при рабочей нагрузке. В качестве сменного рабочего оборудования кранов применяют удлинители стрел, гуськи и башенно-стреловое оборудование, башней которого служит основная телескопическая стрела.

На кранах 3-й размерной группы устанавливают двухсекционные стрелы с одной подвижной секцией, на кранах 4-й размерной группы — трехсекционные с двумя выдвижными секциями. Перемещение выдвижных секций стрелы осуществляется с помощью длинноходовых гидроцилиндров двойного действия. Все автокраны с гидравлическим приводом однотипны по конструкции, максимально унифицированы и различаются между собой базовыми автошасси, грузоподъемностью, размерами узлов и агрегатов.

Рассмотрим в качестве примера конструкцию крана грузоподъемностью 16 т (рис. 3.38), смонтированного на шасси автомобиля КрАЗ. Гидравлический привод рабочего оборудования машины обеспечивает изменение длины телескопической стрелы, подъем и опускание груза, изменение угла наклона стрелы, поворот стрелы (платформы) в плане на 360°. Причем операции подъема-опускания груза или стрелы могут быть совмещены с поворотом платформы или выдвижением — втягиванием телескопической стрелы. С помощью гидропривода производится также управление четырьмя гидродомкратами выносных опор, гидроцилиндрами выдвижения — втягивания выносных опор и двумя гидроцилиндрами механизма блокировки подвески. Кран может работать на опорах без выдвижения опорных балок, что позволяет эксплуатировать его в стесненных условиях.

Телескопическая стрела крана состоит из трех секций коробчатого сечения — неподвижной наружной (основания), шарнирно прикрепленной к стойкам поворотной платформы, и выдвижных средней и верхней секций. На переднем конце верхней секции установлены неподвижные блоки 3 грузового полиспаста для подъ-



Р и с. 3.38. Автокран с гидравлическим приводом

сма-опускания крюковой подвески 2. Выдвижение и втягивание секций стрелы производится двумя длинноходовыми гидроцилиндрами 4 двойного действия и осуществляется в такой последовательности: сначала выдвигается средняя секция, а затем после полного ее выдвижения выдвигается верхняя секция. Стрела может выдвигаться с грузом 4 т на длину до 14,7 м, с грузом 2 т — на полную длину (21,7 м). Изменение угла наклона стрелы производится гидроцилиндром 5. Стрела может быть оборудована 9-метровым удлинителем и гуськом со вспомогательной крюковой подвеской.

Грузовая лебедка крана состоит из регулируемого аксиально-поршневого гидромотора 8, цилиндрического двухступенчатого редуктора 10, барабана 9, и нормально замкнутого ленточного тормоза 7 с гидроразмыкателем, включенным параллельно гидромотору. Регулируемый гидромотор грузовой лебедки позволяет осуществлять ускоренный подъем грузов массой до 6 т со скоростью 18,2 м/мин, вдвое превышающей номинальную. Кран оборудован вспомогательной лебедкой, по конструкции аналогичной грузовой, которая обслуживает крюковую подвеску гуська.

Рабочее оборудование крана смонтировано на поворотной платформе, которая опирается на ходовую раму шасси с помощью стандартного роликового опорно-поворотного устройства. Механизм поворота включает аксиально-поршневой гидромотор 6, двухступенчатый редуктор 13 и нормально замкнутый колодочный тормоз 14 с гидроразмыкателем. На выходном валу редуктора закреплена шестерня 11, входящая в зацепление с зубчатым венцом 12 опорно-поворотного устройства.

Гидравлические двигатели крановых механизмов, гидроцилиндры выносных опор и механизма блокировки рессор питаются от двух аксиально-поршневых насосов 16 и 17, привод которых осуществляется от дизеля 1 базовой машины через коробку передач 18 и раздаточную коробку 15. При выключенных насосах от раздаточной коробки приводится в действие механизм передвижения крана. Рабочая жидкость от насосов поступает по трубопроводам к гидроаппаратуре на поворотной платформе через вращающееся соединение. Управление крановыми механизмами осуществляется из кабины машиниста с помощью гидрораспределителей. Рабочие скорости крановых механизмов регулируются изменением частоты вращения вала двигателя автомобиля (и, следовательно, гидронасосов) и дроселированием потоков жидкости, подводимых к гидравлическим двигателям. Рабочее давление жидкости в гидросистеме крана составляет 12...16 МПа.

В настоящее время у нас в стране начато производство гидравлических автомобильных кранов с телескопическими стрелами грузоподъемностью 25 и 40 т. Гидравлические крановые установки, поставляемые этими фирмами, монтируются на переоборудованных

шасси серийных отечественных автомобилей КраЗ и КамАЗ с повышенной несущей способностью.

Кран грузоподъемностью 40 т выполнен на базе автомобиля КраЗ, шасси которого оснащено дополнительной осью. В состав каждой крановой установки входят: телескопическая стрела, гидроцилиндры подъема стрелы и ее телескопирования, механизм вращения поворотной части и две одинаковые лебедки — основная и вспомогательная. На стрелы могут устанавливаться удлинители и гуськи различной длины.

Все автомобильные краны оснащены системой устройств и приборов, обеспечивающей их безопасную эксплуатацию. В эту систему входят: ограничители грузоподъемности, подъема и опускания крюка, подъема стрелы, указатели вылета крюка и грузоподъемности, устройства, предотвращающие запрокидывание стрел, креномеры, сигнализаторы крана, границы рабочей зоны, опасного напряжения, нижнего рабочего положения стрелы, а также звуковой сигнал и приборы освещения.

Некоторые модели современных кранов оборудованы автоматическими ограничителями, управляемыми микропроцессорами.

**Гидравлические стреловые краны на специальных шасси** оснащены телескопическими, жестко подвешенными стрелами, имеют индивидуальный гидравлический привод каждого механизма и смонтированы на специальных шасси автомобильного типа и короткобазовых шасси, приспособленных для специфических крановых режимов работы. Выдвижение и втягивание телескопической стрелы могут выполняться с грузом на крюке. Сменное рабочее оборудование кранов — удлинители, неуправляемые гуськи, неуправляемые гуськи с удлинителями, управляемые гуськи (башенно-стреловое оборудование). Шасси автомобильного типа изготавливают многоосными (от 3 до 8 осей в зависимости от грузоподъемности) с использованием сборочных единиц серийных грузовых автомобилей. Краны на таких шасси обладают высокими мобильностью и скоростями передвижения (до 50...70 км/ч) и благодаря относительно небольшим нагрузкам на оси и колеса имеют высокую проходимость. Обычно они обслуживают удаленные друг от друга рассредоточенные строительные объекты с небольшими объемами крановых работ.

**Краны на шасси автомобильного типа** выпускают 5...10-й размерных групп и представляют собой однотипные по конструкции, максимально унифицированные машины. Краны могут работать на выносных опорах и без них и передвигаться по площадке с твердым покрытием с грузом на крюке при стреле, направленной вдоль оси крана назад.

Специальное шасси автомобильного типа (рис. 3.39) включает ходовую раму, двигатель, трансмиссию, ведущие управляемые и не-



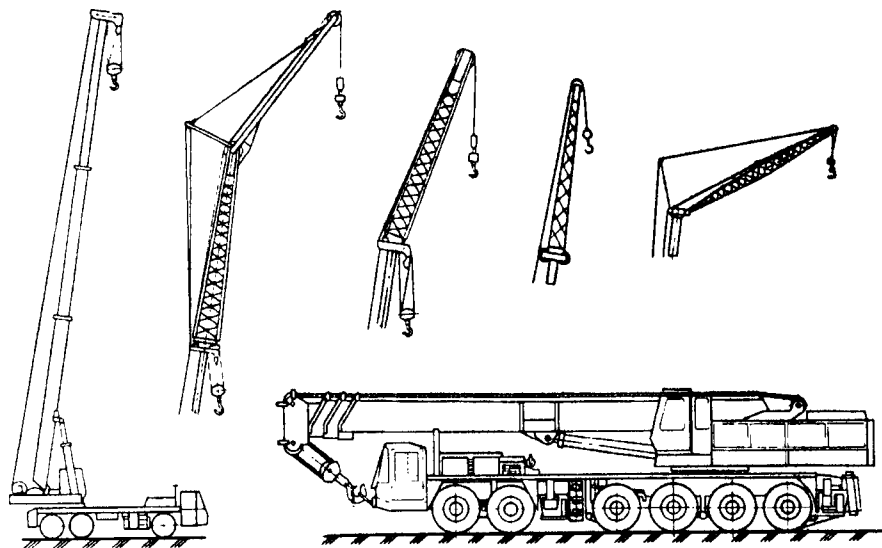


Рис. 3.39. Кран на шасси автомобильного типа

управляемые мосты и неведущие управляемые оси, кабину водителя, рулевое управление и тормозную систему. Колесная схема шасси определяется формулой  $A \times B$ , где  $A$  — число полуосей шасси,  $B$  — число ведущих полуосей. Составными частями трансмиссии являются: муфта сцепления, коробка передач, раздаточная коробка и карданные валы. На ходовой раме крепятся выносные гидроуправляемые опоры, зубчатый венец роликового опорно-поворотного устройства, с помощью которого поворотная часть крана соединяется с неповоротной. На кранах грузоподъемностью 25 и 40 т двигатель шасси служит также для привода крановых механизмов. На кранах большей грузоподъемности крановое оборудование и шасси имеют самостоятельные силовые установки.

На поворотной платформе размещены: телескопическая стрела, механизм подъема груза, механизм подъема-опускания стрелы, механизм поворота, кабина машиниста с пультом управления и противовес. Механизм подъема груза имеет две конструктивно одинаковые грузовые лебедки — главную и вспомогательную. Главная лебедка осуществляет главный подъем, вспомогательная используется для работы с крюковыми подвесками неуправляемых гуськов, а при башенно-стреловом оборудовании приводит в движение управляемый гусек через полиспаст управления. Привод механизмов подъема груза и поворота осуществляется аксиально-поршневыми насосами; механизмы подъема-опускания стрелы и выдвижения-втягивания ее секций приводятся в действие гидроцилиндрами двойно-

го действия. Гидродвигатели кранового оборудования получают питание от аксиально-поршневых насосов с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Насосы развивают давление в гидросистеме до 16 МПа.

**Краны на специальном короткобазовом шасси**, выпускают 4...6-й размерных групп грузоподъемностью 16 т, 25 т и 40 т. Краны имеют аналогичную конструкцию и оборудованы телескопическими стрелами, выдвижение и втягивание которых можно осуществлять под нагрузкой. Крановое оборудование кранов на специальных автомобильных шасси и на короткобазовых шасси максимально унифицировано.

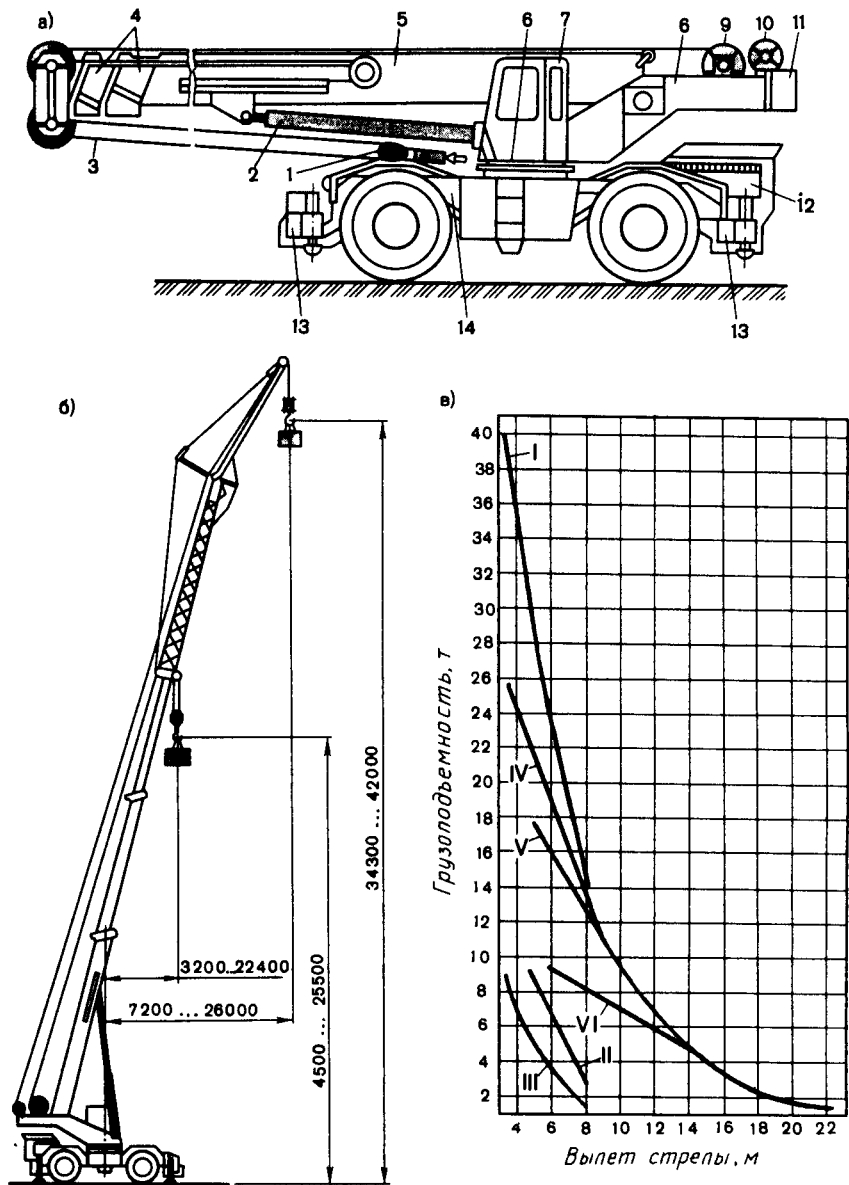
У короткобазовых шасси кранов отношение колеи  $K$  к базе машины  $B$  составляет примерно 0,8...0,9. Краны имеют два ведущих, независимо работающих и управляемых моста, что обеспечивает кранам высокую мобильность и маневренность, повышенную проходимость и возможность работы в стесненных условиях. Оба моста всех шасси кранов взаимно унифицированы. Краны на короткобазовом шасси используют на строительных объектах со средними объемами работ. Сменное рабочее оборудование кранов — удлинитель стрел и неуправляемые гуськи.

Короткобазовый кран 6-й размерной группы (рис. 3.40, а) состоит из шасси 14, поворотной части 8 и рабочего оборудования. На раме шасси установлены дизельный двигатель 12, выносные гидроуправляемые опоры 13 и опорно-поворотное устройство 6 для соединения поворотной части с рамой шасси. Каждая выносная опора состоит из балки с гидродомкратом для подъема крана на опорах и гидроцилиндра выдвижения опор. От дизеля шасси осуществляется привод гидромеханической трансмиссии ходового устройства и привод аксиально-поршневых насосов крановых механизмов. Поворотная часть состоит из поворотной рамы, на которой смонтированы: трехсекционный телескопическая стрела с основной 5 и двумя выдвижными секциями 4, грузовым полиспастом 3 и крюковой подвеской 1, кабина машиниста 7, главная 9 и вспомогательная 10 грузовые лебедки; гидроцилиндр 2 подъема-опускания стрелы и противовес 11.

Крановые механизмы приводятся в действие аксиально-поршневыми гидромоторами и гидроцилиндрами, получающими питание от насосов, расположенных на гидротрансформаторе трансмиссии ходового устройства. Насосы приводятся во вращение от двигателя через насосное колесо гидротрансформатора.

Рабочее оборудование крана включает в себя телескопическую стрелу длиной 10,6...25,2 м, удлинитель длиной 10 м и неуправляемый гусек длиной 7,5 м с укосиной и оттяжками. При работе с удлинителем и гуськом кран может осуществлять как основной, так и вспомогательный подъем.





На рис. 3.40, б показан кран в рабочем положении; на рис. 3.40, в приведены его грузовые характеристики.

Краны на специальных шасси снабжены следующими приборами безопасности: выключателями подъема крюковых подвесок и сматывания канатов с барабанов, указателями вылета стрелы и грузоподъемности, ограничителями наибольшего давления и гидрозамками в гидросистеме.

**Пневмоколесные краны** на специальном шасси наиболее эффективно используют для выполнения монтажных погрузочно-разгрузочных работ средних объемов на рассредоточенных объектах, отстоящих друг от друга на небольших расстояниях, которые краны при перебазировках обычно преодолевают своим ходом. Промышленность серийно выпускает пневмоколесные краны 5...8-й размерных групп грузоподъемностью 25, 40, 63 и 100 т с дизель-электрическим приводом. Краны могут работать от внешней силовой сети напряжением 380 В. На кранах 5-й и 6-й размерных групп привод всех механизмов осуществляется от одной силовой установки, смонтированной на шасси машины. Краны 7-й и 8-й размерных групп имеют две силовые установки, одна из которых смонтирована на шасси и предназначена для его привода, а другая установлена на поворотной части и служит для привода крановых механизмов.

Ходовые устройства кранов имеют от двух до пяти (в зависимости от грузоподъемности) осей, каждая из которых оборудована двумя или четырьмя пневмоколесами. Разворот управляемых пневмоколес передних осей выполняется с помощью гидроцилиндров. Привод ведущих осей осуществляется от одного или двух индивидуальных электродвигателей, расположенных на раме ходового устройства. Движение к ведущим осям передается через коробку передач и карданные валы. На раме смонтировано унифицированное роликовое опорно-поворотное устройство. Ходовые рамы пневмоколесных кранов снабжаются основными и дополнительными выносными гидроуправляемыми опорами. На ходовую раму через опорно-поворотное устройство опирается поворотная часть, на которой расположены дизель-генераторная установка, главная и вспомогательная грузовые лебедки, стреловая лебедка, механизм поворота, кабина машиниста с пультом управления и противовес.

Пневмоколесные краны оборудуются жесткими решетчатыми стрелами длиной до 15 м (основное оборудование), удлиненными прямыми стрелами длиной до 55 м, удлиненными стрелами с гуськами, башенно-стреловым оборудованием, состоящим из башни и маневровых гуськов.

Краны со стрелами, а также неуправляемыми гуськами могут быть оборудованы системой горизонтального перемещения груза при изменении угла наклона стрелы. При работе кранов возможно совмещение следующих операций: подъема или опускания грузов

Рис. 3.40. Кран на короткобазовом шасси:

а — общий вид; б — схема крана в рабочем положении; в — графики грузоподъемности (главный подъем)

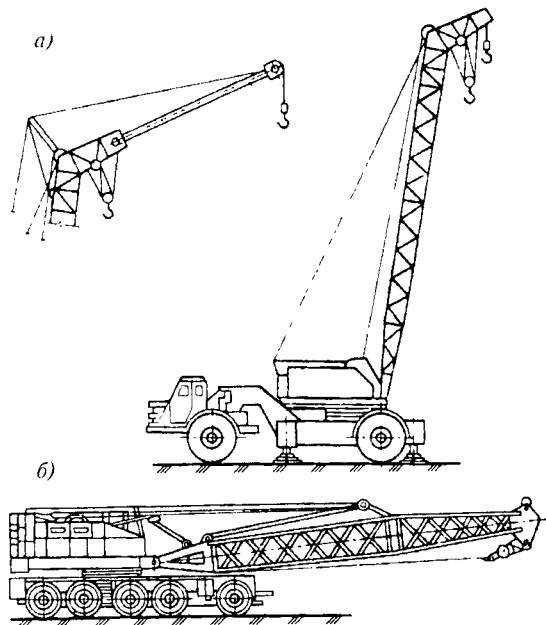


Рис. 3.41. Пневмоколесные краны

Кран оборудуют стрелами длиной 15... 55 м без гуська и стрелами длиной 20...40 м с неуправляемым гуськом длиной 20 м; башенно-стреловым оборудованием, состоящим из башен-стрел длиной 25, 30, 35 и 40 м и управляемых гуськов длиной 15, 20, 25 и 30 м; мачтово-стреловым оборудованием, при котором управляемые гуськи длиной 30 м устанавливают на стрелы длиной 45, 50 и 55 м.

Пневмоколесные краны могут передвигаться вместе с грузом со скоростью до 2 км/ч, при этом грузоподъемность составляет не более 25...30 % от номинальной. Транспортная скорость передвижения кранов не превышает 18 км/ч.

**Гусеничные стреловые самоходные краны** (рис. 3.42) монтируют на базе специальных двухгусеничных шасси, обеспечивающих за счет большой опорной поверхности гусениц высокие проходимость и устойчивость машин. Такие краны имеют дизель-электрический привод и отличаются от пневмоколесных кранов в основном конструкцией ходового устройства, способны работать без выносных опор, передвигаться с грузом и применяются на объектах с большими объемами строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ. С их помощью ведут монтаж зданий и сооружений из тяжеловесных крупноразмерных бетонных и железобетонных элементов, сборку строительных металлоконструкций, монтаж технологического оборудования и т. п.

главной или вспомогательной лебедкой с подъемом или опусканием стрелы; подъема или опускания стрелы с поворотом поворотной части.

Крановое оборудование может быть смонтировано на полуприцепном ходовом устройстве с одним приводным мостом автомобильного типа, которое соединяется с седельным устройством одноосного тягача (рис. 3.41, а).

Шасси дизель-электрического крана грузоподъемностью 100 т (рис. 3.41, б) имеет пять мостов, из которых два приводных, а три являются управляемыми.

Промышленность серийно выпускает гусеничные краны грузоподъемностью 16; 25; 40; 63; 100 и 160 т, которые оснащаются стреловым и башенно-стреловым оборудованием и могут работать как от собственного дизель-электрического агрегата, так и от внешней сети трехфазного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц. Ходовое устройство кранов состоит из двух гусеничных многоопорных тележек балансирующего типа, соединенных между собой поперечными балками, несущими жесткую ходовую раму. На ходовой раме смонтированы узлы привода ходового оборудования и унифицированное роликосное или шариковое опорно-поворотное устройство. Каждая гусеница ходового устройства имеет независимый электрический привод. Вращение ведущим звездочкам гусеничных тележек сообщается от индивидуальных электродвигателей через бортовые цилиндрические редукторы. Механизмы передвижения кранов имеют управляемые тормоза. Поворот всего крана производится за счет торможения одной из гусениц. К раме ходового оборудования крепится с помощью опорно-поворотного устройства рама поворотной части, на которой расположены дизель-электрический агрегат, портал, грузовые лебедки главного и вспомогательного подъемов, стреловая лебедка, механизм поворота, кабина машиниста с постом управления, электрооборудование и противовес. Ток к электродвигателям ходового устройства на неповоротной части крана подается через кольцевой токосъемник.

При работе кранов возможно совмещение операций: подъема (опускания) груза с подъемом (опусканием) стрелы или управляемого гуська, подъема (опускания) груза главной или вспомогательной лебедкой с поворотом платформы. Гусеничные и пневмоколесные краны оснащают следующими приборами безопасности: ограничителями грузоподъемности, конечными выключателями подъема и

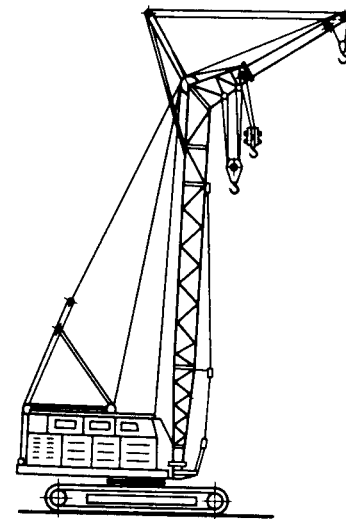


Рис. 3.42. Гусеничный кран

опускания стрелы и управляемого гуська, опускания башни, ограничителями сматывания канатов с главной и вспомогательной грузовых лебедок и блокировки люка кольцевого токосъемника, указателями наклона крана, грузоподъемности и крайних положений гуська, различными сигнализаторами и приборами освещения.

**Краны-трубоукладчики** представляют собой специальные самоходные гусеничные и колесные машины с боковой стрелой, которые являются основными грузоподъемными средствами на строительстве трубопроводов. Они предназначены для укладки в траншею трубопроводов, для сопровождения очистных и изоляционных машин, поддержания трубопроводов при сварке, погрузке-разгрузки труб и плетей, а также для выполнения различных строительно-монтажных работ.

Основные рабочие движения трубоукладчика: подъем и опускание груза, передвижение крана вместе с грузом, изменение вылета стрелы с грузом.

Кроме основного грузоподъемного оборудования краны-трубоукладчики могут быть оснащены бульдозерным, рыхлительным, бурильно-крановым и сваебойным оборудованием. С помощью трубоукладчика с соответствующим навесным оборудованием можно срезать, планировать и перемещать грунт, засыпать траншеи, рыхлить мерзлые грунты, бурить шпур и скважины, сооружать свайные основания трубопроводов, зданий и сооружений и т. д. Трубоукладчики используются также в качестве тягачей.

Каждый кран-трубоукладчик состоит из базовой машины, навесного грузоподъемного оборудования, трансмиссии, системы управления и приборов безопасности. Основным силовым оборудованием кранов-трубоукладчиков служит дизельный двигатель базового тягача. Привод исполнительных механизмов кранов-трубоукладчиков может быть одномоторным (механическим) и многомоторным (гидравлическим), ходовое устройство — гусеничным и пневмоколесным, подвеска стрелы — гибкой или жесткой.

Основные параметры кранов-трубоукладчиков — момент устойчивости и грузоподъемность.

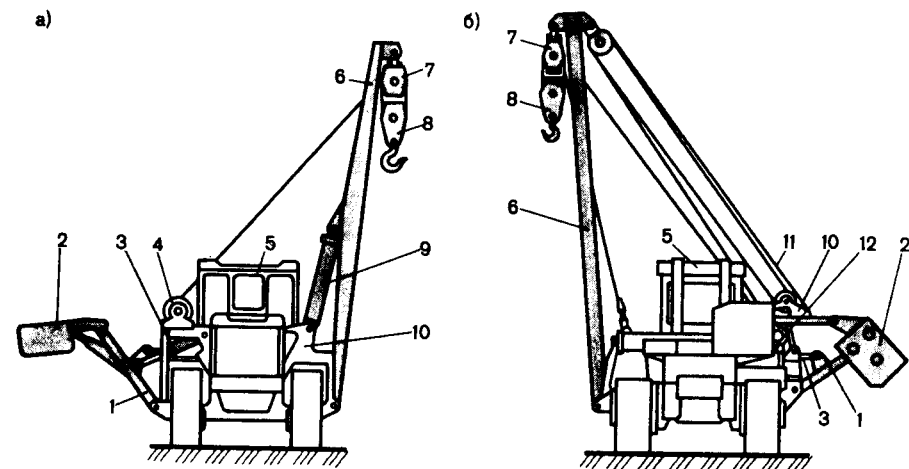
Индекс трубоукладчиков включает буквенную и цифровую части. Первые две буквы индекса ТГ обозначают трубоукладчик гусеничный, ТК — трубоукладчик колесный.

Первые цифры обозначают грузоподъемность трубоукладчика (в т), последняя — порядковый номер данной модели. После цифр в индексе могут стоять буквы, обозначающие очередную модернизацию (А, Б, В, ...) и климатическое исполнение машины (ХЛ — северное, Т — тропическое). Например, индексом ТГ-124А обозначен трубоукладчик грузоподъемностью 12 т, четвертой модели, прошедший первую модернизацию. Гусеничные краны-трубоукладчики базируются на серийно выпускаемых промышленных гусеничных

тракторах трубоукладочных модификаций или на переоборудованных промышленных тракторах. Гусеничные ходовые тележки базовых тягачей имеют, как правило, жесткую подвеску, расширенную колею, удлиненную базу, дополнительные бортовые редукторы для повышения тягового усилия, гидромеханические ходоуменьшители для получения «ползучих» скоростей, передвижения в диапазоне 0,1...0,6 км/ч.

Грузоподъемное оборудование крана-трубоукладчика (рис. 3.43) монтируется на специальной раме (портале) 10 и включает грузовую неповоротную в плане стрелу 6, механизмы изменения вылета стрелы и подъема груза, контргруз 2 со стрелой и устройством 3 для его откидывания, узлы трансмиссии и управления.

Стрела шарнирно крепится на двух кронштейнах гусеничной тележки или рамы с левой стороны по ходу движения базового трактора 5. Подъем и опускание (изменение вылета) стрелы с гибкой подвеской осуществляются стреловой лебедкой 12 через полиспаст 11, с жесткой подвеской — одним или двумя гидроцилиндрами двойного действия 9. К оголовку стрелы прикреплена подвесная обойма 7, которая совместно с крюковой подвеской 8 и грузовым канатом образует грузовой полиспаст. Способ подвески стрелы определяет конструкцию лебедки трубоукладчика. При гибкой подвеске стрелы лебедка имеет два барабана — стреловой и грузовой. Гидравлический привод механизма изменения вылета стрелы позволяет выполнять лебедку 4 однобарабанными, предназначенными только для подъема-опускания груза.



Р и с. 3.43. Гусеничные краны-трубоукладчики

Лебедки трубоукладчиков с гидравлическим приводом имеют независимый индивидуальный привод грузового и стрелового барабанов, осуществляемый от аксиально-поршневых гидромоторов через цилиндрические редукторы. Барабаны оборудуются ленточными нормально замкнутыми тормозами, автоматически размыкаемыми гидравлическими толкателями при включении гидромоторов.

Для увеличения грузовой устойчивости крана-трубоукладчика при работе с правой стороны машины располагается контргруз с изменяемым вылетом. Откидывание и возврат (изменение вылета) контргруза производится, как правило, гидроцилиндром двойного действия, что позволяет фиксировать контргруз в любом промежуточном положении. Механизм откидывания контргруза 2 включает стрелу 1, гидроцилиндр 3.

**Колесные трубоукладчики** смонтированы на высокопроходимом и высокоманевренном четырехколесном шасси со всеми ведущими колесами и бортовым поворотом машины.

При бортовом повороте один борт тормозится, а радиус поворота имеет минимальное значение, что обеспечивает возможность работы в стесненных условиях.

Высокая маневренность колесных трубоукладчиков обеспечивает:

- выполнение строительно-монтажных работ в городе (без повреждения асфальтового покрытия);
- возможность работы в стесненных городских условиях (на проезжей части и во дворах);
- мобильность при перебазировании машины с объекта на объект;
- возможность использования трубоукладчика в качестве тягача для доставки на объекты сварочных агрегатов, прицепов с трубами, блоками и строительными материалами.

*Грузоподъемное оборудование колесных трубоукладчиков* — однобарабанная лебедка, телескопическая стрела, механизм привода насосов и гидравлическая система. Изменение угла наклона стрелы производится гидроцилиндром. Для изменения длины стрелы служит длинноходовой гидроцилиндр, установленный внутри стрелы.

Телескопическая стрела позволяет эффективно эксплуатировать машину в стесненных городских условиях, при этом длину стрелы можно изменять при наличии груза на крюке.

Безопасность эксплуатации трубоукладчиков обеспечивают автоматические ограничители высоты подъема крюка; указатели продольного и поперечного крена машины; автоматические сигнализаторы опасного напряжения; электрические указатели грузового момента; гидравлические указатели фактической нагрузки на стреле.

Гусеничные краны-трубоукладчики имеют грузоподъемность 6,3...80 т, колесные — 6,3 и 8 т.

**Специальные стреловые краны на рельсовом ходу** подразделяют на железнодорожные (установленные на железнодорожных платформах), стреловые и башенно-стреловые с использованием сборочных единиц гусеничных кранов и стреловые на базе башенных рельсовых кранов.

*Стреловые краны нулевого цикла* предназначены для выполнения строительно-монтажных работ при возведении нулевых циклов зданий в жилищном и гражданском строительстве.

В конструкциях кранов нулевого цикла широко использованы унифицированные узлы и механизмы серийно выпускаемых башенных кранов.

Составные части стреловых кранов на базе башенных кранов 4-й размерной группы (рис. 3.44, а): ходовая рама с тележками, опорно-поворотное устройство, поворотная платформа с установленными на ней крановыми механизмами, подъемной стрелой, кабиной машиниста, стойкой с подкосом и балластом. Стрелы кранов секционные прямоугольного сечения и состоят из корневой, головной и трех промежуточных секций.

Краны могут быть собраны в нескольких исполнениях, отличающихся длиной стрелы, грузоподъемностью и грузовым моментом. Краны могут быть снабжены сменной опорной вставкой, выполняющей функцию короткой башни, что позволяет использовать его также для строительства малоэтажных зданий. С объекта на объект краны перевозят на подкатной тележке с помощью седельного тягача.

Грузоподъемность кранов 5...32 т, вылет крюка 7...37 м, высота подъема крюка 4,8...32 м, скорость плавной посадки груза 1,3...2,5 м/мин.

Кран нулевого цикла с грузовым моментом 400 т·м на базе башенного крана 6-й размерной группы имеет укороченную башню и удлиненную (до 50 м) балочную стрелу. Высота подъема при максимальном вылете крюка 17 м. Глубина опускания не менее 5 м.

Краны с высоким порталом (рис. 3.44, б) предназначены для перегрузочных работ на складах, имеющих железнодорожные подъездные пути, так как портал рассчитан на пропуск между опорами крана железнодорожных вагонов нормальной колеи.

Легкие полноповоротные стреловые краны грузоподъемностью 1...2 т (рис. 3.45) применяют для подъема различных строительных материалов и санитарно-технического оборудования на строящемся здании, при монтаже мощных вентиляционных устройств, при производстве монтажных и обмуровочных работ в котельных, а также для подъема грунта в бадьях при разработке небольших котлованов и траншей вручную. Рабочие движения крана — подъем (опускание)

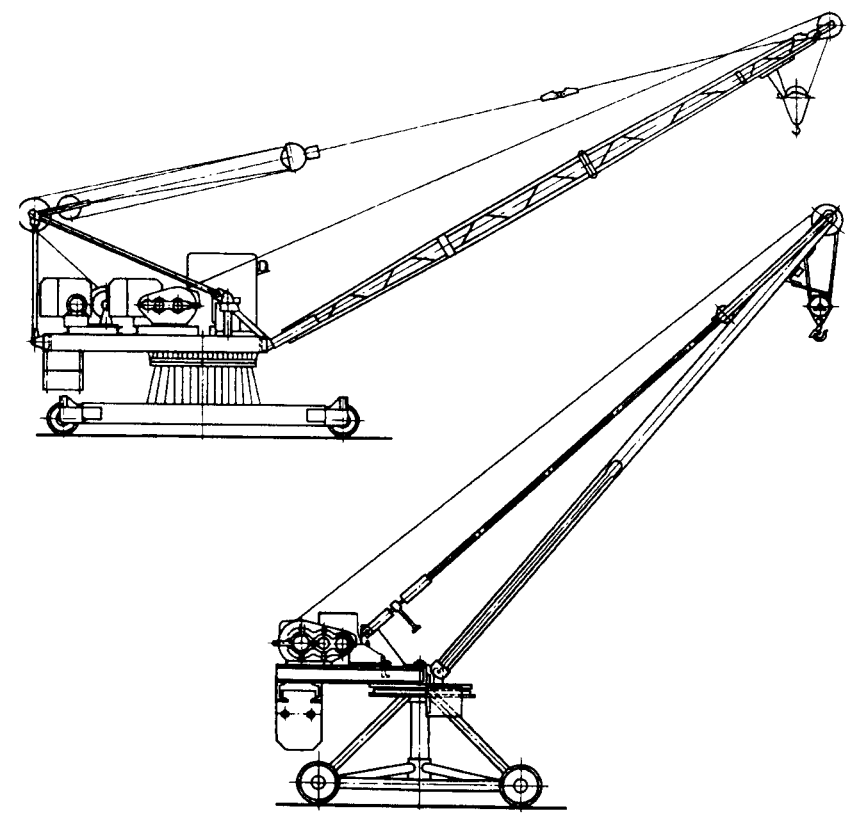
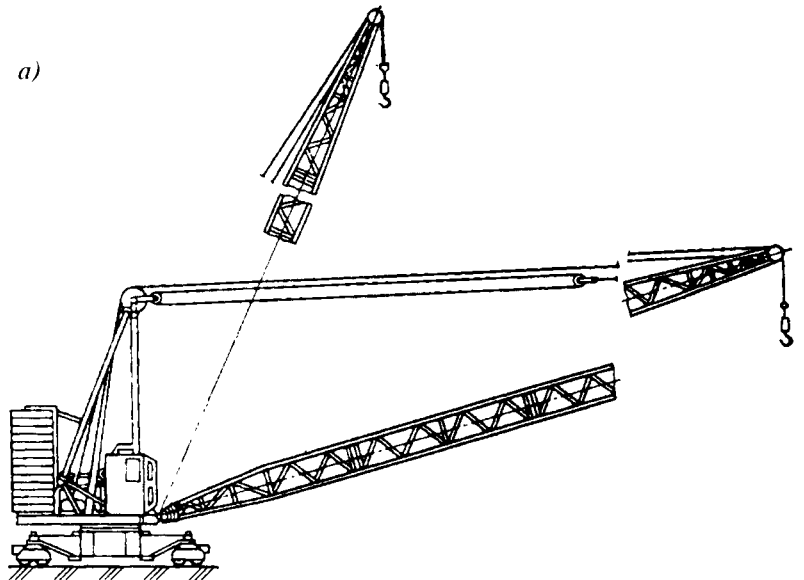


Рис. 3.45. Стреловые полноповоротные переносные краны

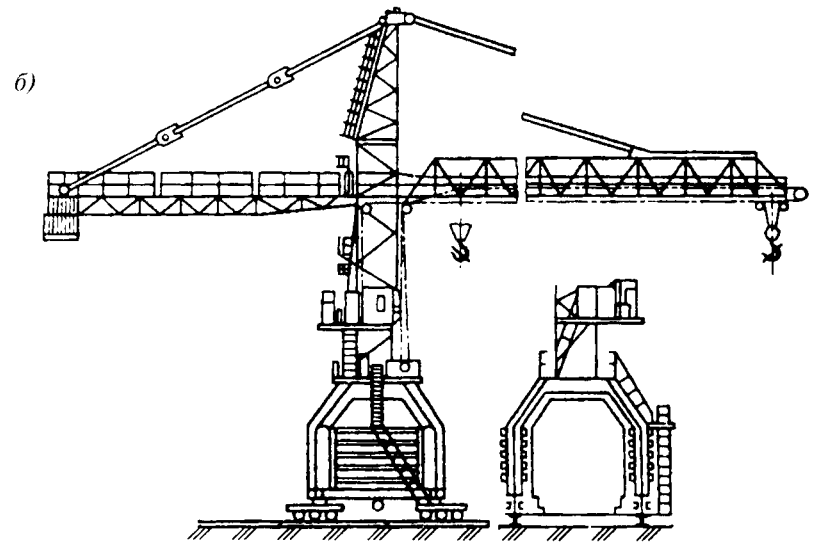


Рис. 3.44. Специальные рельсовые краны

груза и поворот стрелы с поднятым грузом в плане на  $360^\circ$ . Эти краны установлены на катках и перемещаются на объекте с помощью автомобиля или вручную. Поворот платформы со стрелой кранов также осуществляется вручную или механическим приводом. Вылет стрелы у многих кранов постоянный, но есть конструкции, у которых вылет можно изменять с помощью канатных полиспастов или вручную винтовыми стяжками. Механизм подъема груза состоит из реверсивной лебедки с приборами управления, грузового каната и крюковой подвески.

Рычажный ограничитель высоты подъема крюка отключает двигатель лебедки при подходе крюковой обоймы к крайнему верхнему положению.

Наибольший вылет стрелы кранов 3...4 м, наименьший — 2,0 м. Высота подъема крюка 4,5...8 м (при установке на земле) и 30...50 м при установке на здании. Управление кранами осуществляется с вы-

носного пульта. Транспортировка кранов производится без разборки в кузове бортового автомобиля.

Сменная эксплуатационная производительность кранов (т/смен):

$$П_э = t_{см} Q n K_Г K_В, \quad (3.21)$$

где  $t_{см}$  — продолжительность смены, ч;  $Q$  — грузоподъемность крана, т;  $n = 3600/T_{ц}$  — число циклов, совершаемых краном за один час работы;  $K_Г$  — коэффициент использования крана по грузоподъемности;  $K_В$  — коэффициент использования крана по времени в течение смены.

Общее время цикла складывается из машинного времени  $t_М$  и времени, расходуемого на выполнение ручных операций  $t_Р$ :

$$T_{ц} = t_М + t_Р + t_В z, \quad (3.22)$$

$$t_М = [(H_1/v_1) + (H_2/v_2) + (L_1/v_3) + (L_2/v_4) + (2\alpha/360n)]K, \quad (3.23)$$

$$t_Р = t_3 + t_y + t_0, \quad (3.24)$$

где  $H_1$  и  $H_2$  — соответственно высота подъема и опускания крюка, м;  $L_1$  и  $L_2$  — путь передвижения грузовой тележки (или изменения вылета) и крана, м;  $v_1, v_2, v_3, v_4$  — скорости подъема и опускания груза, передвижения грузовой тележки (или изменения вылета) и крана, м/мин;  $\alpha$  — угол поворота стрелы (туда и обратно), град;  $n$  — частота вращения стрелы крана, мин<sup>-1</sup>;  $K$  — коэффициент совмещения операций (зависит от технических возможностей крана и мастерства машиниста);  $t_3$  — время строповки груза, мин;  $t_y$  — время наводки и установки груза в проектное положение, мин;  $t_0$  — время расстроповки груза, мин;  $t_В$  — время вспомогательных машинных операций, м;  $z$  — число вспомогательных машинных операций (подъем, передвижение, поворот с грузом, обратный поворот, опускание и т. д.).

**Устойчивость кранов.** Устойчивость передвижных кранов против опрокидывания обеспечивается их собственной массой и проверяется по правилам Госгортехнадзора в рабочем и нерабочем состояниях. Различают грузовую и собственную устойчивость.

Грузовая устойчивость характеризует устойчивость крана с подвешенным грузом (и откинутым противовесом у кранов-трубоукладчиков) при возможном опрокидывании его в сторону груза.

Собственная устойчивость характеризует устойчивость крана в нерабочем состоянии (без рабочего груза) при возможном опрокидывании его в сторону противовесной части крана (контргруза).

Показателем степени устойчивости является коэффициент устойчивости. Коэффициент грузовой устойчивости  $K_1$  представляет собой отношение восстанавливающего момента  $M_в$ , создаваемого массой всех частей крана, с учетом ряда дополнительных нагрузок

(ветровая нагрузка, инерционные силы, возникающие при пуске или торможении исполнительных механизмов, вращении поворотной части и передвижения крана), а также влияния наибольшего допускаемого при работе крана уклона площадки или подкранового пути (до 2° для башенных кранов, до 3° для самоходных стреловых кранов и до 7° для кранов-трубоукладчиков) к опрокидывающему моменту  $M_о$ , создаваемому массой рабочего груза.

Определение опрокидывающего и восстанавливающего моментов производится относительно ребра опрокидывания (головки рельса подкранового пути для башенных кранов, точек касания опорных домкратов аутригеров с подпятниками опор для стреловых самоходных кранов на пневмоходу, края катка левой гусеницы для кранов-трубоукладчиков и т. п.).

Коэффициент грузовой устойчивости крана подсчитывают при расположении стрелы в плане перпендикулярно ребру опрокидывания:  $K_1 = (M_в/M_о) \geq 1,15$ .

При работе крана на горизонтальной площадке без учета дополнительных нагрузок и уклона пути коэффициент грузовой устойчивости должен быть не менее 1,4.

Коэффициент собственной устойчивости  $K_2$  представляет собой отношение момента  $M'_в$ , создаваемого массой всех частей крана с учетом влияния наибольшего допускаемого уклона площадки (подкранового пути) в сторону опрокидывания, к моменту, создаваемому ветровой нагрузкой  $M'_о$ , определенных относительно ребра опрокидывания;  $K_2 = M'_в/M'_о$  должен быть не менее 1,15.

Ветровая нагрузка, действующая на кран и груз, определяется в соответствии с ГОСТом.

### 3.5 КОЗЛОВЫЕ КРАНЫ

Козловые краны применяют в городском строительстве для выполнения погрузочно-разгрузочных и транспортных работ на складских территориях заводов и комбинатов строительных изделий и конструкций, предварительной сборки конструкций и основных монтажных работ на строительстве эстакад, путепроводов, мостов и метрополитена (при открытом способе строительства), а также монтажа зданий (в том числе и из объемных элементов) и технологического оборудования промышленных зданий и сооружений. Козловой кран (рис. 3.4б, а, б) состоит из моста 3, установленного на двух опорах, одна из которых (пространственная) 2 жестко соединена с мостом крана, а другая (плоская) 5 крепится к нему шарнирно. Опоры крана посредством тележек соединены с ходовыми колесами 1. По мосту крана перемещается грузовая тележка 6

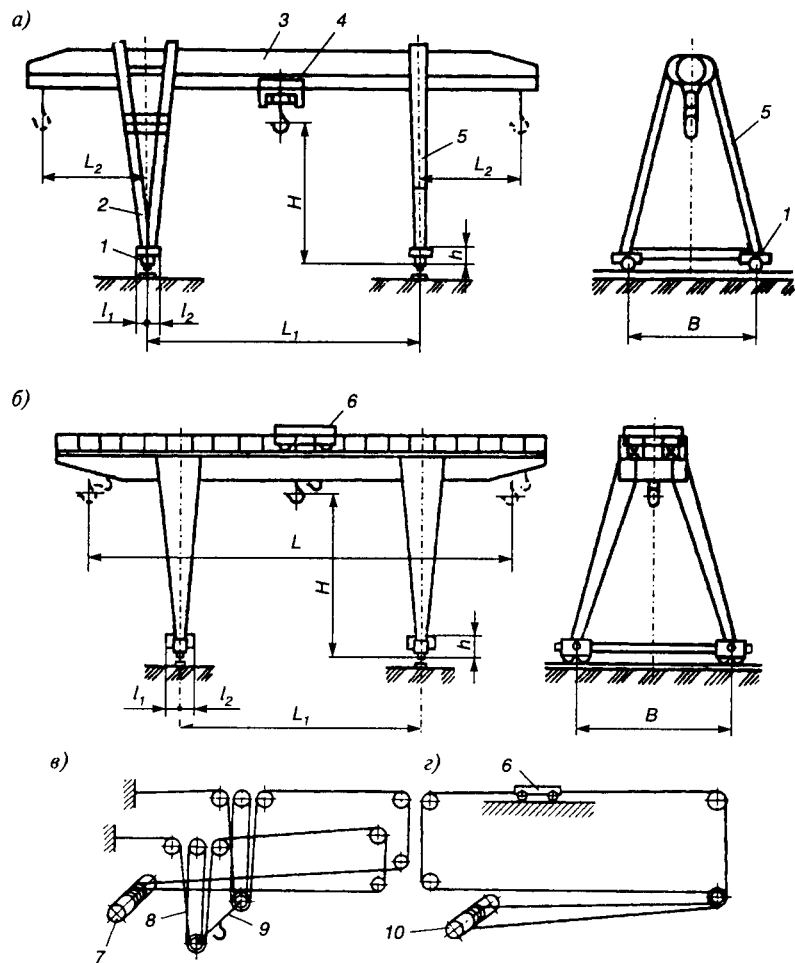


Рис. 3.46. Козловой кран

(рис. 3.46, б) или электроталь 4 (рис. 3.46, а). В верхней части одной из опор или к ферме моста крепится кабина управления. Козловые краны выполняют бесконсольными и с одной или двумя консолями, позволяющими перемещать груз за пределы площади, ограниченной подкрановыми путями.

К основным параметрам козловых кранов относятся грузоподъемность  $Q$  как основного, так и вспомогательного механизмов подъема груза, пролет крана  $L_1$  (или колея крана, т. е. расстояние между вертикальными осями ходовых колес, расположенных на различных рельсах), длина хода грузовой тележки  $L$ , высота подъема

крюка  $H$  и база крана  $B$  — расстояние между шарнирами ходовых тележек, установленных на одном рельсе.

Мост козлового крана состоит из одной или двух решетчатых ферм трех- или четырехугольного сечения с постоянным или переменным сечением на консолях. В перегрузочных кранах обе опоры могут иметь пространственную форму из уголкового профиля. В последние годы козловые краны выпускаются из сплошностенчатых металлоконструкций с применением специальных профилей.

В зависимости от грузоподъемности на козловых кранах устанавливают одну или две реверсивные грузовые лебедки 7, которые располагаются или внутри фермы моста, или на грузовой тележке. Грузовой полиспаст 8 при этом может иметь до 12 ветвей каната, на которых висит поднимаемый груз. В соответствии с конструктивными особенностями кранов грузовой тележка передвигается по верхнему или нижнему поясу моста козлового крана. Если грузовой тележкой передвигается по верхнему поясу моста крана, то в этом случае крюк крепится к траверсе 9 (рис. 3.46, в), которая удерживается двумя полиспастами 8, расположенными с обеих сторон тележек и проходящими снаружи моста крана. Перемещение грузовой тележки 6 осуществляется с помощью канатной тяги от лебедки передвижения тележки 10 (рис. 3.46, г) или от механизма передвижения, установленного непосредственно на тележке. Грузовые тележки имеют от 4 до 8 колес, 2 или 4 из которых являются приводными.

Механизм передвижения козловых кранов устанавливают на ходовой раме портала. Краны обычно имеют от 8 до 24 ходовых колес, половина из которых — приводные.

Электрическая энергия (переменный ток напряжением 380 В) к крану подается через гибкий кабель. Для сохранения кабеля применяют кабельные барабаны, собирающие на свою поверхность кабель или расстилающие его (при движении крана) по деревянному коробу, расположенному между рельсами или сбоку от него.

В конструкциях некоторых кранов на грузовой тележке, перемещающейся по верхнему поясу моста, устанавливают шевры (двухопорный стреловой кран, имеющий возможность изменять вылет), имеющие грузоподъемность до 10 т и вылет крюка до 10 м. Кабины управления (одна или две) устанавливаются в опоре крана или подвешиваются к грузовым тележкам и перемещаются вместе с ними вдоль нижнего пояса моста крана. Все козловые краны оборудованы приборами безопасности.

В зависимости от параметров, места установки и продолжительности работы козловых кранов применяют подкрановые пути, состоящие из деревянных шпал, железобетонных блоков (плит) с песчаным или щебеночным основанием, а также из деревянных шпал, замоноличенных в бетоне.

Монтаж козловых кранов ведут различными способами, основными из которых являются:

- с помощью одного или двух стреловых самоходных кранов;
- с помощью одной или четырех подъемных мачт с комплексом полиспастов и лебедок;
- сборка на земле с последующим подъемом его (с поворотом на 90°);
- подъем крана с помощью собственных механизмов и стягивающих полиспастов.

С объекта на объект козловые краны перевозят автотранспортом в разобранном виде укрупненными узлами.

Козловые краны просты по конструкции, изготовлению и надежны в эксплуатации. П-образная конструкция кранов позволяет иметь постоянную грузоподъемность на всем пролете крана. Имеются конструкции козловых кранов, у которых мост может быть полностью использован для мостового крана (с установкой на нем унифицированных ходовых тележек с механизмом передвижения). Современные козловые краны отличаются универсальностью исполнения, что позволяет иметь до 40 схем сборок кранов, различающихся между собой высотой подъема крюка, пролетом и грузоподъемностью. При этом тяжелые краны имеют от одного до четырех основных и один-два вспомогательных грузоподъемных крюков.

Грузоподъемность современных козловых кранов составляет от 3 до 200 т, высота подъема крюка — до 52 м, пролет — до 75 м, длина консоли — до 12 м.

Машины для земляных работ в гражданском строительстве используют при рыхлении плотных, скальных и мерзлых грунтов, планировании строительных площадок, подготовке оснований под дороги и проезды, разработке котлованов под фундаменты зданий и сооружений, рытье траншей открытым способом при прокладке городских коммуникаций и строительстве подземных сооружений, копании ям и приямков, зачистке дна и откосов земляных сооружений, обратной засыпке котлованов и траншей после возведения фундаментов и укладки коммуникаций, уплотнении грунтов и т. п.

Машины осуществляют разработку грунтов тремя основными способами:

**механическим**, при котором грунт отделяется от массива пассивными и приводными (активными) режущими органами — ножами, зубьями, скребками, клиньями, резцами, фрезами и т. п.;

**гидромеханическим**, при котором грунт разрушается в открытом забое направленной с помощью гидромонитора струей воды под давлением до 6 МПа или всасыванием предварительно разрушенного (гидромонитором или фрезой) грунта со дна реки или водоема грунтовым насосом-землесосом;

**взрывным**, при котором разрушение грунта (породы) происходит под давлением расширяющихся продуктов сгорания (газов), взрывчатых веществ.

Иногда применяют **комбинированные** способы разработки грунтов, например взрывной (предварительное рыхление) в сочетании с механическим (последующая разработка землеройной машиной с ножевым или ковшовым рабочим органом).

В настоящее время около 95 % земляных работ в строительстве осуществляется механическим способом. При выполнении земляных работ используют широкую номенклатуру различных по назначению, конструкции и принципу действия машин, которые разделяются на: машины для подготовительных работ; землеройно-транспортные; экскаваторы; бурильные; для бестраншейной прокладки коммуникаций; для гидромеханической разработки грунта; для уплотнения грунтов.



## 4.1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН С ГРУНТОМ

На процесс взаимодействия рабочего органа землеройной машины с грунтом существенное влияние оказывают физико-механические свойства грунта, конструкция, геометрические параметры и режимы работы рабочего органа.

Рабочие органы землеройных машин, отделяющие грунт от массива механическим способом, могут быть выполнены в виде: зуба на стойке (рис. 4.1, а) для рыхления разрабатываемой среды, ковша определенной вместимости со сплошной режущей кромкой (рис. 4.1, д, ж, з) или оснащенной зубьями (рис. 4.1, б, в, г, е), отвала (рис. 4.1, и), снабженного в нижней части режущими ножами. Рабочие органы в виде ковша называют *ковшовыми*, в виде отвала с но-

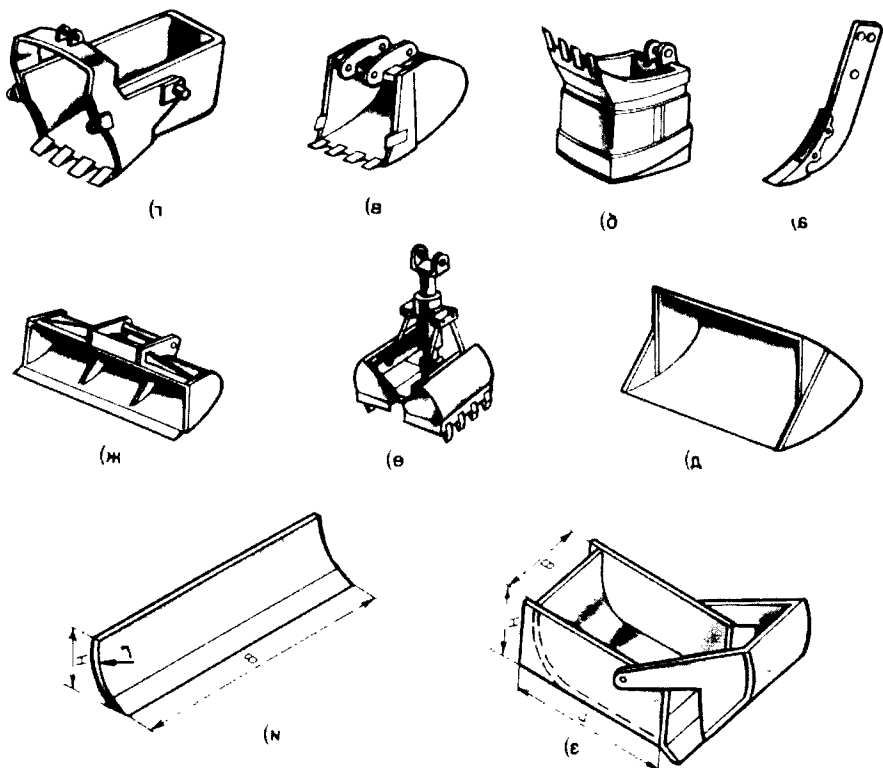


Рис. 4.1. Рабочие органы землеройных машин:

а — зуб рыхлителя; б—ж — экскаваторные ковши прямой и обратной лопат, драглайна, погрузчика, планировщика; з — ковш скрепера; и — отвал бульдозера

жами — *отвальными* или *ножевыми*. Рабочий процесс землеройных машин с ковшовыми и ножевыми рабочими органами состоит из последовательно выполняемых операций отделения грунта от массива, его перемещения (транспортирования) и отсыпки. Рабочие органы отделяют грунт от массива резанием и копанием. **Резание** — процесс отделения грунта от массива режущей частью рабочего органа. **Копание** — это совокупность процессов, включающих резание грунта, перемещение срезанного грунта по рабочему органу и впереди его в виде призмы волочения, а у некоторых машин и перемещение грунта внутри рабочего органа. Сопротивление грунта копанию в 1,5...2,8 раза больше, чем сопротивление грунта резанию.

Физико-механические свойства грунтов характеризуются:

*гранулометрическим составом* — процентным содержанием по массе частиц различной крупности;

*плотностью* — отношением массы к единице объема (для большинства грунтов — 1,5...2 т/м<sup>3</sup>);

*пористостью* — отношением объема пор к общему объему грунта (в %);

*влажностью* — количеством воды, содержащейся в порах грунта (в %);

*связностью* — способностью грунта сопротивляться разделению на отдельные частицы под действием внешних нагрузок;

*разрыхляемостью* — свойством разрабатываемого грунта увеличиваться в объеме при постоянстве собственной массы, которая выражается коэффициентом разрыхления  $K_p$ , равным отношению объемов грунта в разрыхленном и естественном состояниях ( $K_p = 1,1...1,4$ );

*углом естественного откоса* — углом у основания конуса, который образуется при отсыпании разрыхленного грунта с некоторой высоты;

*пластичностью* — способностью грунта деформироваться под действием внешних сил и сохранять полученную форму после снятия нагрузки;

*сжимаемостью* — свойством грунтов уменьшаться в объеме под действием внешней нагрузки;

*прочностью* — способностью грунта сопротивляться разрушению под действием внешних нагрузок;

*сопротивлением сдвигу* — сцеплением частиц грунта между собой;

*коэффициентами трения грунта о сталь* (0,55...0,65) и *грунта по грунту* (0,3...0,5);

*абразивностью* — способностью грунта (породы) интенсивно изнашивать (истирать) взаимодействующие с ним рабочие органы машин;

липкостью — способностью грунта прилипнуть к поверхности рабочих органов.

Различают грунты **нескальные** (песок, супесь, суглинок, глина и т. п.), **разборно-скальные** (сцементированные глины — аргаллиты, гипс, мел, известняки и др.) и **скальные** (плотные известняки, доломит, мрамор, песчаники и др.). Грунты, имеющие положительную температуру, называют **немерзлыми** (талыми), отрицательную — **мерзлыми**, если они содержат лед, и **морозными** (охлажденными), если лед в их составе отсутствует. Наличие льда в мерзлых грунтах существенно повышает их прочность и затрудняет работу землеройных машин. Нескальные немерзлые грунты разрабатывают обычными землеройными средствами, скально-разборные и мерзлые грунты с небольшой глубиной промерзания перед разработкой предварительно разрыхляют механическим способом. Скальные и мерзлые грунты с большой глубиной промерзания предварительно разрыхляют взрывным способом.

В некоторых случаях мерзлые грунты разрабатывают специально предназначенными для этих целей землеройными машинами. Для оценки трудности разработки нескальных мерзлых и немерзлых грунтов обычно пользуются предложенной А.Н. Зелениным классификацией грунтов, разбитых на восемь категорий по числу ударов (числу  $C$ ) динамического плотномера (ударника) ДорНИИ. Категория грунта определяется числом ударов, которые необходимы для погружения в грунт на глубину 10 см цилиндрического стержня плотномера площадью 1 см<sup>2</sup> под действием груза весом 25 Н, падающего с высоты 0,4 м и производящего за каждый удар работу в 10 Дж. Классификация грунтов по числу  $C$  приведена ниже:

Категория немерзлого грунта	I	II	III	IV
Число ударов $C$	1...4(3)	5...8(6)	9...16(12)	17...35(25)
Категория мерзлого грунта	V	VI	VII	VIII
Число ударов $C$	35...70(50)	70...140(100)	140...280(200)	280...560(400)

Примечание. В скобках приведены средние значения  $C$  для каждой категории грунта.

При отделении грунта от массива механическим способом рабочему органу землеройной машины сообщаются обычно два движения — вдоль (главное движение) и поперек (движение подачи) срезаемой стружки грунта (рис. 4.2), которые могут выполняться раздельно или одновременно.

Режущая часть (кромка) рабочего органа, имеющая обычно форму клина, характеризуется следующими геометрическими пара-

метрами (рис. 4.2, а): длиной режущей кромки  $b$ , углом заострения  $\beta$ , задним углом  $\alpha$ , передним углом  $\gamma$ , углом резания  $\delta = \beta + \alpha$  и толщиной стружки  $h$ . Эффективность процесса резания обеспечивается при оптимальных углах резания и рациональной геометрии режущего инструмента. Оптимальные значения угла резания  $\delta$  составляют 30...32° для легких грунтов и 40...43° для тяжелых; угла заострения  $\beta = 25...27°$  для легких и 32...35° для тяжелых грунтов. Задний угол принимают равным не менее 6...8°. Ножевые рабочие органы землеройных машин характеризуются также длиной  $B$ , высотой  $H$  и радиусом кривизны  $r$  отвала, ковшовые — вместимостью  $q$ , шириной  $B$ , высотой  $H$  и длиной  $L$  ковша.

На взаимодействующий с грунтом рабочий орган (рис. 4.2, б) действует сила сопротивления его движению в грунте  $F_0$ , раскладываемая на две составляющие — касательную  $F_{01}$  и нормальную  $F_{02}$  к траектории движения рабочего органа. Силу  $F_{01}$  (кН) можно представить в виде

$$F_{01} = F_p + F_T + F_{п.в.}, \quad (4.1)$$

где  $F_p$  — сопротивление грунта резанию, кН;  $F_T$  — сопротивление трения рабочего органа о грунт, кН;  $F_{п.в.}$  — сопротивление перемещению призмы волочения и грунта в рабочем органе, кН.

Сопротивление грунта резанию представляет собой сопротивление внедрению передней грани рабочего органа в грунт в направлении главного движения.

Беличина  $F_p$  зависит от поперечного сечения срезаемой стружки, физико-механических свойств грунта и геометрии режущей части рабочего органа:

$$F_p = k_p b h, \quad (4.2)$$

где  $k_p$  — удельное сопротивление грунта резанию, кПа;  $b$  и  $h$  — ширина и толщина стружки, м.

Отношение величины  $F_{01}$  к поперечному сечению стружки представляет собой удельное сопротивление грунта копанию  $k_k = F_{01}/(bh)$ . Значения  $k_p$ ,  $k_k$  выбирают по табл. 4.1 и 4.2, в которые сведены данные, полученные экспериментальным путем для различных категорий грунтов, и видов рабочих органов. Значения удельных сопротивлений резанию и копанию растут с увеличением

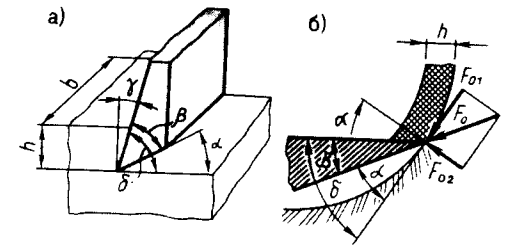


Рис. 4.2. Геометрия режущих элементов рабочих органов землеройных машин

прочности грунта. Нормальная составляющая сопротивления копанью  $F_{02}$ , представляющая собой сопротивление внедрению режущей части рабочего органа в грунт в направлении, перпендикулярном касательной составляющей  $F_{01}$ , определяется из соотношения  $F_{02} = \psi F_{01}$ , где  $\psi = 0,2...0,6$  — коэффициент, зависящий от физико-механических свойств грунта и затупления режущей кромки. Более высокие значения  $\psi$  соответствуют большему затуплению режущей части. Равнодействующая усилий  $F_{01}$  и  $F_{02}$ , направленная под определенным углом к траектории движения режущего органа:  $F_0 = \sqrt{F_{01}^2 + F_{02}^2}$ .

Т а б л и ц а 4.1. Значения удельных сопротивлений резанию  $k_p$  для машин с ножевым рабочим органом

Наименование грунта	Категория грунта	Плотность грунта $\rho$ , т/м <sup>3</sup>	Коэффициент разрыхления грунта $k_p$	Удельное сопротивление грунта резанию $k_p$ , кПа	
				нож бульдозера	нож скрепера
Песок рыхлый, сухой	I	1,2...1,6	1,05...1,1	10...30	20...40
Песок влажный, супесь, суглинок разрыхленный	I	1,4...1,7	1,1...1,2	20...40	50...100
Суглинок, средний и мелкий гравий, легкая глина	II	1,5...1,8	1,15...1,25	60...80	90...180
Глина, плотный суглинок	III	1,6...1,9	1,2...1,3	100...160	160...300
Тяжелая глина, сланцы, суглинок со щебнем, гравием	IV	1,9...2,0	1,25...1,3	150...250	300...400

Т а б л и ц а 4.2. Значения удельных сопротивлений копанью  $k_k$  для ковшовых рабочих органов экскаваторов

Категория грунта	Удельное сопротивление копанью $k_k$ , кПа			
	Одноковшовые экскаваторы		Многоковшовые экскаваторы	
	прямая и обратная лопата	драглайн	поперечного копания	продольного копания (траншейные)
I	25...70	40...120	40...100	80...180
II	90...180	100...120	120...180	160...260
III	120...250	160...300	180...240	260...300
IV	250...400	300...500	240...300	300...400

## 4.2. МАШИНЫ ДЛЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Для выполнения подготовительных работ применяют кусторезы, корчеватели-сборатели и рыхлители, оборудование для понижения уровня грунтовых вод и открытого водоотлива.

**Кусторезы** предназначены для расчистки заросших кустарником и мелколесьем площадей под застройку и представляют собой навесное оборудование с гидравлическим управлением на гусеничные тракторы тягового класса 10. Основным рабочим органом кустореза (рис. 4.3, а) служит клинообразный отвал 2, снабженный в нижней части сменными гладкими или пилообразными ножами 6. Впереди отвала, имеющего в плане вид треугольника, установлен носовой лист 1 для раскалывания пней и раздвигания сваленных деревьев. Отвал смонтирован на универсальной подковообразной толкающей раме 5, шарнирно прикрепленной к ходовым тележкам трактора, и соединяется с ней сферической головкой. На раму могут быть навешены также сменные рабочие органы корчевателя и поворотного бульдозера. Подъем и опускание рамы с рабочим органом осуществляется двумя гидроцилиндрами 4, работающими от гидросистемы трактора. При движении кустореза вперед опущенный в рабочее положение отвал с ножами скользит по поверхности земли и срезает кустарники и мелкие деревья, образуя за собой проход, равный ширине захвата отвала (до 3,6 м). Защитное ограждение 3 в виде стального каркаса предохраняет трактор от повреждений при падении срезанных деревьев. Для периодической заточки ножей отвала используют переносную шлифовальную головку с приводом от трансмиссии трактора через гибкий длинный вал. Производительность кусторезов с пассивным рабочим органом 11000...14000 м<sup>2</sup>/ч при средней скорости движения машин 3...4 км/ч.

**Корчеватели-сборатели** применяют для извлечения (корчевания) из грунта камней массой до 3 т, пней диаметром до 0,45 м, корневых систем, сплошной корчевки кустарника и мелколесья, транспортирования на близкое расстояние толканием пней, камней, кустарника и поваленных деревьев, а также погрузки камней и крупных пней в транспортные средства. На рис. 4.3, б показан корчеватель-сборатель на базе гусеничного трактора класса 10 с передним и задним расположением навесных рабочих органов. Передний корчеватель имеет износостойкие сменные зубья 12, смонтированные на толкающей раме 13. Поворот зубьев относительно рамы в вертикальной плоскости и подъем-опускание рамы с зубьями осуществляются соответственно гидроцилиндрами 10 и 11. Процесс корчевания крупных камней, пней и корней деревьев производится путем заглубления под них зубьев корчевателя и одновременном поступательном движении машины вперед. Задний корчеватель 7 смонтиро-

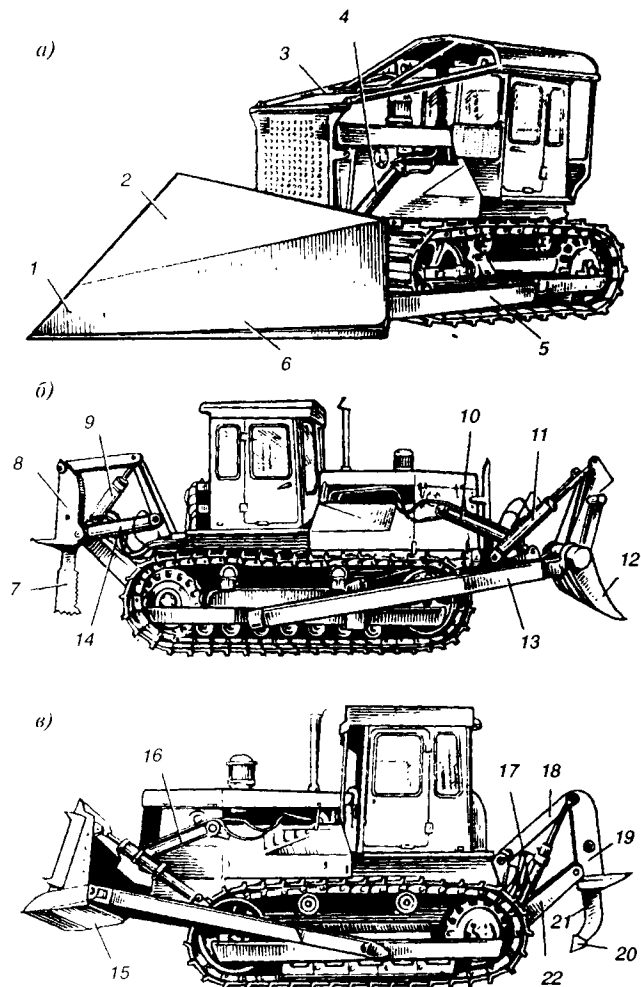


Рис. 4.3. Машины для подготовительных работ:  
 а — кусторез; б — корчеватель-собираатель; в — рыхлитель

ван на балке 8 подвески и меняет свое положение в вертикальной плоскости с помощью гидроцилиндров 9 и 14. Гидроцилиндры переднего и заднего корчевателей работают от гидросистемы трактора. Корчеватели-собираатели навешивают на гусеничные тракторы класса 3...35 мощностью 50...390 кВт. Часовая производительность при корчевании пней составляет до 45...55 шт., при уборке камней — до 15...20 м<sup>3</sup>, при сгребании срезанных деревьев, выкорчеванных пней и кустарника — до 2500...4000 м<sup>2</sup>.

**Рыхлители** оснащаются одно- и трехзубым навесным рыхлительным оборудованием заднего расположения с гидравлическим управлением. Рыхлительное оборудование навешивают на гусеничные бульдозеры с тягачами класса 10, 25, 35, 50 и 75 мощностью 118...636 кВт.

Главным параметром бульдозеров-рыхлителей является тяговый класс базового трактора. Индекс рыхлительного оборудования бульдозеров-рыхлителей включает две первые буквы ДП, за которыми следуют цифры порядкового номера модели и буквы, обозначающие очередную модернизацию (А; Б, В, ...) и северное (С, ХЛ) исполнение оборудования. Так, бульдозер-рыхлитель в северном исполнении на базе трактора Т-330 имеет индекс ДЗ-129АХЛ, а его рыхлительное оборудование в северном исполнении — ДП-29АХЛ. Крепление рыхлителей осуществляется к остоу базового трактора или к корпусу его заднего моста.

Бульдозеры-рыхлители применяют для предварительного сплошного рыхления и перемещения плотных каменных, мерзлых и скальных грунтов при устройстве строительных площадок, рытье котлованов и широких траншей, а также для взламывания дорожных покрытий. Разрушение грунтов и пород происходит при поступательном движении машины и одновременном принудительном заглублении зубьев рабочего органа до заданной отметки. В процессе рыхления массив грунта разделяется на куски (глыбы) таких размеров, которые удобны для последующей их эффективной разработки, погрузки и транспортирования другими машинами.

Рыхление производят параллельными резами по двум технологическим схемам: без разворотов у края площадки с возвратом машины в исходное положение задним ходом (челночная схема) и с поворотом рыхлителя в конце каждого прохода (продольно-поворотная схема). Челночная схема наиболее рациональна при малых объемах работ в стесненных условиях, продольно-поворотная — на участках большой протяженности. Максимальные величины глубины и ширины захвата рыхления, рабочих скоростей движения и число зубьев рыхлителя определяются тяговым классом базовой машины.

Наименьшая глубина рыхления за один проход должна на 20...30% превышать толщину стружки грунта, разрабатываемого землеройно-транспортными машинами, в комплексе с которыми работает рыхлитель. Рыхление высокопрочных грунтов осуществляется, как правило, одним зубом.

Рабочий орган рыхлителя состоит из несущей рамы, зубьев, подвески и гидроцилиндров управления. Зубья имеют сменные наконечники, лобовая поверхность которых защищена износостойкими пластинами для защиты от абразивного износа. Для интенсифика-

ции процесса рыхления на зубья рыхлителей устанавливают уширители, которые позволяют за один проход разрушать большие объемы материала и выталкивать каменные глыбы на поверхность. Уширители обеспечивают более устойчивое движение базового трактора и работу рыхлителя, практически сплошное разрушение материала между соседними бороздами, снижение общего количества проходов.

Зубья выполняют неповоротными, жестко закрепленными в карманах рамы и поворотными в плане (на угол  $10...15^\circ$  в обе стороны) за счет их установки в специальных кронштейнах — флюгерах, прикрепляемых к раме шарнирно. Поворотные зубья способны обходить препятствия, встречающиеся в грунте. Подвеска рыхлителя к базовой машине — четырехзвенная (параллелограммная). Она обеспечивает постоянство угла рыхления зубьев независимо от величины их заглупления, что позволяет при оптимальных значениях этого угла осуществлять процесс рыхления с пониженными энергозатратами, повысить производительность рыхлителя и уменьшить износ наконечников зубьев.

**Бульдозер-рыхлитель** на базе трактора класса 10 (рис. 4.3, в) имеет четырехзвенную подвеску рыхлителя с неповоротным зубом. Подвеска составлена из опорной рамы, жестко прикрепленной к базовому трактору 2, тяги 18, рабочей балки 19 и нижней рамы 22.

Балка имеет сменный зуб 21 с наконечником 20. Опускание, принудительное заглупление и фиксирование рыхлителя в определенном рабочем положении, а также подъем его при переводе в транспортное положение производятся двумя гидроцилиндрами 17.

Разрыхленный грунт перемещается бульдозерным оборудованием 15 с неповоротным отвалом. Бульдозер-рыхлитель может быть оборудован бульдозерным оборудованием с поворотным отвалом и универсальной рамой для навески корчевателя и кустореза, а также комплектом сменных уширителей. Гидроцилиндры рыхлителя и бульдозера 16 работают от гидросистемы базовой машины. Рыхлители имеют наибольшую ширину захвата (при трех зубьях)  $1480...2140$  мм и рыхлят грунты высокой прочности на глубину  $0,4...1,2$  м. Производительность навесных рыхлителей на грунтах IV...V категорий  $60...150$  м<sup>3</sup>/ч, средняя рабочая скорость движения  $2,5...5$  км/ч.

Эксплуатационная производительность (м<sup>3</sup>/ч) навесного рыхлителя

$$P_3 = 3600Vk_v/T_{\text{ц}}, \quad (4.3)$$

где  $V$  — объем грунта, разрыхленного за цикл, м<sup>3</sup>;  $k_v$  — коэффициент использования машины по времени;  $T_{\text{ц}}$  — продолжительность цикла, с.

$$V = Bh_{\text{ср}}l, \quad (4.4)$$

где  $B$  — средняя ширина полосы рыхления, зависящая от числа, шага и толщины зубьев, угла развала ( $15...60^\circ$ ) и коэффициента перекрытия ( $0,75...0,8$ ) резов, м;  $h_{\text{ср}}$  — средняя глубина рыхления в данных грунтовых условиях, м;  $l$  — длина пути рыхления, м.

При челночной схеме работы рыхлителя

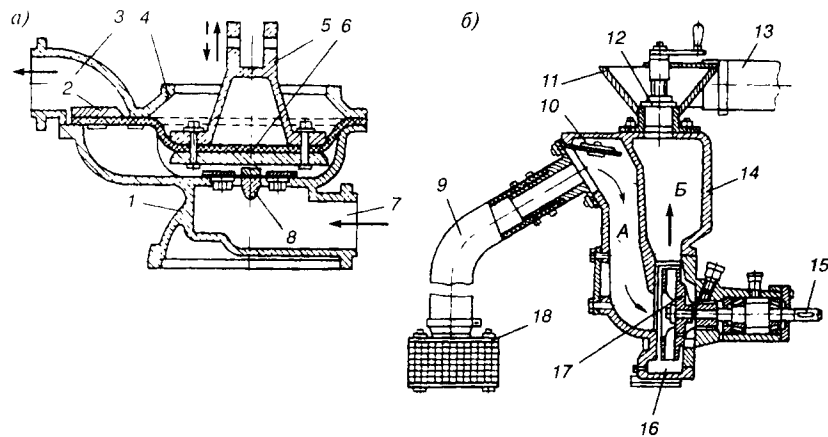
$$T_{\text{ц}} = (l/v_p) + (l/v_x) + t_c + t_0, \quad (4.5)$$

где  $v_p$  и  $v_x$  — скорости движения машины соответственно при рыхлении и холостом (обратном) ходе, м/с;  $t_c$  — время на переключение передачи ( $t_c \approx 5$  с);  $t_0$  — время на опускание рыхлителя ( $t_0 = 2...3$  с).

При разработке участка продольными проходами с разворотами на концах к времени цикла добавляется  $t_p$  — продолжительность разворотов трактора в конце участка, а время холостого хода исключается.

**Оборудование для открытого водоотлива.** Для откачки дождевых, талых и грунтовых вод из траншей, котлованов, колодцев, а также мелких водоемов на строительных площадках, трассах строительства коммуникаций открытым способом применяют открытый водоотлив, осуществляемый с помощью насосов и насосных установок. Открытый водоотлив эффективен при малых скоростях притока грунтовых вод, когда этот способ не снижает несущей способности грунта под сооружением и обеспечивает устойчивость откосов траншей и котлованов. При открытом водоотливе наиболее часто применяют диафрагмовые и самовсасывающие центробежные насосы, реже используют погружные насосы, опускаемые непосредственно в выемку с водой.

Диафрагмовый насос (рис. 4.4, а) состоит из корпуса 1 со всасывающим патрубком 7, крышки 4 с отводящим патрубком 3 и резиновой диафрагмы 6 с колпаком 5, которым от механического привода сообщаются возвратно-поступательные (колебательные) движения. При движении диафрагмы вверх в корпусе насоса создается разрежение, за счет которого нагнетательный клапан 2 закрывается, а всасывающий 8 открывается, и происходит засасывание жидкости в полость корпуса насоса. При движении диафрагмы вниз вода вытесняется через открытый нагнетательный клапан 2 (клапан 8 закрыт) в отводящий патрубок 3, соединенный с отводящим шлангом. Насос с приводом монтируют на колесной тележке. В комплект насоса входят два резиноканевых шланга — всасывающий и отводящий. На свободном конце всасывающего шланга установлен сетчатый фильтр, предохраняющий насос от попадания в него посторонних частиц. Диафрагмовые насосы имеют сравнительно низкую подачу (до  $30...45$  м<sup>3</sup>/ч при высоте всасывания до 5 м) и применяются для выполнения небольших объемов водоотливных работ.



Р и с. 4.4. Насосы:  
а — диафрагмовый; б — центробежный самовсасывающий

Значительно большую подачу (до 250...500 м<sup>3</sup>/ч) при высоте всасывания до 4,5...6 м и полном манометрическом напоре до 0,12...0,2 МПа имеют самовсасывающие центробежные насосы. Характерной особенностью таких насосов является потребность в заливке их корпусов водой перед первым пуском в работу. Самовсасывающий центробежный насос (рис. 4.4, б) состоит из корпуса 14, рабочего колеса 17, всасывающего шланга 9 с фильтром 18, напорного шланга 13, заливной горловины 11 с быстродействующим запорным клапаном 12 и обратного клапана 10. Внутри корпуса насоса имеются два резервуара — всасывающий А и напорный Б, сообщающиеся между собой через спиральную камеру 16, в которой расположено рабочее колесо 17 с тремя лопастями специального профиля, закрепленное на приводном валу 15.

Перед первым пуском насоса в его корпус через горловину заливают воду, после чего включают привод насоса. С началом вращения рабочего колеса вода из всасывающего резервуара А нагнетается в напорный Б. В результате разрежения, создаваемого во всасывающем резервуаре, обратный клапан 10 открывается, и воздух из всасывающего шланга начинает поступать в корпус насоса. По мере создания необходимого вакуума во всасывающей магистрали (шланг 9 и резервуар А) последняя заполняется водой через фильтр 18, самовсасывание насоса прекращается, и он переходит на нормальный режим работы по откачиванию воды.

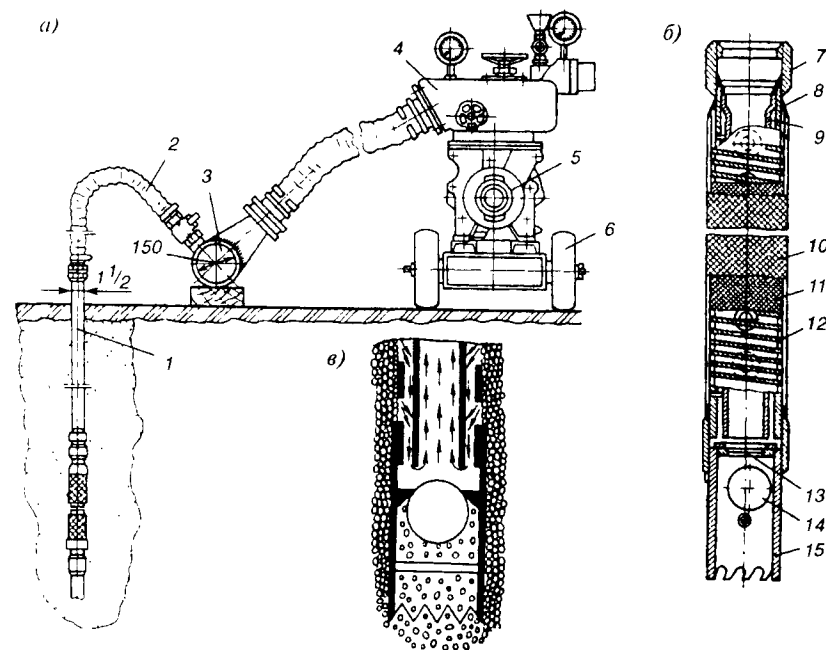
Центробежные насосы приводятся в действие от электромотора или двигателя внутреннего сгорания через редуктор. Для быстрой доставки к месту откачки насосы монтируют на прицепных колес-

ных тележках, автомобилях, гусеничных и колесных тракторах. Привод насосов самоходных установок осуществляется от вала отбора мощности базовой машины.

**Оборудование для понижения уровня грунтовых вод.** Для искусственного понижения уровня грунтовых вод при рытье траншей и котлованов и закрытой прокладке коммуникаций в песчаных и супесчаных водонасыщенных грунтах применяют иглофильтровые установки с погружаемыми в грунт вакуумными или эжекторными иглофильтрами. Иглофильтровые установки откачивают воду из вертикальных скважин, закладываемых по контуру осушиваемой выемки или строящегося подземного сооружения и отстоящих друг от друга на расстоянии до 1,5...2 м. Глубина погружения иглофильтров должна быть ниже отметки заложения сооружения на 1...2 м. Одним из основных средств водопонижения на глубину до 4...5 м являются вакуумные легкие иглофильтровые установки (ЛИУ).

Водопонижение на большую глубину обеспечивается многоярусным расположением установок ЛИУ или установками с эжекторными иглофильтрами.

Установка ЛИУ (рис. 4.5, а) состоит из иглофильтров 1, всасывающего водосборного коллектора 3 и самовсасывающего или



Р и с. 4.5. Установка ЛИУ

центробежного насоса 4 с электроприводом 5 на колесном ходу 6. Установки ЛИУ выполнены по единой принципиальной схеме, комплектуются однотипными иглофильтрами и отличаются одна от другой количеством иглофильтров, типом всасывающего насоса и размерами водосборного коллектора. Последний составлен из звеньев стальных труб, соединяемых муфтами. На каждом звене коллектора имеются патрубки, к которым с помощью гибких шлангов 2 подсоединяются погруженные в грунт иглофильтры (рис. 4.5, б).

Они служат для очистки и накопления во внутренней своей полости грунтовых вод и состоят из фильтрового звена с наконечником и глухой надфильтровой трубы, соединяемой с водосборным коллектором.

Фильтровое звено выполнено из перфорированной наружной 8 и сплошной внутренней 9 труб. На спиральную проволочную обмотку 12 наложены две сетки — латунная фильтрационная 11 и защитная бронзовая 10. Наружная труба соединяется с надфильтровой соединительной муфтой 7. Внутри наконечника 15 наружной трубы установлен шаровой клапан 14, плотно прилегающий к седлу 13 в торце внутренней трубы 9 за счет вакуума, создаваемого насосом при отсасывании воды из иглофильтра. Иглофильтры погружают в грунт гидравлическим способом (подмывом) или в предварительно пробуренные скважины. В первом случае клапан 14 (рис. 4.5, в) открывается под напором воды, подаваемой в фильтровое звено от насоса, и погружение иглофильтра происходит под собственной тяжестью при интенсивном размыве грунта впереди фильтрового звена. Размытый грунт поднимается по затрубному пространству на поверхность. Величина необходимого заглубления иглофильтра в грунт в зависимости от требуемого понижения уровня грунтовых вод обеспечивается применением надфильтровых труб длиной 3; 4 и 5 м. Общая длина иглофильтра достигает 8,5 м. Установки ЛИУ обеспечивают подачу 60...140 м<sup>3</sup>/ч, высоту всасывания до 7 м при полном напоре 0,24...0,36 МПа. Мощность привода установок 5,5...20 кВт.

Для понижения уровня грунтовых вод до 15...20 м применяют установки с эжекторными иглофильтрами. Подъем откачиваемой воды в эжекторных иглофильтрах (рис. 4.6) осуществляется с помощью водоструйных насосов-эжекторов, принцип действия которых основан на непосредственной передаче энер-

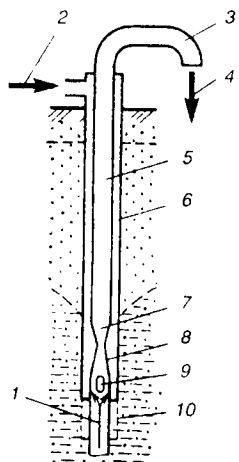


Рис. 4.6. Схема эжекторного иглофильтра

гии от одного движущегося потока жидкости другому. Принцип работы следующий. Рабочая вода 2 от центробежного насоса подается под напором по пространству, образованному между внутренней водоподъемной 5 и наружной 6 трубами иглофильтра к входному окну 9 эжектора, состоящего из камеры смешения 8 и диффузора 7 с насадкой диаметром 7...18 мм. Выходя с большой скоростью из насадки в камеру смешения, вода создает в ней вакуум, под действием которого грунтовая вода 1 через фильтровое звено 10 (такое же, как у ЛИУ) подсасывается в камеру смешения и в смеси 4 с рабочей водой подается вверх по внутренней трубе иглофильтра в сливную трубу 3.

Подача установок 150...540 м<sup>3</sup>/ч, они комплектуются 10...36 иглофильтрами диаметром 63...150 мм производительностью 0,9...9,4 л/с.

### 4.3. ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

Землеройно-транспортными называют машины с ножевым рабочим органом, выполняющие одновременно послойное отделение от массива и перемещение грунта к месту укладки при своем поступательном движении. К этой группе машин относятся: бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, грейдеры. Первые два типа машин, особенно бульдозеры, широко используются в промышленном и гражданском строительстве.

Каждая модель землеройно-транспортной машины имеет индекс, включающий буквенные и цифровые обозначения. Две начальные буквы индекса ДЗ обозначает группу машин, последующие за ними цифры — порядковый номер регистрации модели, буквы после цифровой части индекса — порядковую модернизацию (А, Б, В, ...) и климатическое (северное С и ХЛ) исполнение машины. В индекс модернизированных самоходных скреперов кроме указанных выше букв могут быть включены буквы М и П. В индекс бульдозеров и скреперов с автоматизированной системой управления наличие последней обозначается цифрой 1, следующей через тире за основными цифрами индекса, а у модернизированных машин — после букв, обозначающих модернизацию. В индекс автогрейдеров после указанных выше цифр и букв включаются через тире цифры 1, 2, 4, 6, обозначающие их модификации.

#### 4.3.1. БУЛЬДОЗЕРЫ

Бульдозеры представляют собой навесное оборудование на базовый гусеничный или пневмоколесный трактор (двухосный колесный тягач), включающее отвал с ножами, толкающее устройство в виде брусьев или рамы и систему управления отвалом. Современные

бульдозеры являются конструктивно подобными машинами, базовые тракторы и навесное оборудование которых широко унифицированы. Главный параметр бульдозеров — тяговый класс базового трактора (тягача). Бульдозеры применяют для послойной разработки и перемещения грунтов I...IV категорий, а также предварительно разрыхленных скальных и мерзлых грунтов. С их помощью выполняют планировку строительных площадок, возведение насыпей, разработку выемок и котлованов, нарезку террас на косогорах, выравнивание грунта, отсыпаемого другими машинами, копание траншей под фундаменты и коммуникации, засыпку рвов, ям, траншей, котлованов и пазух фундаментов зданий, расчистку территорий от снега, камней, кустарника, пней, мелких деревьев, строительного мусора и т. п. Широкое использование бульдозеров в строительном производстве определяется простотой их конструкции, надежностью и экономичностью в эксплуатации, высокими производительностью, мобильностью и универсальностью.

Бульдозеры классифицируют:

по назначению — общего назначения, используемые для выполнения основных видов землеройно-транспортных и вспомогательных работ в различных грунтовых и климатических условиях, и специальные, применяемые для выполнения целевых работ в специфических грунтовых или технологических условиях (бульдозеры-толкачи, подземные и подводные бульдозеры);

в зависимости от тягового класса (номинальному тяговому усилию) базовых машин — малогабаритные (класс до 0,9), легкие (классов 1,4...4), средние (классов 6...15), тяжелые (классов 25...35) и сверхтяжелые (класса свыше 35);

по типу ходового устройства — гусеничные и пневмоколесные;

по конструкции рабочего органа — с неповоротным в плане отвалом, постоянно расположенным перпендикулярно продольной оси базовой машины, и с поворотным отвалом, который может устанавливаться перпендикулярно или под углом до  $53^\circ$  в обе стороны к продольной оси машины;

по типу системы управления отвалом — с гидравлическим и механическим (канатно-блочным) управлением.

При канатно-блочной системе управления подъем отвала осуществляется зубчато-фрикционной лебедкой через канатный полиспаст, опускание — под действием собственной силы тяжести отвала. При гидравлической системе управления подъем и опускание отвала осуществляется принудительно одним или двумя гидроцилиндрами двустороннего действия. Бульдозеры с механическим управлением в настоящее время промышленностью не выпускаются.

Рабочий цикл бульдозера: при движении машины вперед отвал с помощью системы управления заглубляется в грунт, срезает ножами

слой грунта и перемещает впереди себя образовавшуюся грунтовую призму волоком по поверхности земли к месту разгрузки; после отсыпки грунта отвал поднимается в транспортное положение, машина возвращается к месту набора грунта, после чего цикл повторяется. Максимально возможный объем призмы волочения современные бульдозеры набирают на участке длиной 6...10 м. Экономически целесообразная дальность перемещения грунта не превышает 60...80 м для гусеничных бульдозеров и 100...140 м для пневмоколесных машин. Преимущественное распространение получили гусеничные бульдозеры, обладающие высокими тяговыми усилиями и проходимостью. Чем выше тяговый класс машины, тем больший объем земляных работ она способна выполнять и разрабатывать более прочные грунты.

К основным параметрам бульдозерного оборудования относятся (рис. 4.7) высота без козырька  $H$  и длина  $B$  отвала (м), радиус кривизны отвала  $r$ , основной угол резания  $\delta$ , задний угол отвала  $\alpha$ , угол заострения ножей  $\beta$ , угол перекоса отвала  $\varepsilon$  и угол поворота (у поворотных машин) отвала в плане  $\gamma$  (град), высота подъема отвала над опорной поверхностью  $h_1$  и глубина опускания отвала ниже опорной поверхности  $h_2$  (м), напорное  $T$  и вертикальное  $P$  усилия на режущей кромке (кН), скорости подъема  $v_n$  и опускания  $v_o$  отвала.

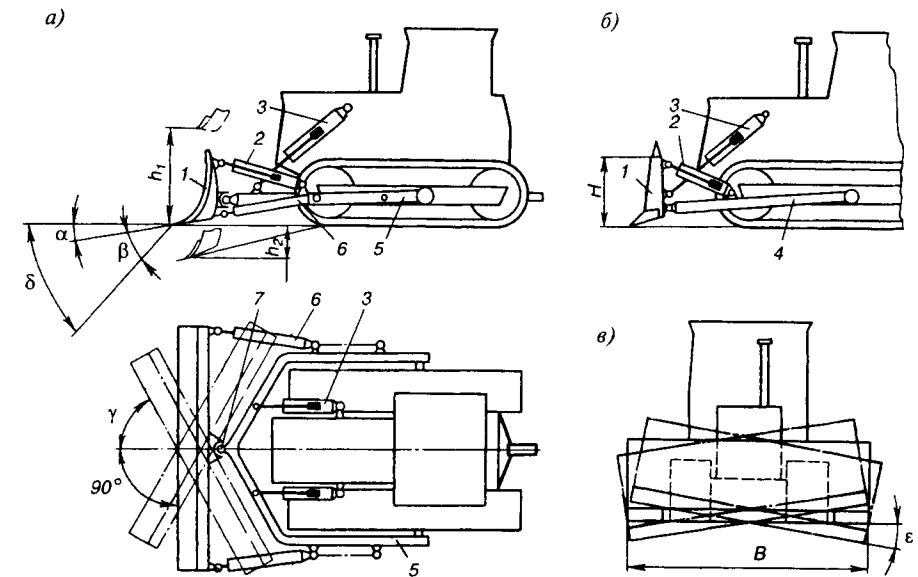


Рис. 4.7. Схемы устройств и основные параметры бульдозеров:

а — с поворотным отвалом; б — с неповоротным отвалом; в — поперечный перекос отвала



Отвал бульдозера представляет собой жесткую сварную металлоконструкцию с лобовым листом криволинейного профиля. Вдоль нижней кромки отвала крепятся сменные двухлезвийные режущие ножи (два боковых и средние), наплавленные износостойчивым сплавом. В середине верхней части отвала имеется козырек, препятствующий пересыпанию грунта через верхнюю кромку.

Для увеличения производительности бульдозера при работе на легких грунтах на его отвал устанавливают с обоих концов сменные уширители, открылки и удлинители. Для уменьшения потерь грунта при его транспортировании современные неповоротные гусеничные бульдозеры оборудуют сферическими и полусферическими отвалами.

Отвал *1* неповоротного бульдозера (рис. 4.7, *б*) крепится шарнирно к толкающему устройству в виде двух толкающих брусьев *4* коробчатого сечения, задние концы которых соединены шарнирно с балками ходового устройства базовой машины.

Отвал *1* поворотного бульдозера (см. рис. 4.7, *а*) монтируется на универсальной толкающей раме *5*, на которой вместо отвала может быть установлено различное сменное оборудование с гидравлическим управлением — кусторез, древовал, корчеватель-собирающий, плужный снегоочиститель и др. Поворотный отвал соединен с толкающей рамой посредством центрального шарового шарнира *7* и двух боковых толкателей *6*, обеспечивающих различное положение отвала в плане относительно базовой машины. При продольном движении бульдозера с повернутым в плане отвалом грунт перемещается вбок по отвалу. Способность поворотных бульдозеров перемещать грунт в сторону определяет их широкое использование при засыпке каналов, рвов, траншей коммуникаций и т. п.

Система управления обеспечивает: подъем и принудительное опускание отвала, его плавающее и фиксированное положение с помощью гидроцилиндров *3*, поворот отвала в плане (у поворотных бульдозеров) гидроцилиндрами *6*, поперечный двусторонний перекоп (до 12°) отвала в вертикальной плоскости (рис. 4.7, *в*), регулировку угла резания ножей отвала (среднее значение 55°) путем поворота (наклона) отвала гидроцилиндрами *2* (см. рис. 4.7, *а*, *б*) вперед и назад относительно толкающего устройства.

Принудительное заглубление ножей отвала в грунт под действием гидроцилиндров, развивающих усилие до 40 % и более от веса тягача, позволяет бульдозерам с гидравлическим управлением разрабатывать прочные грунты, а возможность установки отвала в определенное фиксированное положение обеспечивает срезание слоя грунта заданной толщины. Поперечный перекоп отвала повышает универсальность машины и ее эксплуатационные возможности на планировочных работах, облегчает разработку тяжелых грунтов и т. п.

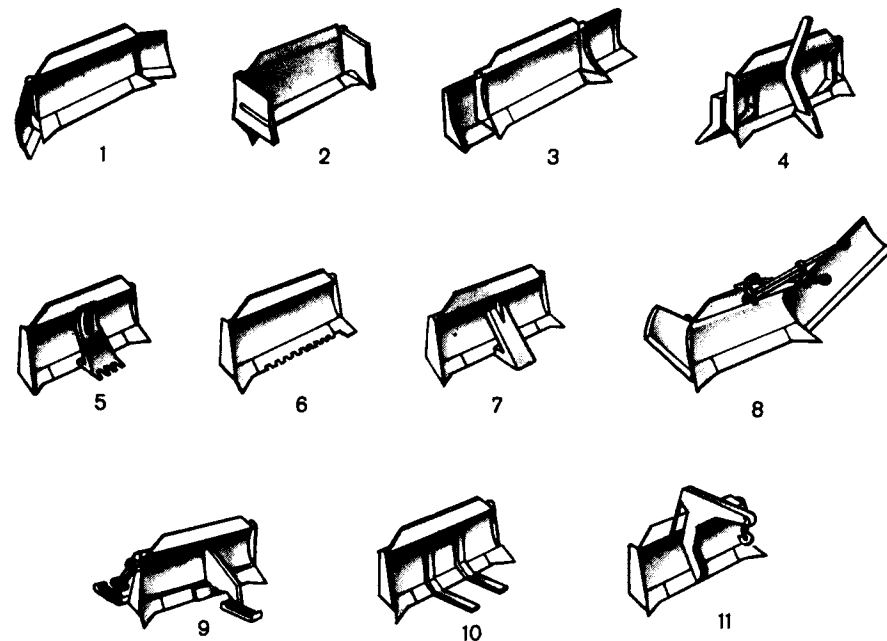


Рис. 4.8. Сменные рабочие органы бульдозеров

Гусеничные бульдозеры могут оснащаться дополнительным быстросъемным оборудованием (рис. 4.8), значительно расширяющим их технологические возможности: неподвижными или гидроуправляемыми уширителями отвала *1*, *2*, *3*, передними и задними рыхлительными зубьями *4*, киркой *5* для взламывания асфальтовых покрытий, ножами *6* для разработки мерзлых грунтов, кусторезным ножом, надставкой *7* для рытья канав, откосинком с жестким креплением и гидроуправляемым откосником-планировщиком *8*, передними и задними лыжами *9*, грузовыми вилами *10*, подъемным крюком *11* и т. п.

Все большее распространение получают мощные неповоротные пневмоколесные бульдозеры на базе серийных колесных тракторов и специальных шасси с шарнирно сочлененной рамой, применяемые в основном для разработки легких и средних грунтов на рассредоточенных строительных объектах. Такие бульдозеры, почти не уступая в проходимости гусеничным машинам, обладают значительно большими (в 1,5...2 раза) рабочими и транспортными скоростями, повышенной маневренностью и производительностью.

Практически все гусеничные и колесные бульдозеры с тяговым усилием 200 кН и более оснащаются однозубым и трехзубым рыхли-

тельным оборудованием заднего расположения. Некоторые модели гусеничных неповоротных бульдозеров оснащаются дополнительной автоматизированной системой управления отвалом «Комби-план», осуществляющей автоматическую стабилизацию заданного положения отвала при выполнении окончательных планировочных работ.

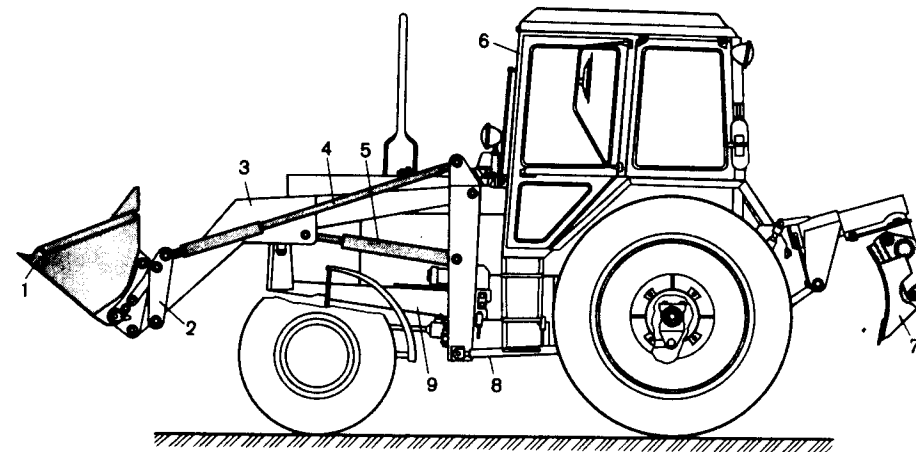
Бульдозеры с поворотным отвалом оснащаются аппаратурой «Копир-Автоплан». Аппаратура автоматического управления отвалом обеспечивает повышение качества обработки грунтовой поверхности, повышение производительности машины за счет уменьшения числа проходов бульдозера по планируемому участку, и снижение утомляемости машиниста.

**Пневмоколесные бульдозеры** базируются на тракторах класса 1,4 и предназначены для выполнения земляных и догрузочно-разгрузочных работ малого объема, погрузки и транспортирования сыпучих материалов на небольшие расстояния, подъема и перемещения единичных и штучных грузов, планировки площадок, засыпки траншей, ям и для других работ.

В городском строительстве широко используются пневмоколесные бульдозеры с неповоротным гидроуправляемым отвалом и аналогичные по конструкции бульдозеры-погрузчики, у которых в качестве основного сменного оборудования используются гидроуправляемые отвалы и ковши вместимостью 0,38 и 0,5 м<sup>3</sup>.

Бульдозеры-погрузчики комплектуются также дополнительным сменным рабочим оборудованием: ковшами для тяжелых материалов и снега, уширенным ковшом для работ у стен зданий и сооружений, у бордюров улиц и дорог, грузовыми вилами для погрузки и разгрузки поддонов с грузами, монтажным крюком для погрузки штучных грузов, челюстным захватом для длинномерных грузов, удлинителем стрелы, уширителями отвала, поворотным отвалом для снега, отвалом-планировщиком и т. п.

**Бульдозер-погрузчик** (рис. 4.9) состоит из следующих основных частей: базового трактора 6, несущей рамы 9, тяг 8, стрелы 3, устройства 2 для смены рабочих органов, ковша 1 или неповоротного бульдозерного отвала, попарно работающие гидроцилиндры 4, 5 управления стрелой и ковшом, гидросистемы и электрооборудования. Сзади машины может быть навешен управляемый гидроцилиндрами отвал-планировщик 7. Неповоротный отвал предназначен для планировочных работ и представляет собой сварную конструкцию с секционными ножами. Для соединения отвала с уширителем и сменным устройством стрелы он оборудован крюками и кронштейнами. С бульдозерным отвалом применяется удлинитель стрелы для увеличения ее вылета при разгрузке бортовых автомобилей, прицепов и железнодорожных платформ. Основной ковш, ковш для тяжелых материалов и уширенный ковш представляют собой сварную



Р и с. 4.9. Бульдозер-погрузчик

конструкцию со сменными зубьями и различаются геометрическими размерами.

Система управления ковшом обеспечивает возможность его поступательного перемещения при подъеме и опускании стрелы. Челюстной захват состоит из двух боковин, к которым снизу приварено днище с ножом и зубьями для захвата длинномерных грузов. Открытие и закрытие челюстей ковша производится двумя гидроцилиндрами. В открытом положении челюстной захват трансформируется в планировочный отвал. Этот рабочий орган может быть использован для очистки площадок, погрузки камней, пней и др. Смена рабочих органов осуществляется с помощью специального устройства 2 в кратчайшие сроки без дополнительного обслуживающего персонала. Гидросистема бульдозера-погрузчика обеспечивает привод и управление механизмами стрелы, ковша, челюстного захвата и задней навески трактора. Она включает гидросистему базового трактора, дополнительно установленные гидроцилиндры и гидрораспределитель.

Эксплуатационная производительность (м<sup>3</sup>/ч) бульдозера при резании и перемещении грунта

$$P_p = 3600 V_{гр} K_y K_n K_v / T_{ц}, \quad (4.7)$$

где  $V_{гр}$  — геометрический объем призмы волочения грунта впереди отвала, м<sup>3</sup>;

$$V_{гр} = BH^2 K_n / (2tg\phi K_p), \quad (4.8)$$

$B$  и  $H$  — соответственно длина и высота отвала, м;  $K_n$  — коэффициент, учитывающий потери грунта при транспортировке

( $K_n = 1 - 0,005 l_n$ );  $\varphi$  — угол естественного откоса грунта в движении ( $\varphi = 35...45^\circ$ );  $K_p$  — коэффициент разрыхления грунта ( $K_p = 1,1...1,3$ );  $K_y$  — коэффициент, учитывающий влияние уклона местности на производительность (при работе на подъемах от 5 до 15%  $K_y$  уменьшается от 0,67 до 0,4, при работе на уклонах от 5 до 15%  $K_y$  увеличивается с 1,35 до 2,25);  $K_n$  — коэффициент наполнения геометрического объема призмы волочения грунтом ( $K_n = 0,85...1,05$ );  $K_b$  — коэффициент использования бульдозера по времени ( $K_b = 0,8...0,9$ );  $T_u$  — продолжительность цикла, с;

$$T_u = l_p/v_p + l_n/v_n + l_o/v_o + t_n, \quad (4.9)$$

$l_p, l_n$  и  $l_o = l_p + l_n$  — длины соответственно участков резания, перемещения грунта и обратного хода бульдозера, м;

$$l_o = V_{гр}/A, \quad (4.10)$$

$A = Bh$  — площадь срезаемого слоя грунта,  $m^2$  ( $h$  — средняя толщина срезаемого слоя, м);  $v_p, v_n, v_o$  — скорости трактора при резании, перемещении грунта и обратном ходе, м/с;  $t_n$  — время на переключение передач в течение цикла ( $t_n = 15...20$  с).

Резание грунта производится на скорости 2,5...4,5 км/ч, перемещение грунта — на скорости 4,5...6 км/ч.

Эксплуатационную производительность бульдозера ( $m^3/ч$ ) с поворотным отвалом при планировочных работах

$$P_3^p = 3600l(B\sin\gamma - 0,5)K_b/[n(l/v + t_n)], \quad (4.11)$$

где  $l$  — длина планируемого участка, м;  $\gamma$  — угол установки отвала в плане, град; 0,5 — величина перекрытия проходов, м;  $n$  — число проходов по одному месту;  $v$  — скорость движения бульдозера, м/с.

Полное сопротивление движению бульдозера (кН)

$$F_\Sigma = F_1 + F_2 + F_3 + F_4, \quad (4.12)$$

где  $F_1$  — сопротивление движению, бульдозера с трактором, кН:

$$F_1 = G_6 (f \pm i),$$

$G_6$  — вес бульдозера с трактором, кН;  $f$  — коэффициент сопротивления движению трактора по грунту ( $f = 0,1...0,15$ );  $i = \tan\alpha$  — уклон пути;  $\alpha$  — угол наклона пути движения бульдозера к горизонту, град; знак «+» принимается при работе на подъем, «-» — при работе под уклон;

$F_2$  — сопротивление грунта резанию, кН:

$$F_2 = B\sin\gamma h k_p, \quad (4.13)$$

$k_{кр}$  — удельное сопротивление грунта резанию, кПа (см. табл. 4.1);

$F_3$  — сопротивление волочению призмы грунта впереди отвала, кН:

$$F_3 = 0,5BH^2\sin\gamma\varrho g(\mu_1 + i)/\tan\varphi, \quad (4.14)$$

$\varrho$  — плотность грунта,  $t/m^3$  (см. табл. 4.1);  $g$  — ускорение свободного падения ( $g = 9,81$  м·с<sup>-2</sup>);  $\mu_1$  — коэффициент трения грунта по грунту ( $\mu_1 = 0,4...0,8$ , причем меньшие значения для влажных и глинистых грунтов);

$F_4$  — сопротивление трению грунта по отвалу, кН:

$$F_4 = 0,5BH^2\varrho g\cos^2\delta\mu_2, \quad (4.15)$$

$\delta$  — угол резания, град ( $\delta = 50...55^\circ$ );  $\mu_2$  — коэффициент трения грунта по стали ( $\mu_2 = 0,35...0,5$  — для песка,  $\mu_2 = 0,5...0,6$  — для супесей и суглинка,  $\mu_2 = 0,7...0,8$  — для глины).

Бульдозер находится в движении без пробуксовывания при условии, что сцепная сила тяги  $F_{сц}$  больше окружного усилия  $F_o$  на ведущей звездочке движителя и больше общего сопротивления передвижению  $F_\Sigma$ , т. е.  $F_{сц} > F_o > F_\Sigma$ .

Сцепная сила тяги, кН,

$$F_{сц} = G_6\psi, \quad (4.16)$$

где  $\psi$  — коэффициент сцепления движителя с опорной поверхностью ( $\psi = 0,7...0,9$ ).

#### 4.3.2. СКРЕПЕРЫ

Скрепер является самоходной или прицепной (к гусеничному или колесному трактору, колесному тягачу) землеройно-транспортной машиной, рабочим органом которой служит ковш на пневмоколесах, снабженный в нижней части ножами для срезания слоя грунта. Скреперы предназначены для послынного копания, транспортирования, послынной отсыпки, разравнивания и частичного уплотнения грунтов I...IV категорий при инженерной подготовке территории под застройку, планировке кварталов, возведении насыпей, разработке широких траншей и выемок под различные сооружения и искусственные водоемы и др. Наиболее эффективно скреперы работают на непереувлажненных средних грунтах (супесях, суглинках, черноземах), не содержащих крупных каменистых включений. При разработке скреперами тяжелых грунтов их предварительно рыхлят на толщину срезаемой стружки. Главным параметром скреперов является геометрическая вместимость ковша ( $m^3$ ), которая лежит в основе типоразмерного ряда этих машин.

Скреперы классифицируют:

- по вместимости ковша — машины малой (до 5  $m^3$ ), средней (5...15  $m^3$ ) и большой (свыше 15  $m^3$ ) вместимости;

• по способу загрузки ковша — с пассивной загрузкой движущим усилием срезаемого слоя грунта, с принудительной загрузкой с помощью скребкового элеватора;

• по способу разгрузки ковша — с принудительной разгрузкой при выдвигании стенки ковша вперед (основной способ), со свободной (самосвальной) разгрузкой опрокидыванием ковша вперед по ходу машины;

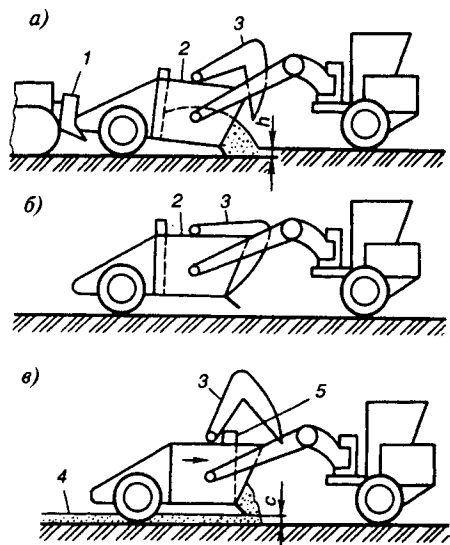
• по способу агрегатирования с тяговыми средствами — прицепные к гусеничным тракторам и двухосным колесным тягачам; самоходные, агрегатируемые с одноосными и двухосными колесными тягачами;

• по способу управления рабочим — с канатно-блочным (механическим), гидравлическим и электрогидравлическим управлением.

Выпускаемые в настоящее время скреперы имеют гидравлическую или электрогидравлическую систему управления рабочим органом, которая обеспечивает принудительное опускание, подъем и разгрузку ковша, изменение глубины резания, подъем и опускание передней заслонки ковша с помощью гидроцилиндров двойного действия. Принудительное заглубление ножей ковша в грунт позволяет довольно точно регулировать толщину срезаемой стружки, сокращать время набора грунта и эффективно разрабатывать плотные грунты.

Рабочий процесс скрепера состоит из следующих последо-

вательно выполняемых операций: резание грунта и наполнение ковша, транспортирование грунта в ковше к месту укладки, выгрузка и укладка грунта, обратный (холостой) ход машины в забой. При наборе грунта (рис. 4.10, а) ножи опущенного на грунт ковша 2 срезают слой грунта толщиной  $h$ , который поступает в ковш при поднятой подвижной заслонке 3. Наполненный грунтом ковш на ходу поднимается в транспортное положение (рис. 4.10, б), а заслонка 3 опускается, препятствуя высыпанию грунта из ковша. При разгрузке ковша (рис. 4.10, в) заслонка 3 поднята, а грунт вытесняется принудительно из приспущенного ковша выдви-



Р и с. 4.10. Операции рабочего цикла самоходного скрепера

гаемой вперед задней стенкой 5 ковша, причем регулируемый зазор между режущей кромкой ковша и поверхностью земли определяет толщину  $s$  укладываемого слоя грунта 4, который разравнивается (планируется) ножами ковша и частично уплотняется колесами скрепера. При холостом ходе порожний ковш поднят в транспортное положение, а заслонка опущена. Для увеличения тягового усилия скрепера при наполнении ковша в плотных грунтах обычно используют бульдозер-толкач 1 (см. рис. 4.10, а). При наполнении ковша скоростью движения скреперов составляет 2...4 км/ч, при транспортном передвижении — 0,5...0,8 максимальной скорости трактора или тягача.

У некоторых моделей скреперов для уменьшения сопротивлений при работе в ковше устанавливают наклонный скребковый конвейер (элеватор), осуществляющий принудительную загрузку срезанного ножом слоя грунта в ковш и его выгрузку. Скреперы с элеваторной загрузкой наиболее рационально используются на сыпучих грунтах при выполнении небольших объемов работ.

В зависимости от вида и объема выполняемых земляных работ применяют различные схемы движений скрепера в плане — по эллипсу, восьмеркой, челночно-поперечное и др. Схему движения по эллипсу применяют при разработке выемок и широких траншей, челночно-поперечное и восьмеркой — при копании неглубоких, но больших по площади котлованов.

Прицепные скреперы к гусеничным тракторам, обладающие высокой проходимостью, способны работать в плохих дорожных условиях. Низкие транспортные скорости этих машин (не более 10...15 км/ч) ограничивают экономически целесообразную дальность транспортировки грунта 500...800 м. Самоходные скреперы характеризуются более высокими мобильностью, маневренностью, транспортными скоростями (до 50 км/ч) и производительностью (в 1,5...2,5 раза) по сравнению с прицепными машинами той же вместимости.

Дальность транспортировки грунта самоходными скреперами экономически эффективна на расстояние до 5000 м.

В строительстве используют самоходные скреперы с ковшами вместимостью 4,5, 8,3, 15, 16 и 25 м<sup>3</sup>.

На скреперах с ковшами вместимостью 16 и 25 м<sup>3</sup> установлен второй дополнительный задний двигатель для привода задних колес через гидромеханическую трансмиссию, что позволяет выполнить все колеса машины ведущими. Управление дополнительным двигателем и гидромеханической трансмиссией синхронизировано с управлением тягачом и ведется из кабины машиниста. Одновременную работу обоих двигателей используют при заполнении ковша и транспортировании грунта к месту разгрузки: при выгрузке ковша и обратном ходе используется один двигатель тягача.

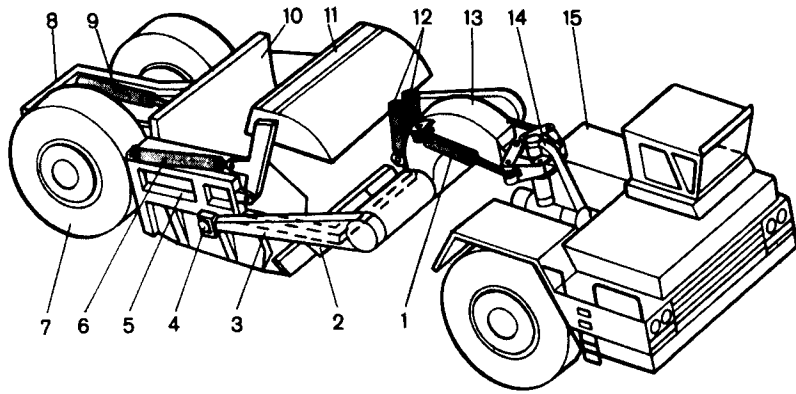


Рис. 4.11. Самоходный скрепер

**Самоходный скрепер** (рис. 4.11) представляет собой двухосную пневмоколесную машину, состоящую из одноосного тягача 15 и полуприцепного одноосного скреперного оборудования, соединенных между собой универсальным седельно-сцепным устройством 14. На тягаче смонтированы два гидроцилиндра 1 для его поворота относительно рабочего органа в плане. Седельно-сцепное устройство обеспечивает возможность относительного поворота тягача и скрепера в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Для толкания скрепера бульдозером-толкателем в процессе набора грунта имеется буферное устройство 8.

Основным узлом скрепера является ковш 5 с двумя боковыми стенками и днищем, опирающийся на колеса 7. К подножечной плите ковша крепят сменные двухлезвийные ножи 2 — два боковых и средние. Ковш снабжен выдвижной задней стенкой 10 для принудительной разгрузки, а в передней части — заслонкой 11, поднимающейся при наборе и выгрузке грунта. Заслонка служит для регулирования щели при загрузке ковша и закрывает ковш при транспортировании грунта. Ковш двумя шарнирами 4 соединен с тяговой П-образной рамой 3, жестко соединенной с хоботом 13. Гидравлическая система управления рабочим оборудованием обеспечивает подъем и опускание ковша 5, заслонки 11, выдвижение задней стенки 10 и возврат ее в исходное положение с помощью трех пар гидроцилиндров 6, 9 и 12. Насосы гидросистемы рабочего оборудования приводятся в действие от коробки отбора мощности базового тягача. Раздельное управление гидроцилиндрами осуществляется золотниковым распределителем, установленным в кабине машиниста.

Рабочее оборудование самоходных и прицепных скреперов одинаково по конструкции и максимально унифицировано. Эксплуатационная производительность скрепера ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) в плотном теле

$$P_3 = nqK_nK_b/K_p, \quad (4.17)$$

где  $n$  — число циклов в час ( $n = 3600/T_{ц}$ );  $q$  — вместимость ковша скрепера,  $\text{м}^3$ ;  $K_n$  — коэффициент наполнения ковша грунтом ( $K_n = 0,6...1,2$ );  $K_b$  — коэффициент использования машины по времени ( $K_b = 0,8...0,9$ );  $K_p$  — коэффициент разрыхления грунта в ковше скрепера ( $K_p = 1,1...1,3$ ).

$$T_{ц} = l_3/v_3 + l_T/v_T + l_{рз}/v_{рз} + l_{п.х}/v_{п.х} + t_n + 2t_{пов}, \quad (4.18)$$

где  $l_3$ ,  $l_T$ ,  $l_{рз}$ ,  $l_{п.х}$  — длины участков соответственно набора грунта (заполнения ковша), транспортировки грунта, разгрузки ковша, порожнего хода скрепера, м;  $v_3$ ,  $v_T$ ,  $v_{рз}$ ,  $v_{п.х}$  — скорости скрепера соответственно при заполнении ковша, транспортировке грунта, разгрузке и порожнем ходе, м/с;  $t_n$  — время на переключение передач тягача;  $t_{пов}$  — время на один поворот ( $t_{пов} = 15...20$  с).

Длина участка набора грунта

$$l_3 = qK_n/(K_pbh), \quad (4.19)$$

где  $b$  — ширина срезаемой полосы, м;  $h$  — толщина срезаемого слоя грунта, м.

Набор грунта скрепером производится на участках длиной 12...30 м. Разгружаются скреперы на участках длиной 5...15 м.

При работе скрепера наиболее неблагоприятным является момент, когда ковш скрепера почти полностью загружен грунтом при продолжающемся процессе резания грунта.

Подбор тягача производят по максимальному сопротивлению движению скрепера.

Полное сопротивление движению скрепера при загрузке (кН)

$$F_{\Sigma} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5, \quad (4.20)$$

где  $F_1$  — сопротивление движению скрепера, кН:

$$F_1 = (G_c + G_{гр})(f \pm i), \quad (4.21)$$

$G_c$  — вес скрепера, кН;  $G_{гр}$  — вес грунта в ковше, кН;  $f$  — коэффициент сопротивления качению колес скрепера по грунту ( $f = 0,1...0,15$  — для плотных грунтов;  $f = 0,15...0,2$  — для разрыхленных грунтов;  $f = 0,2...0,25$  — для сыпучих песков);  $i$  —  $\text{tg}\alpha$  — уклон пути;  $\alpha$  — угол наклона пути движения скрепера к горизонту, град; знак «+» принимается при работе на подъем; «-» — при работе под уклон;

$F_2$  — сопротивление грунта резанию, кН:

$$F_2 = K_pbh, \quad (4.22)$$

$K_p$  — удельное сопротивление грунта резанию ( $K_p = 80...120$  кПа);  $b$  и  $h$  — ширина и толщина срезаемого слоя грунта, м ( $h = 0,13...0,4$  м);

$F_3$  — сопротивление движению призмы волочения впереди ковша скрепера, кН:

$$F_3 = ybH^2\rho g(\mu \pm i), \quad (4.23)$$

$y$  — отношение высоты призмы волочения к высоте грунта в ковше ( $y = 0,5 \dots 0,65$ , причем большие значения для сыпучих грунтов);  $H$  — высота слоя грунта в ковше, м (при вместимости ковша  $q = 4,5 \text{ м}^3$   $H = 1 \dots 1,18$  м, при  $q = 6 \text{ м}^3$   $H = 1,25 \dots 1,5$  м, при  $q = 10 \text{ м}^3$   $H = 1,8 \dots 2$  м, при  $q = 15 \text{ м}^3$   $H = 2,3 \text{—} 2,5$  м);  $\rho$  — плотность грунта, т/м<sup>3</sup> (для сухого песка  $\rho = 1,2 \dots 1,5$  т/м<sup>3</sup>, для супесей и суглинков  $\rho = 1,6 \dots 1,8$  т/м<sup>3</sup>);  $\mu$  — коэффициент трения грунта по грунту ( $\mu = 0,3 \dots 0,5$ , причем большие значения для песчаных грунтов);  $g$  — ускорение свободного падения ( $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ );

$F_4$  — сопротивление от веса срезаемого слоя грунта, движущегося в ковше, кН:

$$F_4 = bhH\rho g, \quad (4.24)$$

$F_5$  — сопротивление от внутреннего трения грунта в ковше, кН:

$$F_5 = bH^2\rho xg, \quad (4.25)$$

$x$  — коэффициент, учитывающий влияние категории грунта (для глин  $x = 0,24 \dots 0,31$ , для суглинков и супесей  $x = 0,37 \dots 0,42$ , для песков  $x = 0,45 \dots 0,5$ ).

При загрузке скрепера одним тягачом без трактора-толкача  $F_{\Sigma} \leq F_{\text{тяг}}$  ( $F_{\text{тяг}}$  — тяговое усилие тягача скрепера, кН); при загрузке с помощью толкача  $F_{\Sigma} \leq F_{\text{тяг}} + F_{\text{тол}}$  ( $F_{\text{тол}}$  — тяговое усилие толкача, кН).

### 4.3.3. САМОХОДНЫЕ ГРЕЙДЕРЫ (АВТОГРЕЙДЕРЫ)

Автогрейдеры представляют собой самоходные планировочно-профилировочные машины, основным рабочим органом которых служит полноповоротный грейдерный отвал с ножами, установленный под углом к продольной оси автогрейдера и размещенный между передним и задним мостами пневмоколесного ходового оборудования. При движении автогрейдера ножи срезают грунт и отвал сдвигает его в сторону.

Автогрейдеры применяют для планировочных и профилировочных работ при строительстве дорог, сооружении невысоких насыпей и профильных выемок, отрыве дорожного корыта и распределения в нем каменных материалов, зачистки дна котлованов, планировке территорий, засыпке траншей, рвов, канав и ям, а также очистки дорог, строительных площадок, городских магистралей и площадей от снега в зимнее время.

Автогрейдеры используют на грунтах I...III категорий. Процесс работы автогрейдера состоит из последовательных проходов, при которых осуществляется резание грунта, его перемещение, разравнивание и планировка поверхности сооружения.

Современные автогрейдеры имеют одинаковую конструкцию и выполнены в виде самоходных трехосных машин с полноповоротным грейдерным отвалом, с механической и гидромеханической трансмиссией и гидравлической системой управления рабочими органами.

Автогрейдеры классифицируют по конструктивной массе, типу трансмиссии, колесной схеме и типу бортовых передач. По конструктивной массе автогрейдеры разделяют на легкие (до 12 т), средние (до 15 т) и тяжелые (более 15 т). Колесная схема автогрейдеров определяется формулой А×Б×В, где А — число осей с управляемыми колесами; Б — то же, с ведущими колесами и В — общее число осей. Колесная схема отечественных автогрейдеров легкого и среднего типов 1×2×3, тяжелого типа 1×3×3.

По типу трансмиссии различают автогрейдеры с *механической* и *гидромеханической* трансмиссиями. Гидромеханическая трансмиссия обеспечивает автоматическое и плавное изменение скорости движения автогрейдера, механическая — ступенчатое. Бортовые передачи бывают двух типов — в виде бортовых редукторов (у легких и средних автогрейдеров) и отдельных ведущих мостов (у тяжелых автогрейдеров). Каждый автогрейдер состоит из рамы, трансмиссии, ходового устройства, основного и дополнительного рабочего оборудования, механизмов с системой управления и кабины машиниста. Рамы автогрейдеров могут быть жесткими и шарнирно сочлененными. Наличие шарнирно сочлененной рамы обеспечивает повышенную маневренность машины.

Основным рабочим органом автогрейдеров является полноповоротный грейдерный отвал, снабженный сменными двухлезвийными ножами. Кроме основного рабочего органа автогрейдеры могут быть оснащены дополнительными сменными рабочими органами — бульдозерным отвалом для разравнивания грунта, засыпки траншей, распределения строительных материалов, удлинителем грейдерного отвала для увеличения ширины захвата, откосниками (укрепляемыми на отвале) для планирования откосов насыпей (выемок) и очистки канав, кирковщиком для взламывания дорожных покрытий и рыхления плотных грунтов. Бульдозерные отвалы навешивают спереди машины, кирковщики — как спереди, так и сзади машины, а также непосредственно на грейдерный отвал. Управление бульдозерным отвалом и кирковщиком осуществляется гидроцилиндрами двойного действия.

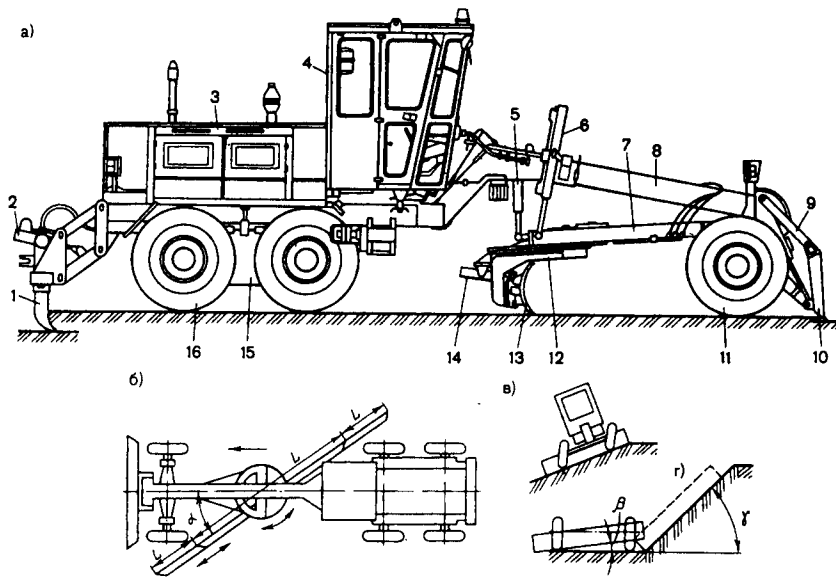


Рис. 4.12. Автогрейдер среднего типа:

*a* — общий вид, *б* — схема поворота отвала в плане; *в* — схема бокового наклона колес; *г* — схема бокового выноса отвала

Все узлы и агрегаты автогрейдера (рис. 4.12, *a*), в том числе двигатель 3 с трансмиссией, кабина водителя 4, основное и дополнительное рабочее оборудование автогрейдера, смонтированы на основной раме 8 коробчатого сечения, которая одним концом опирается на передний мост с управляемыми пневмоколесами 11, а другим — на задний четырехколесный мост 15 с продольно-балансирной подвеской парных колес 16. Передние колеса автогрейдера можно устанавливать с боковым наклоном в обе стороны для повышения устойчивости движения машины при работе на уклонах (рис. 4.12, *в*) и уменьшения радиуса поворота.

Основное рабочее оборудование автогрейдера состоит из тяговой рамы 7, поворотного круга 12 и отвала 13 со сменными двухлезвийными ножами. Полноповоротный в плане отвал обеспечивает работу автогрейдера при прямом и обратном ходах машины. Поворот отвала в плане осуществляется гидромотором через редуктор. Передняя часть тяговой рамы шарнирно соединена с рамой машины, а задняя часть подвешена на двух гидроцилиндрах 6, с помощью которых грейдерный отвал устанавливают в различные положения: транспортное (поднятое) и рабочее (опущенное). В рабочем положе-

нии отвал внедряется в грунт ножами и при движении срезает слой грунта и перемещает его в направлении, определяемом установкой отвала в плане под углом  $\alpha$  к продольной оси машины (рис. 4.12, *б*).

Угол резания отвала в зависимости от категории грунта регулируется гидроцилиндром 14. Вынос тяговой рамы в обе стороны от продольной оси машины обеспечивается гидроцилиндром 5. Дополнительное рабочее оборудование автогрейдера включает удлинитель отвала, кирковщик 1, управляемый гидроцилиндром 2, и бульдозерный отвал 10, управляемый гидроцилиндром 9.

Гидравлическая система управления рабочим оборудованием автогрейдеров обеспечивает подъем и опускание тяговой рамы вместе с поворотным кругом и отвалом, поворот отвала вместе с поворотным кругом в плане на  $360^\circ$ , боковой вынос отвала в обе стороны от продольной оси машины (рис. 4.12, *б*), установку отвала под углом  $\beta$  (до  $18^\circ$ ) в вертикальной плоскости, боковой вынос отвала для планировки откосов под углом  $\gamma$  (до  $90^\circ$ ) (рис. 4.12, *г*), а также совмещение различных установок отвала.

Отдельные автогрейдеры могут оснащаться автоматической системой управления отвалом типа «Профиль», предназначенной для автоматической стабилизации отвала в поперечном и продольном направлениях, что позволяет существенно повысить производительность машины и точность обработки поверхности. На автогрейдерах устанавливаются автоматические системы «Профиль-10», «Профиль-20» и «Профиль-30».

Эксплуатационная производительность автогрейдера ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) при резании и перемещении грунта

$$P_3 = 3600BlhK_b / (t_p + t_n)n, \quad (4.26)$$

где  $B$  — ширина захвата отвала, м;  $l$  — длина участка, м;  $h$  — толщина срезаемой стружки;  $K_b$  — коэффициент использования машины по времени;  $t_p$  — время, затрачиваемое на один проход, с;  $t_n$  — то же, на один поворот;  $n$  — число проходов по одному участку.

#### 4.4. ЭКСКАВАТОРЫ

Экскаваторы представляют собой самоходные землеройные машины, предназначенные для копания и перемещения грунта. Различают одноковшовые экскаваторы периодического (циклического) действия с основным рабочим органом в виде ковша определенной вместимости и экскаваторы непрерывного действия с многоковшовыми, скребковыми и фрезерными (бесковшовыми) рабочими органами. Одноковшовые экскаваторы осуществляют работу отдельными многократно повторяющимися циклами, в течение которых операции копания и перемещения грунта выполняются раздельно и

последовательно. В процессе работы машина периодически перемещается на небольшие расстояния для копания очередных объемов грунта. Экскаваторы непрерывного действия копают и перемещение грунта осуществляют одновременно и непрерывно. Производительность таких экскаваторов выше, чем одноковшовых, затрачивающих около  $\frac{2}{3}$  рабочего времени на перемещение грунта и рабочего оборудования.

По назначению одноковшовые экскаваторы делят на строительные универсальные для земляных и погрузочно-разгрузочных работ в строительстве, карьерные для разработки карьеров строительных материалов, рудных и угольных месторождений и вскрышные для разработки полезных ископаемых открытым способом. Экскаваторы непрерывного действия по назначению делят на машины продольного копания для рытья протяженных выемок прямоугольного и трапециoidalного профиля — траншей под трубопроводы и коммуникации различного назначения (траншейные экскаваторы), каналов и водоводов (каналокопатели), поперечного копания для карьерных, планировочных и мелиоративных работ, радиального копания для вскрышных и карьерных работ большого объема.

В городском строительстве преимущественно используют одноковшовые строительные и траншейные экскаваторы.

#### 4.4.1. ОДНОКОВШОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ

Строительными называют одноковшовые универсальные экскаваторы с основными ковшами вместимостью 0,25...2,5 м<sup>3</sup>, оснащаемые различными видами сменного рабочего оборудования. Строительные экскаваторы предназначены для земляных работ в грунтах I...IV категорий. С помощью унифицированного сменного рабочего оборудования (до 40 видов) они могут выполнять также погрузочно-разгрузочные, монтажные, сваебойные, планировочные, зачистные и другие работы.

Основными частями строительных экскаваторов являются гусеничное или пневмоколесное ходовое устройство, поворотная платформа (с размещенными на ней силовой установкой, механизмами, системой управления и кабиной машиниста) и сменное рабочее оборудование. Поворотная платформа опирается на ходовое устройство через унифицированный роликотный опорно-поворотный круг и может поворачиваться относительно него в горизонтальной плоскости.

Рабочий цикл одноковшового экскаватора при разработке грунтов состоит из следующих последовательно выполняемых операций: копание грунта (заполнение ковша грунтом), подъем ковша с грунтом из забоя, поворот ковша к месту разгрузки, разгрузка грунта из ковша в отвал или в транспортные средства, поворот порожнего ковша к забоя и опускание его в исходное положение для следующей операции

копания. В процессе работы отдельные операции цикла можно совмещать (например, подъем или опускание ковша с поворотом его в забой), что позволяет сокращать продолжительность цикла.

**Классификация.** Одноковшовые строительные экскаваторы классифицируют по следующим признакам:

по типу ходового устройства — на гусеничные с нормальной и увеличенной опорной поверхностью гусениц, пневмоколесные, на специальном шасси автомобильного типа, на шасси грузового автомобиля или трактора;

по типу привода — с одномоторным (механическим и гидромеханическим) и многомоторным (гидравлическим и электрическим) приводом;

по исполнению опорно-поворотного устройства — на полноповоротные (угол поворота рабочего оборудования в плане не ограничен) и неполноповоротные (угол поворота рабочего оборудования в плане ограничен 270°);

по способу подвески рабочего оборудования — с гибкой подвеской на канатных полиспадах и с жесткой подвеской с помощью гидроцилиндров;

по виду исполнения рабочего оборудования — с шарнирно-рычажным и телескопическим рабочим оборудованием.

Кроме перечисленных признаков строительные экскаваторы различаются между собой размерами, массой, мощностью и вместимостью ковшей.

К основным параметрам одноковшовых экскаваторов относятся: вместимость ковша, продолжительность рабочего цикла, радиусы копания и выгрузки, высота и глубина копания, высота нагрузки, преодолеваемый экскаватором уклон пути, конструктивная и эксплуатационная массы машины, среднее давление на грунт у гусеничных машин и нагрузка на одно ходовое колесо у пневмоколесных, колея и база ходового устройства.

**Индексация.** Действующая система индексации предусматривает следующую структуру индекса (рис. 4.13), дающего более полную характеристику эксплуатационных возможностей машины. Буквы ЭО означают — экскаватор одноковшовый универсальный.

Четыре основные цифры индекса последовательно означают: размерную группу машины, тип ходового устройства, конструктивное исполнение рабочего оборудования (вид подвески) и порядковый номер данной модели. Восемь размерных групп экскаваторов обозначаются цифрами с 1 по 8. Размер экскаватора характеризуют масса машины и мощность основного двигателя, а также геометрическая вместимость основного ковша.

В настоящее время серийно выпускаются экскаваторы 2...6-й размерных групп. В стандартах на экскаваторы для каждой размерной

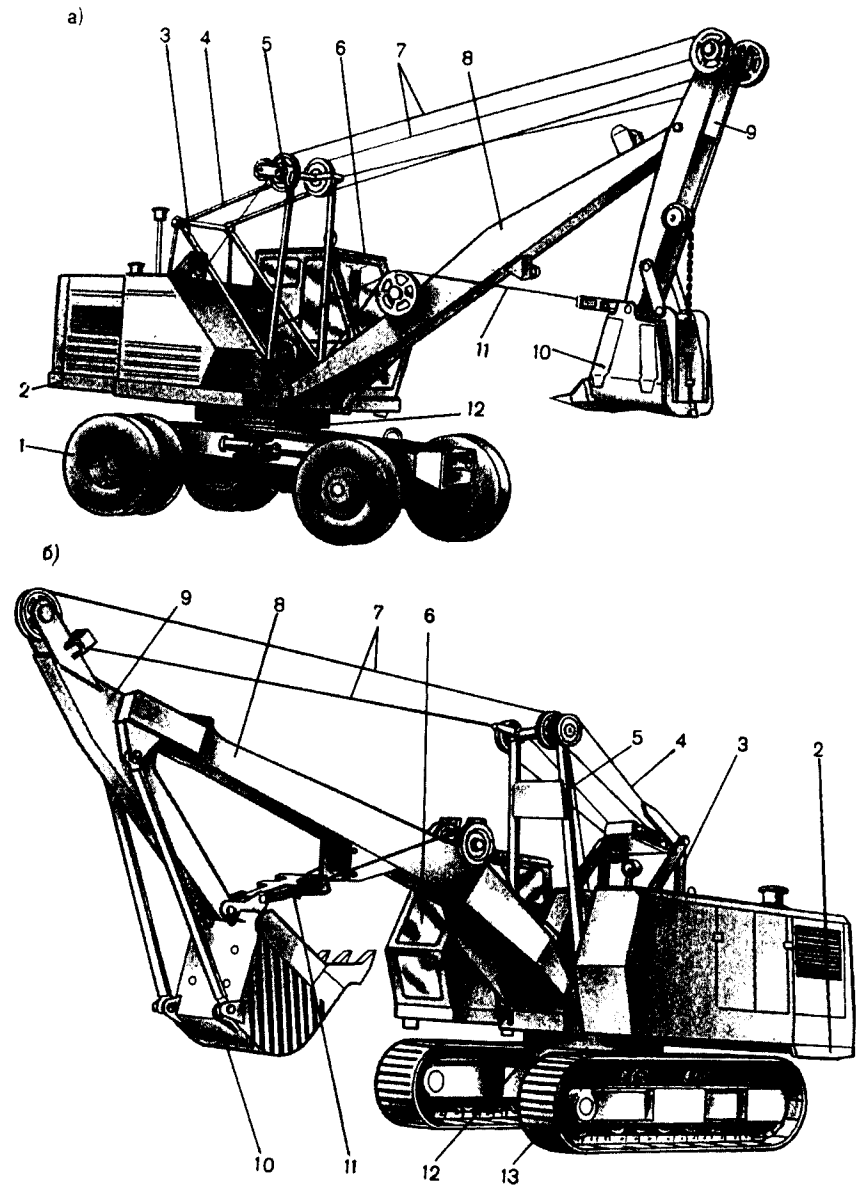




Р и с. 4.13. Структура индексов одноковшовых универсальных экскаваторов

Тип ходового устройства указывается цифрами с 1 по 9: 1 — гусеничное (Г); 2 — гусеничное уширенное (ГУ); 3 — пневмокошесное (П); 4 — специальное шасси автомобильного типа (СШ); 5 — шасси грузового автомобиля (А); 6 — шасси серийного трактора (Тр); 7 — прицепное ходовое устройство (Пр); 8,9 — резерв. Конструктивное исполнение рабочего оборудования указывается цифрами: 1 (с гибкой подвеской), 2 (с жесткой подвеской), 3 (телескопическое). Последняя цифра индекса означает порядковый номер модели экскаватора. Первая из дополнительных букв после цифрового индекса (А, Б, В и т. д.) означает порядковую модернизацию данной машины, последующие — вид специального климатического исполнения (С или ХЛ — северное, Т — тропическое, ТВ — для работы на влажных тропиках). Например, индекс ЭО-5123ХЛ расшифровывается так: экскаватор одноковшовый универсальный, 5-й размерной группы, на гусеничном ходовом устройстве, с жесткой подвеской рабочего оборудования, третья модель в северном исполнении. Экскаватор оборудуется основным ковшом вместимостью 1,0 м<sup>3</sup>, соответствующим 5-й размерной группе, и сменными вместимостью 1,25 и 1,6 м<sup>3</sup>.

группы обычно приводят несколько вместимостей ковшей — основного и сменных повышенной вместимости, причем для последних предусмотрены меньшие линейные параметры и более слабые грунты, чем при работе с основным ковшом. Основным считается ковш, которым экскаватор может разрабатывать грунт IV категории на максимальных линейных рабочих параметрах (глубина и радиус копания, радиус и высота выгрузки и т. п.). Вместимость основных ковшей экскаваторов составляет: для 2-й размерной группы — 0,25...0,28 м<sup>3</sup>; 3-й — 0,40...0,65 м<sup>3</sup>; 4-й — 0,65...1,00 м<sup>3</sup>; 5-й — 1,00...1,60 м<sup>3</sup>; 6-й — 1,60...2,50 м<sup>3</sup>; 7-й — 2,50...4,00 м<sup>3</sup>.



Р и с. 4.14. Строительные полноповоротные экскаваторы с механическим приводом и гибкой подвеской рабочего оборудования:

*a* — пневмокошесный третьей размерной группы; *b* — гусеничный четвертой размерной группы; 1 — пневмокошесное ходовое устройство; 2 — поворотная платформа; 3 — двуногая стойка; 4 — стрелоподъемный канат; 5 — передняя стойка; 6 — кабина машиниста; 7 — подъемный канат; 8 — стрела; 9 — рукоять; 10 — ковш обратной лопаты; 11 — тяговый канат; 12 — опорно-поворотное устройство; 13 — гусеничное ходовое устройство

**Экскаваторы с гибкой подвеской рабочего оборудования** представляют собой полноповоротные машины (рис. 4.14) с одномоторным и многомоторным (дизель-электрическим) приводом. На поворотной платформе таких машин смонтирована двуногая опорная стойка, несущая стрелоподъемный полиспаст. Промышленность выпускает строительные экскаваторы с одномоторным приводом 3...5 размерных групп, с многомоторным приводом — 6-й размерной группы.

Основными видами сменного рабочего оборудования таких экскаваторов являются прямая и обратная лопаты, драглайн, грейфер и кран. Кроме указанных видов экскаваторы оснащаются также оборудованием для погружения свай и шпунта, планировки и зачистки площадок и откосов, засыпки траншей, корчевания пней, рыхления мерзлых и скальных грунтов, взламывания дорожных покрытий, разрушения старых фундаментов зданий и стен и т. п.

Экскаватор с рабочим оборудованием прямой лопаты (рис. 4.15, а) разрабатывает грунт в забое, расположенном выше уровня стоянки машины. В комплект оборудования прямой лопаты входят стрела 6, рукоять 4 с седловым подшипником, ковш 3 с открывающимся днищем, напорный механизм 5 (у экскаваторов 2-й и 3-й размерных групп напорный механизм отсутствует), полиспасты 1 и 2 подъема стрелы и ковша. Наполнение ковша происходит при подъеме его полиспастом 2 и выдвигении рукояти в сторону забоя напорным механизмом, регулирующим толщину стружки. Выгрузка ковша осуществляется открыванием его днища.

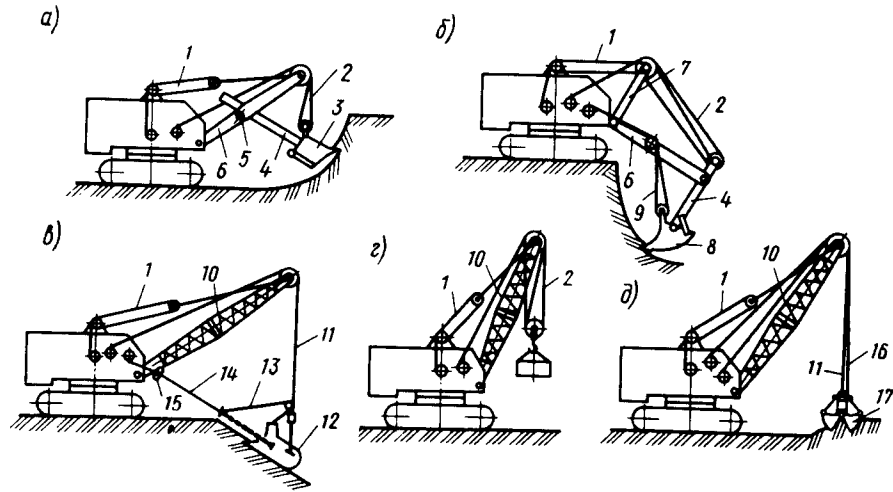


Рис. 4.15. Основные виды сменного рабочего оборудования строительных экскаваторов с механическим приводом

Экскаватор с оборудованием обратной лопаты (рис. 4.15, б) предназначен для рытья траншей и небольших котлованов, расположенных ниже уровня его стоянки. Рабочее оборудование обратной лопаты состоит из ковша 8, рукояти 4, стрелы 6, передней стойки 7 и полиспастов: тягового 9, подъемного 2 и стрелового 1 (для удержания передней стойки). Наполнение ковша, врезаемого в грунт под действием веса рабочего оборудования, происходит при подтягивании его к экскаватору тяговым полиспастом 9 и одновременном ослаблении натяжения подъемного полиспаста 2. Выгрузка грунта из ковша осуществляется поворотом рукояти от забоя при ослаблении тягового полиспаста и подъеме рабочего оборудования подъемным полиспастом.

Экскаватор с оборудованием драглайна (рис. 4.15, в) разрабатывает грунт ниже уровня своей стоянки и применяется для рытья котлованов, водоемов и траншей, а также для разработки различных выемок под водой. Сменное рабочее оборудование драглайна включает удлиненную решетчатую стрелу 10, специальный ковш совкового типа 12 с подъемными и тяговыми цепями, стрелоподъемный полиспаст 1, подъемный 11, тяговый 14 и разгрузочный (опрокидной) 13 канаты и механизм наводки (систему направляющих блоков 15) тягового каната. Наполнение ковша, прижимаемого к забю собственным весом, происходит при подтягивании его к экскаватору тяговым канатом 14. Выгрузка поднятого на необходимую высоту ковша осуществляется путем его поворота при ослаблении натяжения тягового и опрокидного канатов.

Экскаватор с крановым оборудованием — экскаватор-кран (рис. 4.15, г) используют на различных монтажных и погрузочно-разгрузочных работах. В комплект кранового оборудования входят удлиненная решетчатая стрела 10, стрелоподъемный 1 и грузовой 2 полиспасты, крюковая подвеска или специальные устройства для захвата грузов.

Экскаватор с грейферным оборудованием (рис. 4.15, д) применяют при погрузке и выгрузке сыпучих и мелкокусковых материалов, очистке траншей и котлованов от обрушившегося грунта и снега, для рытья колодцев и узких глубоких котлованов в легких грунтах, а также для рытья траншей под водой. Грейферное оборудование включает удлиненную решетчатую стрелу 10, двухчелюстной грейферный ковш 17, подъемный 11 и замыкающий 16 канаты. Наполнение ковша происходит в результате смыкания его челюстей при натяжении замыкающего и ослаблении подъемного канатов. Разгрузка ковша осуществляется при ослаблении замыкающего каната.

Для осуществления рабочего процесса каждый экскаватор с механическим приводом имеет следующие исполнительные механизмы: главную лебедку, приводящую в действие рабочий орган при

копаний, стрелоподъемную лебедку для изменения угла наклона стрелы, механизм поворота платформы с рабочим оборудованием вокруг вертикальной оси, механизм передвижения, реверсивный механизм (реверс) для изменения направления движения исполнительных механизмов. Для работы с обратной лопатой, драглайном и грейфером главная лебедка имеет два канатных барабана — подъемный для подъема ковша и тяговый для подтягивания ковшеи обратной лопаты и драглайна, замыкания челюстей грейфера. При крановом оборудовании используют один подъемный барабан для подъема крюковой подвески. При работе с прямой лопатой тяговый барабан главной лебедки заменяется звездочкой цепной передачи, приводящей в действие напорный механизм для выдвигания (напора) и втягивания (возврата) рукояти с ковшом. Оба барабана лебедки свободно сидят на валу главной трансмиссии экскаватора, постоянно вращаемой двигателем, и плавно подключаются к ней индивидуальными ленточными фрикционными муфтами с пневматическим или гидравлическим управлением. Торможение барабанов обеспечивается управляемыми ленточными тормозами. Назначение и устройство механизмов подъема стрелы, поворота платформы и передвижения экскаватора такие же, как у полноповоротных стреловых самоходных кранов с одномоторным приводом.

В городском строительстве наиболее широко применяют полноповоротные строительные экскаваторы с механическим приводом 3...5 размерных групп на пневмоколесных и гусеничных ходовых устройствах. Основным рабочим оборудованием таких машин является обратная лопата.

В состав кинематических схем экскаваторов с механическим приводом входят главная муфта (обычно фрикционная одно- или многодисковая) и главная трансмиссия, валы которой получают постоянное вращение от дизеля при включении главной муфты. Вместо главной муфты может быть установлен гидротрансформатор, позволяющий автоматически регулировать скорость рабочего органа в зависимости от действующей на него внешней нагрузки и предохраняющий двигатель и трансмиссию от перегрузок при внезапном стопорении рабочего органа. Вместе с валами главной трансмиссии вращаются жестко соединенные с ними детали — зубчатые колеса, передающие вращение от одного вала трансмиссии к другому, и ведущие элементы муфт, с помощью которых осуществляется подключение исполнительных механизмов к главной трансмиссии.

Рассмотрим в качестве примера типовую кинематическую схему экскаватора 4-й размерной группы (рис. 4.16).

Привод всех механизмов экскаватора осуществляется от дизеля 1. При включении главной фрикционной муфты сцепления 2 получают постоянное вращение элементы главной трансмис-

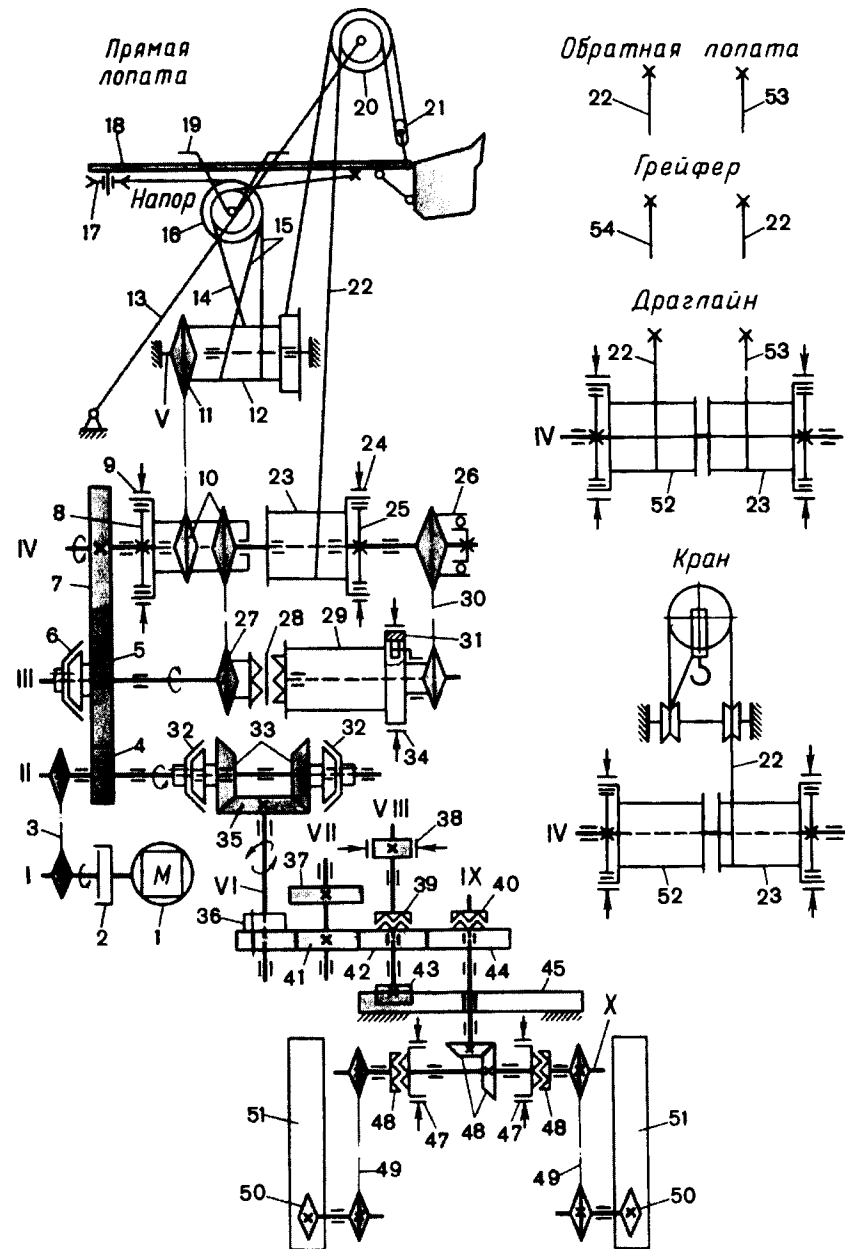


Рис. 4.16. Типовая кинематическая схема одноковшового строительного экскаватора четвертой размерной группы с механическим приводом

сий — четырехрядная цепная передача 3, шестерни 4, 5, 7, валы I, II, IV и жестко связанные с ними ведущие шкивы двухконусных фрикционных муфт 32 реверсивного механизма и 6 включения промежуточного вала III, а также ленты ленточных фрикционных муфт 8 и 25 включения барабанов главной лебедки. Для наполнения ковша прямой лопаты осуществляют подъем и выдвигание (напор) ковша с рукоятью, подключив к главной трансмиссии сдвоенные ведущие звездочки 10 напорного механизма и подъемный барабан 23 главной лебедки. Барабан 23 соединяется с валом IV ленточным фрикционом 25. Навиваемый на барабан подъемный канат 22 образует с головными блоками 20 стрелы 13 и блоком 21 ковша двухкратный полиспаст, подтягивающий ковш к оголовку стрелы.

Для останова ковша и удержания его в заданном положении выключают фрикцион 25 и одновременно включают ленточный тормоз 24, которым регулируют также скорость опускания ковша, движущегося под действием собственного веса. Напорное движение ковша осуществляют включением ленточного фрикциона 8. При этом получают вращение сдвоенные звездочки 10, одна из которых соединена однорядной цепью со звездочкой 11 напорного барабана 12 на валу V, а другая — цепью со звездочкой 27 на промежуточном валу III. На вращающийся напорный барабан навиваются две ветви напорного каната 15 (а возвратный канат 14 с него свивается), огибающие направляющие блоки 16, седлового подшипника 19 и уравнивательный блок 17 на конце рукояти 18, в результате чего рукоять с ковшом выдвигаются, осуществляя напор. Торможение напорного механизма обеспечивается ленточным тормозом 9. Для возврата (втягивания) рукояти с ковшом включают двухконусную фрикционную муфту 6 с одновременным выключением ленточных муфт 8 и тормоза 9, в результате чего получает вращение звездочка 27, жестко соединяемая при копании с валом III кулачковой муфтой 28.

От звездочки 27 передается движение в обратном направлении блоку звездочек 10 и напорному барабану 12. На последний будет навиваться возвратный канат 14, втягивающий рукоять с ковшом. Для подъема стрелы соединяют с главной трансмиссией стрелоподъемный барабан 29 последовательным включением двух муфт — кулачковой 28 (смещением вправо), жестко закрепляющей барабан 29 на промежуточном валу III, и конусной фрикционной 6. На барабан навивается канат стрелоподъемного полиспаста. Подъем стрелы прекращается выключением муфты 6 и включением ленточного тормоза 34, удерживающего стрелу от свободного опускания. Надежное удержание поднятой стрелы в процессе работы экскаватора обеспечивается храповым останком 31, смонтированным на стрелоподъемном барабане. Опускание стрелы

осуществляется в режиме работы двигателя машины при выключенной муфте 28. Скорость опускания стрелы ограничивается обгонной муфтой 26 на валу IV, связанной со стрелоподъемным барабаном цепной передачей 30. Механизмы поворотного и ходового устройств экскаватора приводятся в действие от вертикального вала VI реверсивного механизма с коническими шестернями 33 и 35 и двумя двухконусными фрикционными муфтами 32. При включении одной из муфт осуществляется реверсирование вала VI и соответственно изменение направления вращения платформы или передвижения машины. От вала VI вращение передается валу VII и шестерням 42 и 44, свободно вращающимся на вертикальных поворотном VIII и ходовом IX валах.

Поворот платформы с рабочим оборудованием осуществляется при включении одной из муфт реверса — кулачковой муфты 39, жестко соединяющей шестерню 42 с валом VIII, и обкатывании шестерни 43 внутри зубчатого венца 45, жестко прикрепленного к ходовой раме. Торможение поворотной платформы и фиксирование ее в заданном положении обеспечиваются ленточным тормозом 38.

Движение ходовому механизму экскаватора сообщается при включении одной из муфт реверса и кулачковой муфты 40 (муфта 39 при этом автоматически выключается), жестко соединяющей шестерню 44 с валом IX. От вала IX вращение передается через пару конических шестерен 46 горизонтальному ходовому валу X, состоящему из трех частей, соединяемых между собой двумя кулачковыми муфтами 48. При одновременном включении муфт приводятся в движение через цепные передачи 49 обе ведущие звездочки 50 гусениц 51, обеспечивая прямолинейное движение экскаватора. Для поворота экскаватора отключают от трансмиссии одну из звездочек 50 выключением соответствующей муфты 48. При этом машина поворачивается относительно отключенной гусеницы. Торможение гусениц осуществляется ленточными тормозами 47, заблокированными с муфтами 48. Неподвижность ходового устройства при работе экскаватора обеспечивается двусторонним управляемым стопором.

Скорость поворота платформы и передвижения машины изменяют попеременным введением в зацепление с зубчатыми колесами 37 и 41 блок-шестерни 36. Меньшую скорость поворота используют при работе с грейфером, драглайном и крановым оборудованием, большую — с прямой и обратной лопатой. Смену различных видов рабочего оборудования производят непосредственно на строительной площадке. При замене оборудования прямой лопаты на блок звездочек 10 главной лебедки устанавливают состоящий из двух половинок барабан 52. При крановом оборудовании на

барабане 23 закрепляют подъемный канат 22. При оборудовании драглайна на барабане 52 закрепляют подъемный 22, а на барабане 23 — тяговый 53 канаты. При грейферном оборудовании на барабане 22 закрепляют подъемный канат 23, а на барабане 52 замыкающий канат 54.

Управление всеми основными механизмами экскаватора — пневматическое или гидравлическое. Вспомогательные механизмы (кулачковые муфты включения валов поворотного и ходового механизмов, переключения скоростей, включения лебедки подъема стрелы и главной муфты), включаемые реже, имеют рычажное управление.

**Экскаваторы с гидравлическим приводом.** Одноковшовые экскаваторы с гидравлическим приводом представляют собой много моторные полно- и неполноповоротные машины с жесткой подвеской рабочего оборудования, у которых для передачи мощности от двигателя к рабочим механизмам используется гидравлический объемный привод. По сравнению с механическими гидравлические экскаваторы имеют более широкую номенклатуру сменных рабочих органов, число которых постоянно растет, большее количество основных и вспомогательных движений рабочего оборудования, что значительно расширяет их технологические возможности и обеспечивает высокий уровень механизации земляных работ, особенно в стесненных условиях городской застройки.

Различают гидравлические экскаваторы с шарнирно-рычажным (рис. 4.17, а, б) и телескопическим (рис. 4.17, в) рабочим оборудованием, для удержания и приведения в действие которого используют жесткие связи — гидравлические цилиндры. Основными рабочими движениями шарнирно-рычажного оборудования являются изменение угла наклона стрелы, поворот рукояти с ковшом относительно стрелы и поворот ковша относительно рукояти, телескопического — выдвигание и втягивание телескопической стрелы.

Гидравлические полноповоротные экскаваторы с шарнирно-рычажным рабочим оборудованием созданы на базе единых конструктивных схем, широкой унификации агрегатов и узлов и серийно выпускаются 3...6-й размерных групп. Привод сменного рабочего оборудования таких экскаваторов осуществляется от гидроцилиндров двустороннего действия, а поворот платформы и передвижение машины — от индивидуальных гидромоторов. К основным видам сменного рабочего оборудования относятся прямая и обратная лопаты, грейфер и погрузчик.

В качестве сменных рабочих органов гидравлических экскаваторов при выполнении обычных земляных работ используют ков-

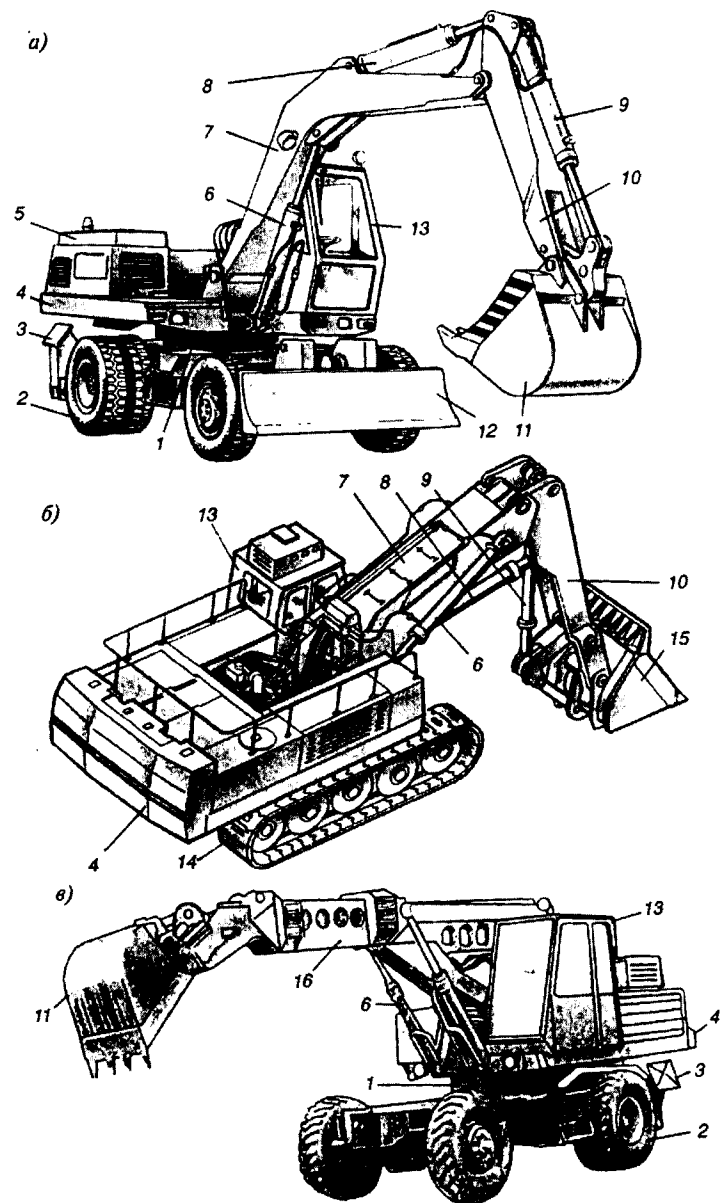
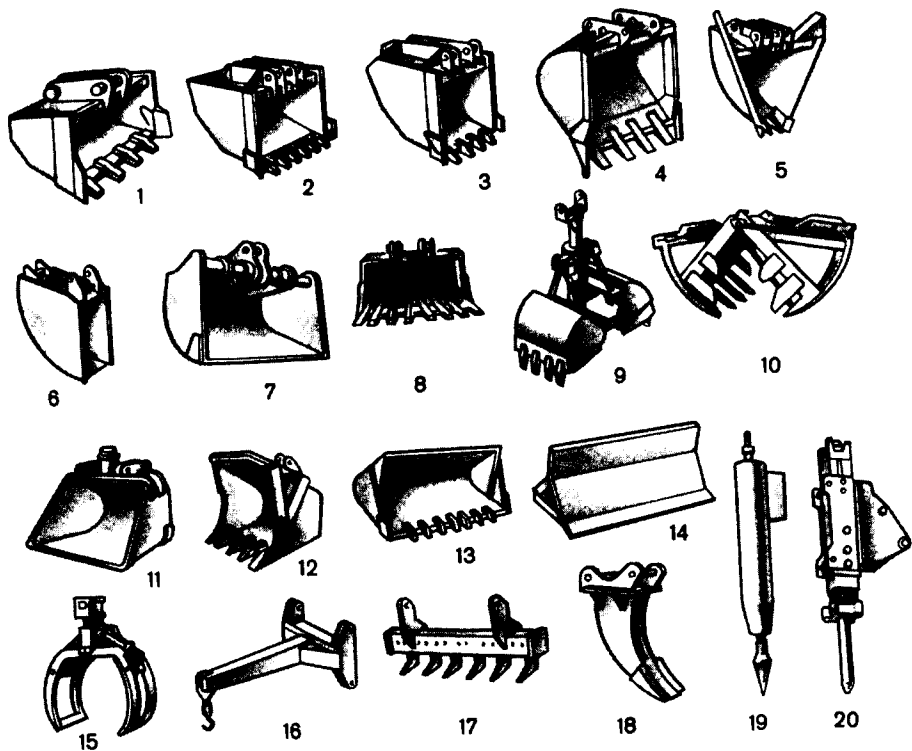


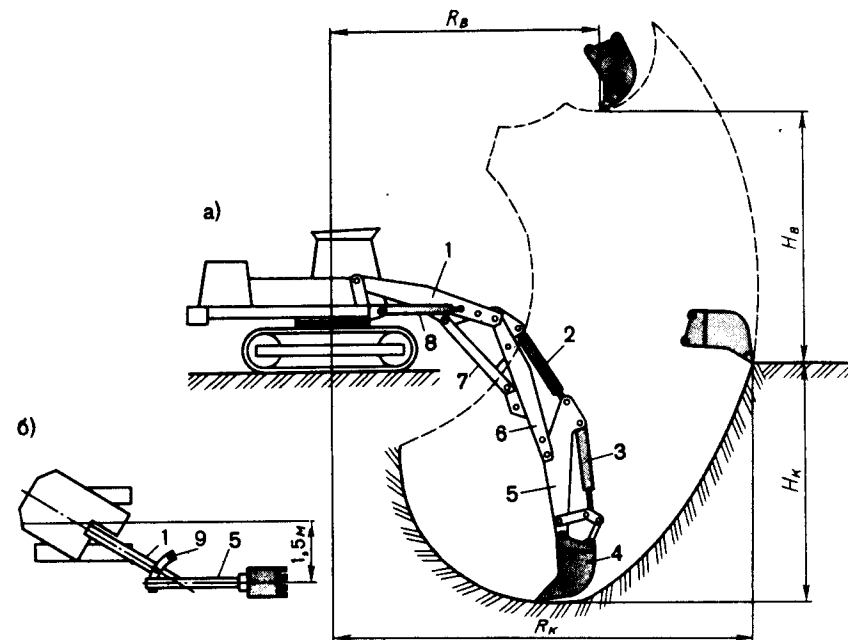
Рис. 4.17. Одноковшовые гидравлические полноповоротные экскаваторы с жесткой подвеской рабочего оборудования:

а, б — шарнирно-рычажного; в — телескопического; 1 — опорно-поворотное устройство; 2 — пневмоколесное ходовое устройство; 3 — выносная опора; 4 — поворотная платформа; 5 — силовая установка; 6, 8, 9 — гидроцилиндры стрелы; 7 — стрела; 10 — рукоять; 11 — ковш обратной лопаты; 12 — бульдозерный отвал; 13 — кабина машиниста; 14 — гусеничное ходовое устройство; 15 — ковш прямой лопаты; 16 — телескопическая стрела



Р и с. 4.18. Сменные рабочие органы гидравлических экскаваторов

ши 1...3 обратных (рис. 4.18) и прямых 4 лопат различной вместимости, ковши для дренажных работ 5 и рытья узких траншей 6, ковши с зубьями и со сплошной режущей кромкой для планировочных 7 и зачистных 8 работ, двухчелюстные грейферы для рытья траншей и котлованов 9 и погрузки крупнокусковых материалов и камней 10, погрузочные ковши большой вместимости для погрузочных работ 11...13, бульдозерные отвалы 14 для засыпки ям, траншей и небольших котлованов, захваты для погрузки труб и бревен 15, крановую подвеску 16 для различных грузоподъемных и монтажных работ, многозубые 17 и однозубые 18 рыхлители для рыхления мерзлых и плотных грунтов и взламывания асфальтовых покрытий, пневматические, гидравлические 19 и гидropневматические 20 молоты многоцелевого назначения со сменными рабочими инструментами для разрушения скальных и мерзлых грунтов, железобетонных конструкций, кирпичной кладки и фундаментов, дорожных покрытий, дробления негабаритов горных пород, трамбования грунтов, погружения свай и шпунта, бурения шпуров и скважин и т. п.



Р и с. 4.19. Рабочее оборудование обратной лопаты

В комплект оборудования обратной лопаты (рис. 4.19, а) входят: стрела (моноблочная Г-образной формы или составная 1, б изменяемой длины), рукоять 5, поворотный ковш 4 и гидроцилиндры 2, 3, 8 подъема стрелы, поворота рукояти и ковша. Копание грунта производят поворотом ковша относительно рукояти и поворотом рукояти относительно стрелы. Копание можно осуществлять только поворотом ковша относительно неподвижной рукояти, что позволяет вести работы в стесненных условиях, а также в непосредственной близости от подземных коммуникаций.

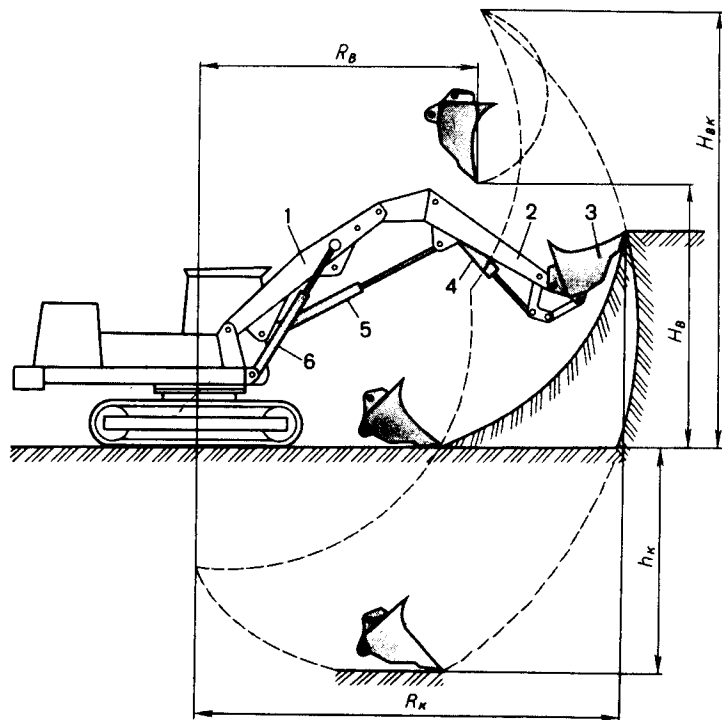
Поворотом ковша производят не только копание, но и выгрузку грунта, а также зачистку основания забоя. Толщину срезаемой при копании стружки регулируют путем подъема или опускания стрелы. Составная стрела дает возможность изменять глубину  $H_k$  и радиус  $R_k$  копания (а также высоту выгрузки  $H_b$ ), что в сочетании со сменными профильными ковшами различной вместимости позволяет расширить область применений экскаватора и использовать его с максимальной производительностью в различных грунтовых условиях.

Основная 1 и удлиняющая б части составной стрелы соединены шарниром и тягой 7, установкой которой в различные положения на удлиняющей части достигается изменение длины стрелы. На ос-

новную часть стрелы устанавливают оборудование прямой лопаты, грейфера и погрузчика. При работе вблизи фундаментов зданий и других сооружений, а также при копании траншей, ось которых не совпадает с продольной осью экскаватора, в оборудовании обратной лопаты применяют специальную промежуточную вставку 9 (рис. 4.19, б), позволяющую устанавливать рукоять 5 с гидроцилиндром под углом в плане к продольной оси стрелы 1. Вставка обеспечивает смещение оси копания до 1,5 м относительно продольной оси машины. Оборудование со смещенной осью копания является одним из преимуществ гидравлических экскаваторов.

Прямая лопата с поворотным ковшом широко применяется на экскаваторах 4...6-й размерных групп и предназначена для разработки грунта как выше (преимущественно), так и ниже уровня стоянки машины, а также для погрузочных работ.

Оборудование прямой лопаты включает (рис. 4.20): стрелу 1, рукоять 2, ковш 3 и гидроцилиндры 4, 5, 6 подъема стрелы, поворота рукояти и ковша. Копание грунта осуществляется поворотом рукояти и ковша, движущегося от машины в сторону забоя. Толщину стружки регулируют подъемом или опусканием стрелы. При раз-

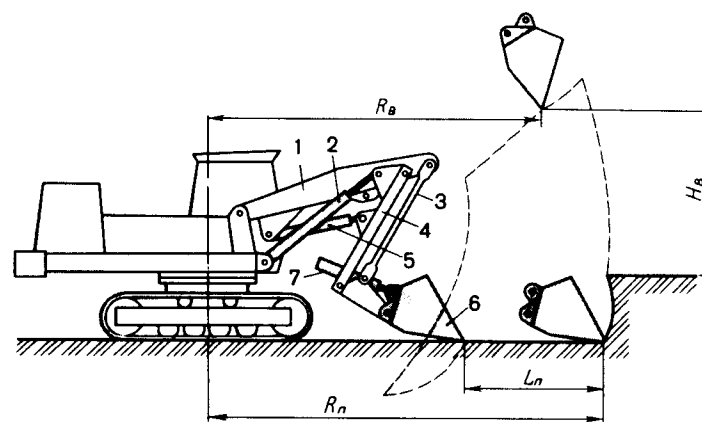


Р и с. 4.20. Рабочее оборудование прямой лопаты

грузке ковш поворачивают гидроцилиндром 4. Прямой лопатой с поворотным ковшом можно производить планирование и зачистку основания забоя.

П о г р у з ч и к применяют для погрузки сыпучих и мелкокусковых материалов выше стоянки экскаватора, разработки и погрузки в транспортные средства (или отсыпки в отвал) грунтов I...II категорий, а также планировочных работ на уровне стоянки машины. Вместимость ковша погрузчика в 1,5...2 раза больше вместимости ковша обратной лопаты, что значительно повышает производительность экскаватора при использовании его на погрузочных работах.

В комплект погрузочного оборудования (рис. 4.21) входят: стрела 1, рукоять 4, ковш 3 и гидроцилиндры 2, 5, 7 подъема стрелы, поворота рукояти и ковша. Кинематическая схема погрузчика обеспечивает горизонтальное движение ковша от экскаватора при внедрении его в грунт или штабель материала и планировочных работах. После внедрения в разрабатываемый материал возможен поворот ковша для лучшего его заполнения гидроцилиндром 2, которым поворачивают поднятый на заданную высоту ковш при разгрузке.



Р и с. 4.21. Рабочее оборудование погрузчика

Г р е й ф е р применяют для рытья котлованов, траншей, колодцев и при погрузочно-разгрузочных работах. Особенно эффективно использование такого оборудования при копании глубоких выемок, а также в стесненных условиях. На гидравлических экскаваторах устанавливают жестко подвешенные грейферы, у которых необходимое давление на грунт при врезании создается принудительно с помощью гидроцилиндров рабочего оборудования. Это позволяет эффективно разрабатывать плотные грунты независимо от массы

грейфера. Грейфер шарнирно крепят к рукояти обратной лопаты вместо ковша таким образом, чтобы было возможно его продольное и поперечное раскачивание.

Оборудование грейфера (рис. 4.22) состоит из составной стрелы 1, рукояти 3 и гидроцилиндров 2, 7, используемых от обратной лопаты, двухчелюстного грейферного ковша 6 с гидроцилиндрами 5 для замыкания и открывания челюстей и механизмом 4 поворота ковша в плане. Челюсти ковша в исходном положении раскрыты. Наполнение его происходит при смыкании челюстей гидроцилиндрами 5. Необходимое напорное усилие создается опусканием стрелы. Разгружают ковш размыканием челюстей. Для глубокого копания колодцев до 30 м, траншей и котлованов в оборудовании грейфера используют удлиняющие промежуточные вставки.

Грейферное оборудование на напорной штанге (рис. 4.23) применяют для разработки узких и глубоких (до 20 м) траншей с вертикальными стенками в грунтах I...IV категорий с каменистыми включениями размером до 200 мм при возведении подземных

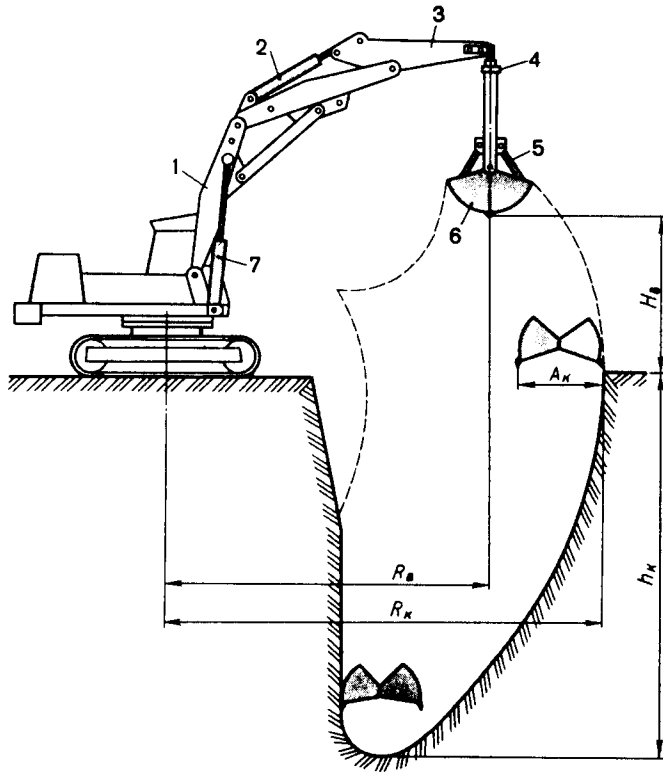


Рис. 4.22. Рабочее оборудование грейфера

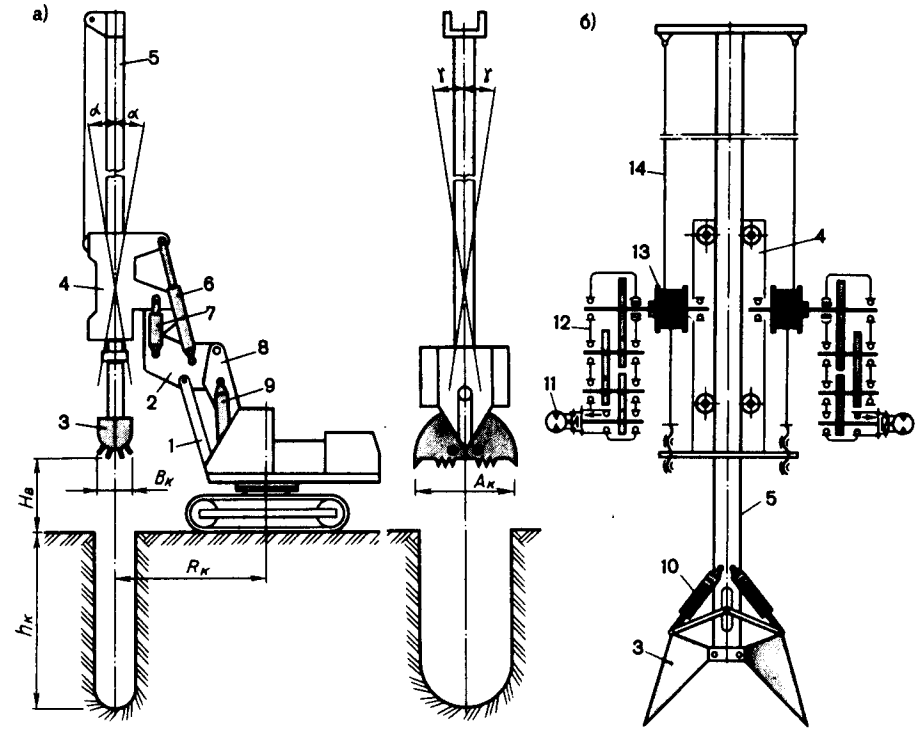


Рис. 4.23. Грейферное оборудование для возведения сооружений методом «стена в грунте»:

а — общий вид; б — кинематическая схема механизма перемещения штанги

сооружений способом «стена в грунте», а также для разработки выемок под сваи в промышленном, городском и сельском строительстве.

Способом «стена в грунте» можно возводить без отрывки котлована подземную часть промышленных и гражданских зданий и сооружений, стены насосных станций, тоннели метрополитенов неглубокого заложения, колодцы коллекторов, борта каналов и т. п.

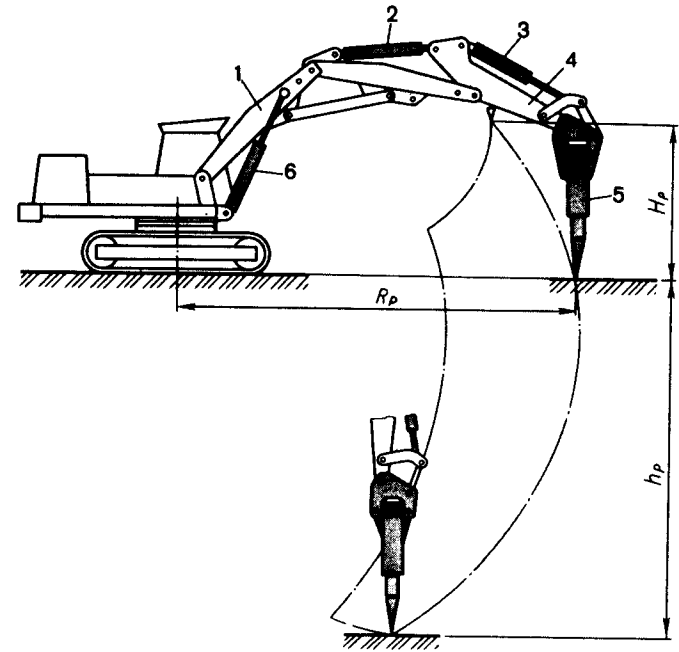
Грейферное оборудование устанавливают на базовой части стрелы экскаваторов 5-ой размерной группы и включает в себя напорную штангу 5, грейферный ковш 3, направляющий корпус 4 с механизмом перемещения штанги, рычажный механизм 2, гидроцилиндры подъема-опускания штанги и наклона штанги в поперечной плоскости. Направляющий корпус шарнирно соединен с кронштейном, относительно которого может быть повернут двумя гидроцилиндрами в вертикальной плоскости на угол  $90^\circ$  вдоль продольной оси экскаватора.



Дополнительным гидроцилиндром 7 штанга может быть наклонена в поперечной плоскости на угол  $\gamma$  в обе стороны от вертикали. Рабочим органом оборудования является гидравлический двухчелюстной грейфер (рис. 4.23, б) с приводом сменных челюстей полукруглой формы от двух гидроцилиндров 10, расположенных внутри его корпуса. Режущие кромки челюстей снабжены сменными зубьями, а боковые стенки — резцами с износостойкой наплавкой. Грейфер крепится к напорной штанге, перемещаемой канатным механизмом, смонтированным на направляющем корпусе. Механизм перемещения (подъема-опускания) штанги состоит из двух унифицированных лебедок, каждая из которых включает барабан 13 для перематывания напорно-возвратного каната 14, трехступенчатый цилиндрический редуктор 12 (аналогичный редуктору механизма передвижения экскаватора), тормоз и гидромотор 11. Напорное движение на грейфер создается весом штанги с грейфером и лебедками. Рычажный механизм 2 (см. рис. 4.23, а) жестко крепится к базовой части стрелы и через упорную стойку 1 к пяте стрелы 8. В процессе работы упорная стойка воспринимает нагрузки от рабочего оборудования. Перевод рабочего оборудования из рабочего положения в транспортное обеспечивается поворотом гидроцилиндрами 6 направляющего корпуса 4, со штангой назад на  $90^\circ$  при одновременном опускании вперед гидроцилиндрами 9 базовой части стрелы с кронштейном и упорной стойкой 1. Вертикальное положение оборудования контролируется прибором «Вертикаль-20 Б», датчики которого установлены на направляющем корпусе, а указатели — в кабине машиниста. Гидросистема грейферного оборудования питается от насосной установки базового экскаватора. Управление грейферным оборудованием гидравлическое и осуществляется из кабины машиниста.

**Гидравлические молоты** навешиваются на экскаваторы 2...5-й размерных групп вместо ковша обратной лопаты и соединяются с рукоятью посредством быстросъемного крепления. Экскаватор, оборудованный гидромолотом с рабочим инструментом в виде клина, пики и трамбовки, можно применять при рыхлении мерзлого грунта, дроблении негабаритов твердых и горных пород, взламывании мерзлого грунта и дорожных покрытий, кирпичных и бетонных фундаментов и других работах, а также для уплотнения грунта. При разработке грунта можно изменять угол наклона гидромолота к поверхности грунта. В комплект оборудования гидромолота (рис. 4.24) входят: стрела 1, рукоять 4, гидромолот 5 и гидроцилиндры 2, 3, 6 подъема стрелы, поворота рукояти и молота.

Гидромолоты приводятся в действие от насосов гидросистемы базового экскаватора, что обеспечивает лучшее использование



Р и с. 4.24. Рабочее оборудование гидромолота

установленной мощности и снижение эксплуатационных затрат. По принципу работы гидромолоты аналогичны паровоздушным. Гидромолоты создают значительные импульсы силы направленного действия, и обеспечивают наименьшую энергоемкость процесса разработки мерзлых грунтов и разрушения твердых покрытий.

Различают гидромолоты простого и двойного действия. В гидромолотах двойного действия подъем ударной части (холостой ход) осуществляется под давлением рабочей жидкости, а разгон ее вниз при рабочем ходе — под действием собственного веса и энергии рабочей жидкости или сжатого газа, накопленной во время холостого хода в гидравлическом или пневматическом аккумуляторе. Молоты с пневмоаккумулятором называют также гидропневматическими. В конструкцию молота с гидроаккумулятором (рис. 4.25) входят: рабочий цилиндр 6 с распределительным золотником 10, гидроаккумулятором 13 и насосом 12, корпус с направляющей трубой 2, ударная часть 3 и сменный рабочий инструмент 1.

Цикл работы гидромолота состоит из разгона ударной части вверх, торможения ее перед верхней мертвой точкой, разгона вниз и удара по хвостовику инструмента. Ударная часть не имеет участ-

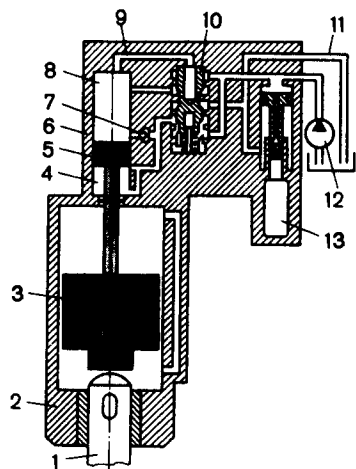


Рис. 4.25. Гидромолот с гидроаккумулятором

ков установившегося движения. При разгоне вверх рабочая жидкость от насоса 12 через золотник 10 поступает в штоковую полость 4 рабочего цилиндра 6 и в гидроаккумулятор 13, где происходит ее накапливание. В конце разгона золотник соединяет поршневую полость 8 рабочего цилиндра с напорной линией 9, в результате чего происходит торможение ударной части и рабочая жидкость вытесняется в гидроаккумулятор. После остановки ударной части в верхней мертвой точке начинается ее разгон вниз под действием собственного веса и давления рабочей жидкости, действующего на поршень 5. Когда ударная часть достигает скорости, которую она имела бы при уста-

новившемся движении, аккумулятор начинает разряжаться, отдавая накопленную жидкость в рабочий цилиндр 6. В конце хода вниз ударная часть наносит удар по хвостовику сменного рабочего инструмента 1. Перед нанесением удара через обратный клапан 7 жидкость из поршневой полости 9 поступает в сливную магистраль 11. Далее цикл повторяется.

Молоты с гидроаккумулятором просты в управлении и обслуживании, имеют довольно высокий КПД (0,55...0,65). Они издают при работе слабый шум, поэтому их можно использовать в густонаселенных местах.

Гидравлические молоты развивают энергию удара 1800...9000 Дж, имеют частоту ударов 2,2...5 Гц, массу ударной части 100...600 кг, рабочее давление в гидросистеме 10...16 МПа.

У гидропневматических молотов давление рабочей жидкости воздействует на боек при рабочем и холостом ходах. Одновременное воздействие на боек давления жидкости и энергии газа аккумулятора при рабочем ходе позволяет повысить коэффициент использования мощности насосной установки, снизить пульсацию давления рабочей жидкости, улучшить технико-эксплуатационные показатели молотов.

Основными элементами гидропневматического молота (рис. 4.26) являются: ударный блок 6, пневмоаккумулятор 9, управляющая камера 7, распределитель 1, сменный рабочий инструмент 17.

Принцип работы молота заключается в следующем. В исходном положении (рис. 4.26, а) рабочая жидкость под напорным давлением

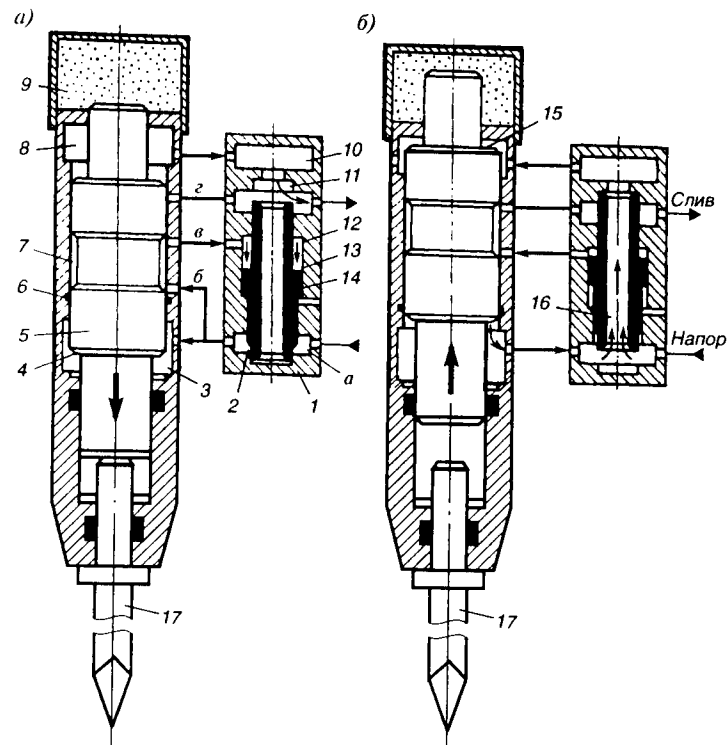


Рис. 4.26. Гидропневматический молот

подается в полость *a* распределителя 1 и одновременно в камеру взвода 3, управляющую камеру 7 ударного блока 6 и через каналы *b* и *в* в полость 12 золотника 14. Напорное давление действует на ступень 13 золотника, перемещая его в крайнее нижнее положение, и на ступень 4 бойка 5, который начинает двигаться вверх (холостой ход), сжимая газ в аккумуляторе 9. При этом рабочая жидкость из камеры рабочего хода 8 вытесняется через камеру 10 золотника в слив.

В верхнем положении бойка (рис. 4.26, б) управляющая камера соединяет каналы *в* и *г* между собой и одновременно полость 12 со сливом. Под действием давления рабочей жидкости на нижнюю ступень 2 золотника последний перемещается вверх, верхней своей частью входит в проточку 11 корпуса распределителя, перекрывает сливную гидрولينию и через центральное отверстие 16 соединяет напорную гидрولينию с камерой взвода 3 и камерой рабочего хода 8. Боек начинает движение вниз (рабочий ход) под одновременным воздействием давления газа аккумулятора и рабочей жидкости (площадь ступени 15 больше площади ступени 13); рабочая жидкость

переливается из полости взвода в камеру рабочего хода. Разгоняясь, боек наносит удар по инструменту 17 управляющая полость соединяет каналы *б* и *в* с напорной гидролинией, и золотник перебрасывается вниз. Далее цикл повторяется.

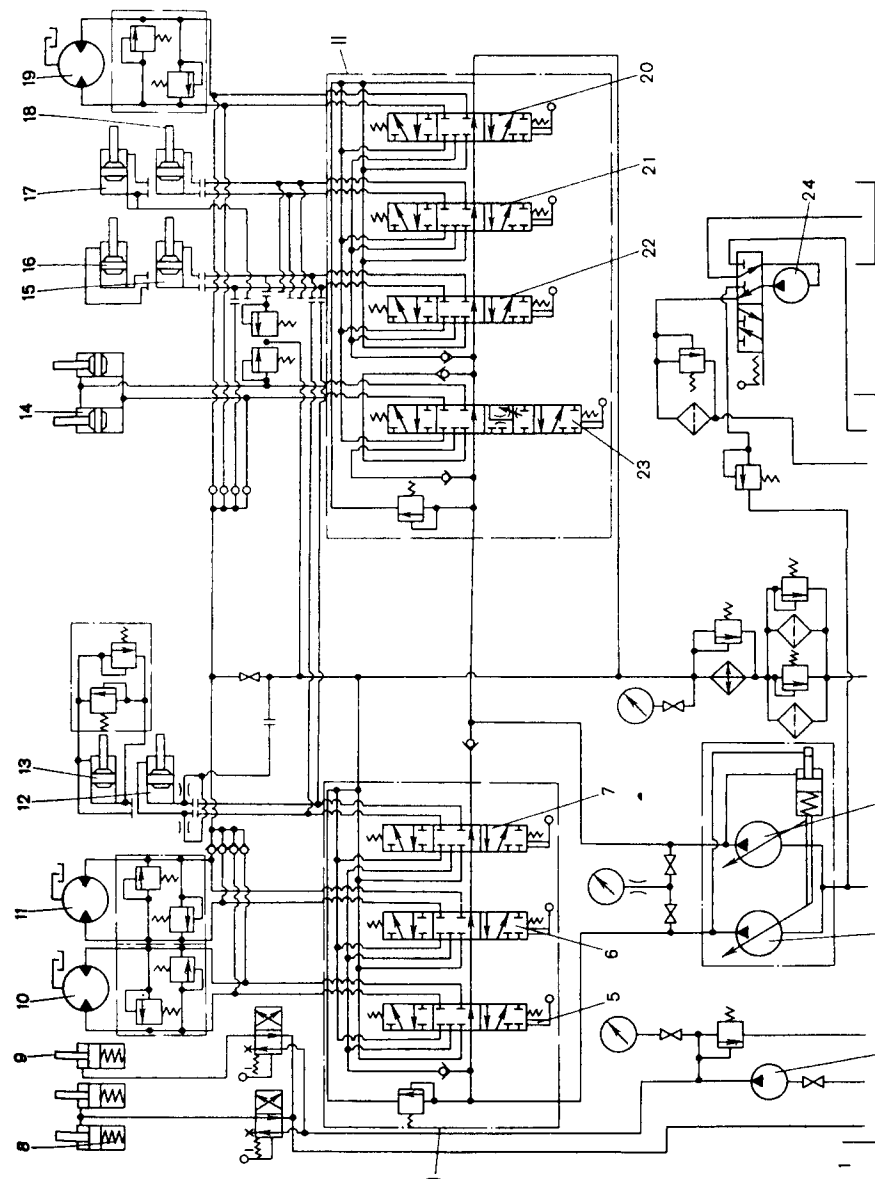
Гидромолоты могут быть использованы по двум технологическим схемам: 1) экскаватор с молотом работает непрерывно, а выемка грунта осуществляется другим экскаватором; 2) экскаватор с молотом выполняет заданную часть работы, а затем производится замена молота ковшем.

При работе с молотами стрела экскаватора устанавливается в плавающее положение, что обеспечивает полную виброизоляцию рабочего места машиниста. Молоты комплектуются широкой номенклатурой легко сменяемых рыхлительных, дробящих, сваебойных, трамбующих инструментов и запускаются в работу автоматически при опирании с определенным усилием рабочего инструмента на разрушаемый (забиваемый) объект.

Гидропневматические молоты развивают энергию удара 500...9000 Дж, имеют частоту ударов 3,5...12 Гц. Давление зарядки газового аккумулятора 0,6...1,2 МПа, рабочее давление в гидросистеме 10...16 МПа.

**Гидравлическую систему** привода полноповоротных экскаваторов выполняют обычно двухпоточной, в которой рабочая жидкость от двух или трех аксиально-поршневых переменной подачи насосов (секций насоса) подается в две напорные линии. Рассмотрим основные элементы и принцип работы двухпоточной системы гидропривода на примере типовой гидравлической схемы гусеничных экскаваторов четвертой размерной группы (рис. 4.27). Система включает двухсекционный аксиально-поршневой насос регулируемой производительности с приводом от дизеля через раздаточную коробку, распределительную и контрольно-предохранительную аппаратуру, исполнительные гидродвигатели и бак для рабочей жидкости. Последняя из гидробака 1 подается насосом к двум золотниковым распределительным блокам (гидрораспределителям) I и II.

Блок I управляет потоком жидкости, идущим от секции 2 насоса к гидромоторам 10 и 11 левой гусеничной тележки и вращения поворотной платформы, а также к гидроцилиндрам 12 и 13 открывания днища ковша прямой лопаты и вращения ковша грейфера. Блок II направляет поток жидкости от секции 4 насоса к гидроцилиндрам 14 стрелы, 15 — рукояти прямой лопаты и погрузочного оборудования, 16 — рукояти обратной лопаты, 17 — ковша погрузчика, 18 — ковша обратной и прямой лопаты и замыкания ковша грейфера, к гидромотору 19 привода правой гусеничной тележки. При включении одного из золотников 6 или 7 рабочая жидкость от секции 3 подается в гидромотор 10 левой гусеничной тележки или гидромотор 11 привода вращения поворотной плат-



Р и с. 4.27. Типовая гидравлическая схема полноповоротного экскаватора четвертой размерной группы

формы. При включении золотников 7, 21 и 22 рабочая жидкость подается в гидроцилиндры рабочего оборудования. Одновременным включением золотников 7 и 22 при погрузчике и обратной лопате на поворот рукояти подается поток рабочей жидкости от обеих секций насоса (при невключенных остальных золотниках). Одновременным включением золотников 7 и 21 при прямой лопате поток рабочей жидкости от обеих секций 2 и 4 насоса подается на поворот ковша.

Золотник 20 включает гидромотор 19 правой тележки механизма передвижения. Золотники 20...23 при невключенных золотниках 5...7 подают на соответствующее движение поток рабочей жидкости от обеих секций насоса.

Объединение потоков обеспечивает возможность использования полной мощности насосов при выполнении основных рабочих операций, благодаря чему получают максимальные скорости движения штоки гидроцилиндров подъема стрелы, поворота рукояти и ковша. Давление в системе привода рабочего оборудования составляет 25 МПа. Распределительные блоки позволяют независимо совмещать подъем и опускание стрелы с вращением платформы и поворотом рукояти и ковша.

При нейтральном положении всех золотников рабочая жидкость проходит через гидрораспределители, охладитель, фильтры и сливается в гидробак.

Шестеренный насос 3 подает рабочую жидкость в гидроцилиндры 8 управления тормозами передвижения и вращения 9 поворотной платформы через краны управления. Шестеренный насос 24 служит для заполнения гидробака рабочей жидкостью или для ее подогрева в зимнее время. Рациональное использование насосной установки и совмещение рабочих операций позволяют сократить продолжительность рабочего цикла экскаватора и повысить его производительность.

Управление экскаватором сосредоточено в кабине машиниста и осуществляется двумя рукоятками рабочего оборудования, двумя педалями для управления поворотом платформы и двумя рычагами управления ходом.

Неповоротные гидравлические универсальные экскаваторы с шарнирными рабочим оборудованием относятся к машинам 2-й размерной группы и монтируются на базе серийных пневмоколесных тракторов класса 1, 4. Они представляют собой универсальные малогабаритные землеройные машины с экскаваторным, погрузочным и бульдозерным оборудованием для выполнения земляных (в грунтах I...III категорий) и погрузочных работ небольших объемов на рассредоточенных объектах. Наиболее эффективно такие экскаваторы применяются в стесненных условиях.

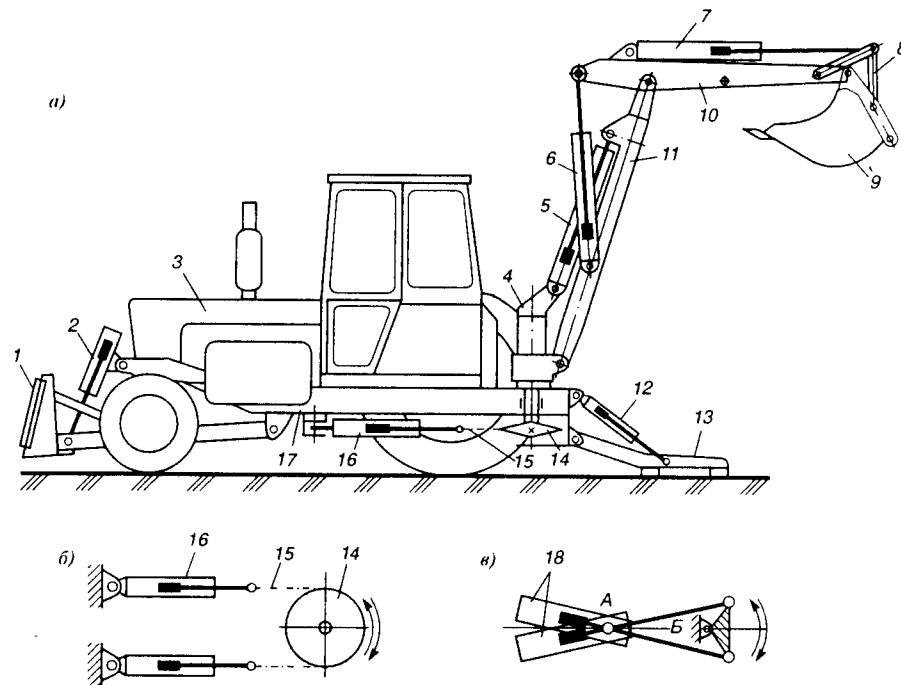


Рис. 4.28. Неполноповоротный гидравлический экскаватор второй размерной группы.  
а — общий вид; б и в — схемы поворотных механизмов

Основным рабочим органом неповоротных экскаваторов служит унифицированный ковш 9 (рис. 4.28) прямой и обратной лопат вместимостью 0,25 м<sup>3</sup>, входящий вместе со стрелой 11, рукоятью 10, тягами 8 и гидроцилиндрами 5...7 подъема стрелы, поворота рукояти и ковша в комплект экскаваторного оборудования машины. Это оборудование монтируется на поворотной колонне 4, установленной на усиленной раме 17 базового трактора 3. Поворот колонны с рабочим оборудованием вокруг вертикальной оси в плане на 180° обеспечивается: цепным поворотным механизмом, состоящим из двух попеременно работающих гидроцилиндров 16 (рис. 4.28, б), втулочно-роликовой цепи 15 и звездочки 14, жестко закрепленной на валу поворотной колонны или двумя гидроцилиндрами 18 (рис. 4.28, в), имеющими возможность поворачиваться относительно шарнира А, штоки которых шарнирно соединены с сектором В поворотной колонны.

Устойчивость экскаватора при работе обеспечивается двумя выносными опорами 13, управляемыми гидроцилиндрами 12 с гидрозамками. Спереди трактора навешен неповоротный бульдозерный отвал 1, управляемый гидроцилиндром 2.

Неполповоротные экскаваторы оснащаются также погрузочным ковшом 2 (рис. 4.29) вместимостью 0,5...0,63 м<sup>3</sup> для легких зачистных работ, погрузки мусора, снега и других материалов низкой плотности; гидромолотом 3 и однозубым рыхлителем 6 для вскрытия асфальтобетонных покрытий и рыхления прочных и мерзлых грунтов; крановой подвеской грузоподъемностью 1,5 т для погрузки-разгрузки штучных грузов, укладки труб и установки столбов, обратной лопатой со смещенной осью копания для рытья траншей вблизи зданий и сооружений; профильным ковшом 4; специальным ковшом для рытья узких траншей под кабели; удлиненной рукоятью обратной лопаты для копания глубоких (до 4,5 м) траншей; вилочным захватом 5 для погрузки бревен, труб и других штучных материалов; буровым оборудованием для бурения шпуров; двухчелюстным грейфером 7 вместимостью 0,3...0,4 м<sup>3</sup> для рытья колодцев, очистки траншей и каналов, погрузки сыпучих материалов; захватом для укладки бордюрных камней и т. п.

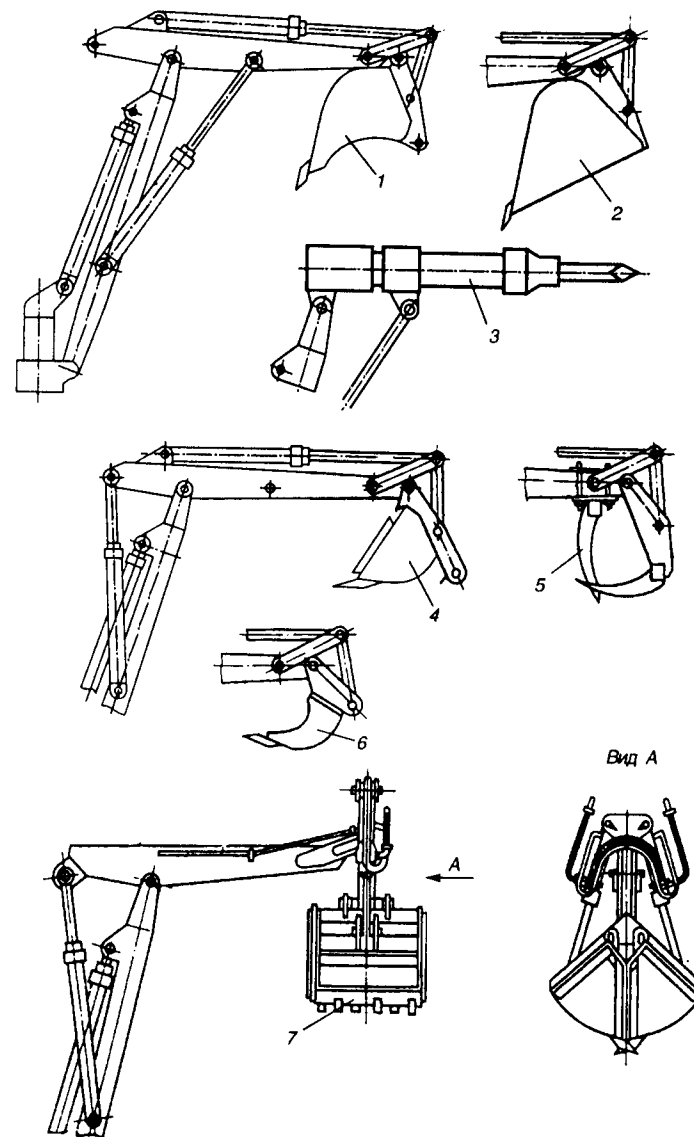
Смена рабочих органов производится машинистом непосредственно на строительном объекте (см. рис. 4.29).

Гидравлическая система неполповоротных экскаваторов выполняется двухпоточной. Один из потоков (основной) служит для привода рабочего оборудования и обеспечивает изменения угла наклона стрелы, поворот рукояти с ковшом относительно стрелы, поворот ковша относительно рукояти. Другой поток (вспомогательный) является частью базовой машины и предназначен для подъема и опускания стрелы, бульдозерного отвала, поворота рабочего оборудования в плане, выдвигания и втягивания выносных опор. Потоки обслуживаются шестеренными или аксиально-поршневыми насосами с приводом от дизеля трактора через редукторы. Рабочее давление в системе составляет до 15 МПа.

Максимальная техническая производительность неполповоротных экскаваторов при разработке грунта до 60 м<sup>3</sup>/ч, максимальная продолжительность цикла прямой и обратной лопат 15...17 с.

**Малогабаритные экскаваторы** представляют собой небольшие по массе и размерам высококомбинированные универсальные машины малой мощности, оснащенные быстросъемными сменными рабочими органами многоцелевого назначения.

С помощью таких машин отрывают небольшие котлованы и траншеи для оснований фундаментов зданий и сооружений, канавы у дорог и скважины для ограждений, опор, линий электропередач и других объектов, траншеи для водопроводной, газораспределительной, электрической и телефонной сети; осуществляют строительство бассейнов, очистных сооружений; ремонт и реконструкцию гражданских и промышленных сооружений; разрушают железобетонные и другие изделия при строительстве и ремонте различных объектов; обустройства парки, скверы, спортивные площадки; выполняют са-



Р и с. 4.29. Схемы монтажа сменных рабочих органов неполповоротного экскаватора:

1 — унифицированный ковш обратной и прямой лопат; 2 — погрузочный ковш; 3 — гидромолот; 4 — профильный ковш; 5 — вилочный захват; 6 — зуб-рыхлитель; 7 — грейфер

мые различные операции технологических процессов в коммунальном хозяйстве.

Небольшие габаритные размеры, малое давление на опорную поверхность, высокая маневренность и проходимость позволяют успешно использовать такие экскаваторы в подвалах и на этажах промышленных зданий, внутри вагонов и в других труднодоступных местах, в том числе на работах, связанных с поддержанием работоспособности готовых объектов, с их обслуживанием и ремонтом. Использование экскаваторов оправдано при выполнении работ небольших объемов на рассредоточенных объектах, благодаря возможности их перебазирования в кузове грузовых автомобилей, а также установки на ограниченную в размерах площадку (на возвышенности и в котлованах), что недоступно для более крупных машин.

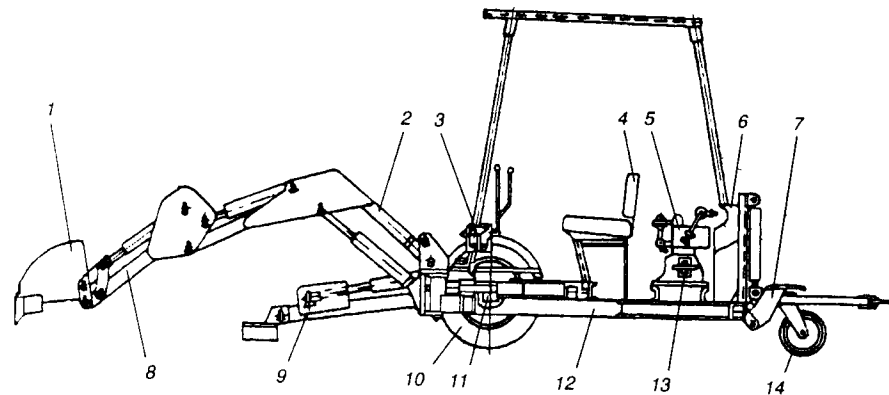
Малогабаритные экскаваторы делят на две группы: мини-экскаваторы массой 1200...6000 кг (емкость ковша до 0,25 м<sup>3</sup>) и микроэкскаваторы массой до 1200 кг (емкость ковша 0,01...0,04 м<sup>3</sup>).

М и н и-э к с к а в а т о р ы — это самоходные полу- и полноповоротные машины с традиционным шарнирно-рычажным рабочим оборудованием и гидравлическим приводом, которые базируются на специальных и тракторных шасси с колесным и гусеничным ходовым устройством. Они обеспечивают глубину копания 2,5...3,8 м, высоту выгрузки 2,8...5 м. Основное рабочее оборудование — обратная лопата, дополнительное — рыхлитель, гидромолот, гидробур, грейфер, крюковая подвеска, погрузочный ковш, захват для бордюрного камня, бульдозерный отвал и т. п.

М и к р о э к с к а в а т о р ы выполняются на базе самоходных колесных шасси, мотоблоков, а также прицепными и без привода хода. Угол поворота рабочего оборудования в плане 130...170°. Глубина копания и высота выгрузки 1,7—2 м.

Микроэкскаватор (рис 4.30) состоит из несущей рамы 12, пневмоколесного ходового устройства, шарнирно-рычажного рабочего оборудования, гидропривода, сиденья машиниста 4 и силовой установки 5. Рабочее оборудование крепится к раме с помощью двойного шарнира, при горизонтальном положении которого обеспечиваются наклоны стрелы с рукоятью и ковшом, а при вертикальном — поворот рабочего оборудования в плане на угол  $\pm 85^\circ$  относительно продольной оси машины. Устойчивость экскаватора при работе обеспечивается гидроуправляемыми передними опорами 9 и задним упором 7.

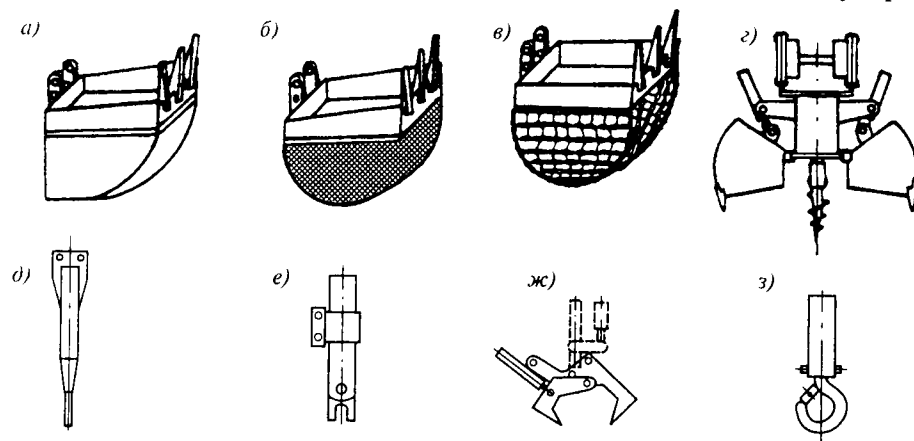
Ходовое устройство включает два передних ведущих колеса 10 с индивидуальным приводом каждого от гидромоторов 11 и два ведомых задних 14. Гидропривод экскаватора включает гидробак 6, шестеренный насос 13, секционные гидрораспределители 3, гидроцилиндры рабочего оборудования и откидных опор, гидромоторы



Р и с. 4.30. Микроэкскаватор

ходовых колес. При одновременном вращении ведущих колес в разных направлениях осуществляется поворот машины на месте, что обеспечивает высокую маневренность экскаватора в стесненных условиях. Рабочее оборудование включает стрелу 2, рукоять 8, ковш 1 и гидроцилиндры для их перемещения.

Управление рабочим оборудованием и откидными опорами осуществляется с рабочего места 4 машиниста с помощью гидрораспределителей 3. Кроме основного ковша обратной лопаты вместимостью 0,03 м<sup>3</sup> (рис. 4.31, а) для разработки грунтов I...II категории машина оснащается ковшом с эластичным днищем и боковыми стенками (рис. 4.31, б), для разработки грунтов повышенной влажности — ковшом с цепным днищем (рис. 4.31, в) с повышенным коэффициентом разгрузки, челюстным грейфером вместимостью 0,05 м<sup>3</sup> с рыхлителем (рис. 4.31, г), гидромолотом с энергией удара



Р и с. 4.31. Сменные рабочие органы микроэкскаваторов

150 Дж (рис. 4.31, д), ножницами для резки арматуры (рис. 4.31, е), клещевым захватом для укладки бордюрного камня (рис. 4.31, ж), крюковой подвеской (рис. 4.31, з) грузоподъемностью 100 кг.

Экскаватор перевозят в кузове грузового автомобиля.

**Экскаваторы с телескопическим рабочим оборудованием (экскаваторы-планировщики)** представляют собой полно- и неполноповоротные машины 3-й размерной группы с телескопической стрелой на пневмоколесном и гусеничном ходовом устройстве, основным рабочим движением которых является выдвижение и втягивание телескопической стрелы при копании, планировании и транспортировании грунта в ковше после экскавации. Эти машины разрабатывают грунты I...IV категории и характеризуются малой габаритной высотой, что позволяет эффективно использовать их в стесненных условиях городской застройки, в труднодоступных местах и закрытых помещениях, в частности для разработки грунта под мостами, на участках пересечения коммуникаций, для зачистки дна и вертикальных стенок траншей и котлованов; подсыпки и разравнивания грунта под полы; фундаменты и подпольные каналы; засыпки пазух фундаментов, траншей и котлованов; подачи материалов через проемы в стенах под низкое перекрытие и т. п.

Экскаваторы с телескопическим рабочим оборудованием широко применяют на рассредоточенных объектах малого объема как универсальные землеройные машины. Наиболее эффективно они используются при планировании наклонных поверхностей каналов, насыпей и выемок земляного полотна, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора. Поэтому их обычно называют экскаваторами-планировщиками.

Основными частями экскаваторов-планировщиков (рис. 4.32) являются: ходовое устройство, поворотная платформа (с расположенными на ней силовой установкой, узлами гидропривода, кабиной машиниста) и телескопическое рабочее оборудование.

Поворотная платформа опирается на раму ходового оборудования через роликное опорно-поворотное устройство. Полноповоротные экскаваторы выпускают на гусеничном и пневмоколесном ходовых устройствах, неполноповоротные (угол поворота стрелы в плане 180...270°) — на шасси автомобильного типа. Телескопическое рабочее оборудование от-

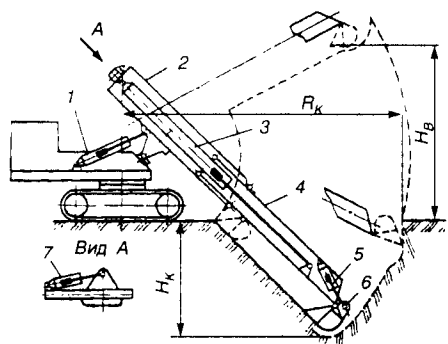


Рис. 4.32. Принципиальная схема экскаватора с телескопическим рабочим оборудованием

ественных экскаваторов имеет единую принципиальную схему и состоит из телескопической стрелы треугольного или квадратного сечения, сменного рабочего органа и механизмов выдвижения (втягивания) стрелы, подъема (опускания) стрелы, поворота ковша относительно собственной оси и продольной оси стрелы.

Телескопическая стрела включает две секции — наружную 2, шарнирно прикрепляемую к поворотной платформе, и выдвижную внутреннюю 4, несущую на переднем конце сменный рабочий орган 6. Гидравлический привод рабочего оборудования обеспечивает прямолинейное движение рабочего органа при изменении длины телескопической стрелы (ход стрелы до 3,2 м) с помощью длинноходового гидроцилиндра 3, подъем (на угол до 25°) и опускание (на угол до 50°) стрелы, в вертикальной плоскости двумя параллельно установленными гидроцилиндрами 1, поворот ковша относительно оси его подвески (на угол до 120°) гидроцилиндром 5 и вокруг продольной оси стрелы гидроцилиндром 7. У некоторых моделей экскаваторов угол поворота стрелы достигает ±180°, что позволяет использовать рабочие органы двустороннего действия, например ковш с однозубым рыхлителем или ковш с зубьями, расположенными с двух сторон.

Основными видами сменного рабочего оборудования экскаваторов-планировщиков (рис. 4.33) являются экскавационные ковши 1 вместимостью 0,25, 0,4 и 0,65 м<sup>3</sup>, планировочные 2 и профилировочные 3, ковши для дренажных работ 4, планировочный отвал 5, рыхлитель 6, клещи для камней 7, уплотняющий каток 8, приспособление для бокового копания 9 и др. Широкая номенклатура сменных рабочих органов и конструктивные особенности телескопического

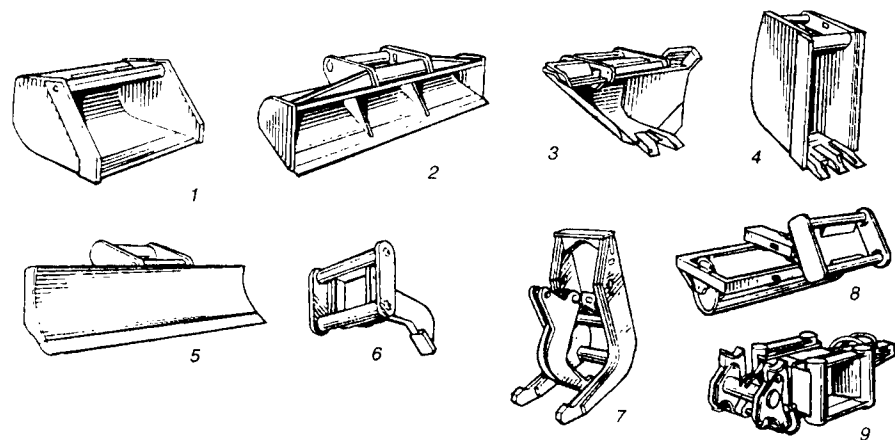


Рис. 4.33. Сменные рабочие органы экскаваторов-планировщиков

оборудования обеспечивают практически полную механизацию экскавационных, планировочных, зачистных, доводочных и погрузочно-разгрузочных работ в стесненных условиях, большинство которых не может быть выполнено (частично или полностью) универсальными одноковшовыми экскаваторами с жесткой или канатной подвеской рабочего оборудования.

Выполнение основных видов земляных работ осуществляется следующими движениями стрелы и ковша:

- планирование и зачистка наклонных поверхностей, расположенных ниже уровня стоянки машины — втягиванием телескопической стрелы с коррекцией толщины срезаемой стружки небольшим поворотом ковша;

- зачистка и планирование горизонтальных поверхностей на уровне и ниже уровня стоянки экскаватора — совмещением опускания и втягивания стрелы с периодической коррекцией положения ковша;

- зачистка и доводка боковых (наклонных и вертикальных) поверхностей земляных сооружений при расположении экскаватора вдоль оси сооружения (например, в траншеях) — втягиванием телескопической стрелы и поворотом рабочего органа относительно продольной оси стрелы на некоторый угол.

Гидропривод экскаваторов-планировщиков включает сдвоенный насос, два золотниковых гидрораспределителя, гидромоторы и гидроцилиндры. Гидросистема обеспечивает совмещение трех из пяти рабочих движений при планировочных работах — выдвигание (втягивание) стрелы, ее подъем (опускание) и поворот платформы.

Отечественные экскаваторы-планировщики характеризуются (см. рис. 4.32) наибольшей глубиной копания (с удлинителями стрелы)  $H_k$  — до 5,9 м, радиусом копания  $R_k$  — до 8,4 м, высотой выгрузки  $H_b$  — до 4,4 м, усилием втягивания стрелы 56...90 кН, минимальной продолжительностью цикла основного ковша 21...23 с, максимальной технической производительностью до 70 м<sup>3</sup>/ч.

Техническая производительность одноковшового экскаватора (м<sup>3</sup>/ч):

$$P_T = nqK_n/K_p, \quad (4.27)$$

где  $n$  — число циклов за час работы,  $n = 3600/T_{ц}$ ;  $q$  — вместимость ковша, м<sup>3</sup>;  $K_n$  — коэффициент наполнения ковша ( $K_n = 1...1,3$ );  $K_n = q'/q$  ( $q'$  — объем разрыхленного грунта в ковше перед разгрузкой);  $K_p$  — коэффициент разрыхления грунта ( $K_p = 1,15...1,4$ ).

Продолжительность одного рабочего цикла  $T_{ц}$  (с) при совмещении отдельных операций

$$T_{ц} = t_k + t_{пв} + t_b + t_{пз}, \quad (4.28)$$

где  $t_k, t_{пв}, t_b, t_{пз}$  — соответственно продолжительность копания, поворота на выгрузку, выгрузки и поворота в забой, с.

Эксплуатационная производительность (м<sup>3</sup>/смен, м<sup>3</sup>/мес, м<sup>3</sup>/год)

$$P_э = P_T t_p K_b, \quad (4.29)$$

где  $t_p$  — длительность периода работы, ч;  $K_b$  — коэффициент использования машины по времени.

Мощность, расходуемая на копание грунта (кВт):

$$P_k = A_{уд} q / 10^3 t_k \eta_d \eta_n, \quad (4.30)$$

где  $A_{уд}$  — удельная энергоемкость копания, Дж/м<sup>3</sup> ( $A_{уд} = 1,5 \cdot 10^5$  Дж/м<sup>3</sup> — для грунтов II категории,  $A_{уд} = 2 \cdot 10^5$  Дж/м<sup>3</sup> — для грунтов III категории,  $A_{уд} = 2,5 \cdot 10^5$  Дж/м<sup>3</sup> — для грунтов IV категории);  $t_k$  — продолжительность копания, с [ориентировочно  $t_k = (0,25...0,35) T_{ц}$ ];  $\eta_d$  — коэффициент использования номинальной мощности двигателя при копании ( $\eta_d = 0,75...0,85$ );  $\eta_n$  — КПД привода и рабочего оборудования (для экскаваторов с механическим приводом  $\eta_n = 0,6...0,65$ ; с гидравлическим приводом,  $\eta_n = 0,6...0,75$ ).

#### 4.4.2. ТРАНШЕЙНЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ

Траншейные экскаваторы применяют на строительстве линейных подземных коммуникаций открытым способом для рытья траншей прямоугольного и трапецеидального профиля под газо-, нефте-, водо- и продуктопроводы, канализационные и теплофикационные системы, кабельные линии связи и электроснабжения, а также рытья траншей под протяженные ленточные фундаменты зданий и сооружений и оконтуривания котлованов и выемок. Они представляют собой самоходные землеройные машины непрерывного действия с многоковшовым или бесковшовым (скребковым) рабочим органом, которые при своем поступательном перемещении разрабатывают сзади себя за один проход траншею определенной глубины, ширины и профиля с одновременной транспортировкой грунта в сторону от траншеи. Производительность траншейных экскаваторов, постоянно передвигающихся во время работы и отделяющих грунт от массива с помощью группы непрерывно движущихся по замкнутому контуру ковшей или скребков, в 2...2,5 раза выше, чем у одноковшовых машин, при более высоком качестве работ и меньших энергозатратах на 1 м<sup>3</sup> разработанного грунта. Причем траншейные экскаваторы способны эффективно разрабатывать как немерзлые, так и мерзлые грунты. Главным параметром экскаваторов является номинальная глубина отрываемой траншеи.

Каждый траншейный экскаватор состоит из трех основных частей: базового пневмоколесного или гусеничного тягача, обеспечи-



вающего поступательное движение (подачу) машины; рабочего оборудования, включающего рабочий орган для копания траншей и поперечное (к продольной оси движения машины) отвальное устройство для эвакуации разработанного грунта в отвал или транспортные средства; вспомогательного оборудования для подъема-опускания рабочего органа и отвального устройства.

**Классификация и индексация.** Траншейные экскаваторы классифицируют по следующим основным признакам:

- по типу рабочего органа — цепные (ЭТЦ) и роторные (ЭТР);
- по способу соединения рабочего оборудования с базовым тягачом — с навесным и полуприцепным рабочим оборудованием;
- по типу ходового устройства базового тягача — на гусеничные и пневмоколесные;
- по типу привода — с механическим, гидравлическим, электрическим и комбинированным приводом.

Наибольшее распространение получили гусеничные траншейные экскаваторы с комбинированным приводом. В индексе траншейных экскаваторов (рис. 4.34) первые две буквы ЭТ означают: экскаватор траншейный, а третья — тип рабочего органа (Ц — цепной, Р — роторный). Первые две цифры индекса обозначают наибольшую глубину отрываемой траншеи (в дм), третья — порядковый номер модели. Первая из дополнительных букв после цифрового индекса (А, Б, В и т. д.) означает порядковую модернизацию машины, последующие — вид специального климатического исполнения (ХЛ — северное, Т — тропическое, ТВ — для работы во влажных тропиках). Например, индекс ЭТЦ-252А обозначает: экскаватор траншейный цепной, глубина копания 25 дм, вторая модель — 2, прошедшая первую модернизацию — А.

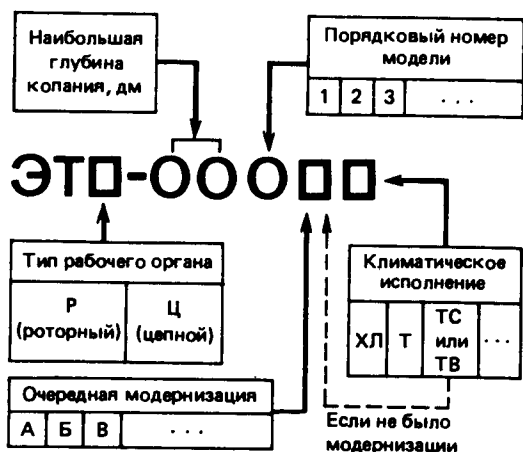


Рис. 4.34. Система индексации траншейных экскаваторов

каватор траншейный цепной, глубина копания 25 дм, вторая модель — 2, прошедшая первую модернизацию — А.

Рабочим органом цепных экскаваторов является однорядная или двухрядная свободно провисающая бесконечная цепь, огибающая наклонную раму и несущая на себе ковши или скребки. Рабочим органом роторных экскаваторов является жесткий ротор (колесо) с ковшами или скребками, вращающийся на роликах рамы.

Ширина отрываемых рабочими органами ЭТЦ и ЭТР траншей прямоугольного профиля зависит от ширины ковша или скребка и расположения на них режущих элементов. На один и тот же базовый тягач могут быть навешены сменные рабочие органы с различной шириной и количеством ковшей (скребков) для рытья траншей с различными параметрами профиля. Для получения траншей трапецеидального профиля рабочие органы ЭТЦ и ЭТР оборудуют активными и пассивными откосообразователями.

Во время работы цепь или ротор движутся в плоскости передвижения тягача. Отделение грунта от массива и заполнение им рабочего органа осуществляются в результате сообщения цепи или ротору двух совмещенных движений копания: основного — поступательно относительно рамы (для цепи) или вращательного вокруг своей оси (для ротора) и подачи — поступательного в направлении движения машины. Основное движение способствует отделению слоя грунта и направлено по касательной к траектории копания. Движение подачи регулирует толщину отделяемого слоя грунта и направлено перпендикулярно (нормально) касательному. Соотношение скоростей этих движений определяет траекторию движения режущих элементов рабочего органа в продольно-вертикальной плоскости, которая представляет собой наклонную прямую у цепных экскаваторов и трохойду у роторных.

Для получения рабочих скоростей передвижения экскаваторов при копании траншей трансмиссии ходовых устройств базовых тягачей ЭТЦ и ЭТР оборудуют гидромеханическими ходоуменьшителями.

Копание траншей экскаваторами производится следующим образом: рабочий орган переводят из транспортного положения в рабочее, включают привод цепи или ротора и постепенно с помощью подъемного механизма рабочий орган заглубляют в грунт до заданной отметки, после чего через ходоуменьшитель включают привод рабочего хода тягача экскаватора. Наиболее производительные скоростные режимы рабочего органа и тягача выбирают в зависимости от конкретных грунтовых условий, а правильность их выбора определяется по характеру работы основного двигателя. Приводы рабочих органов ЭТЦ и ЭТР имеют фрикционную дисковую муфту предельного момента, предохраняющую узлы привода и рабочий орган от поломок и перегрузок при встрече скребков или ковшей с крупными каменистыми включениями и другими непреодолимыми препятствиями.

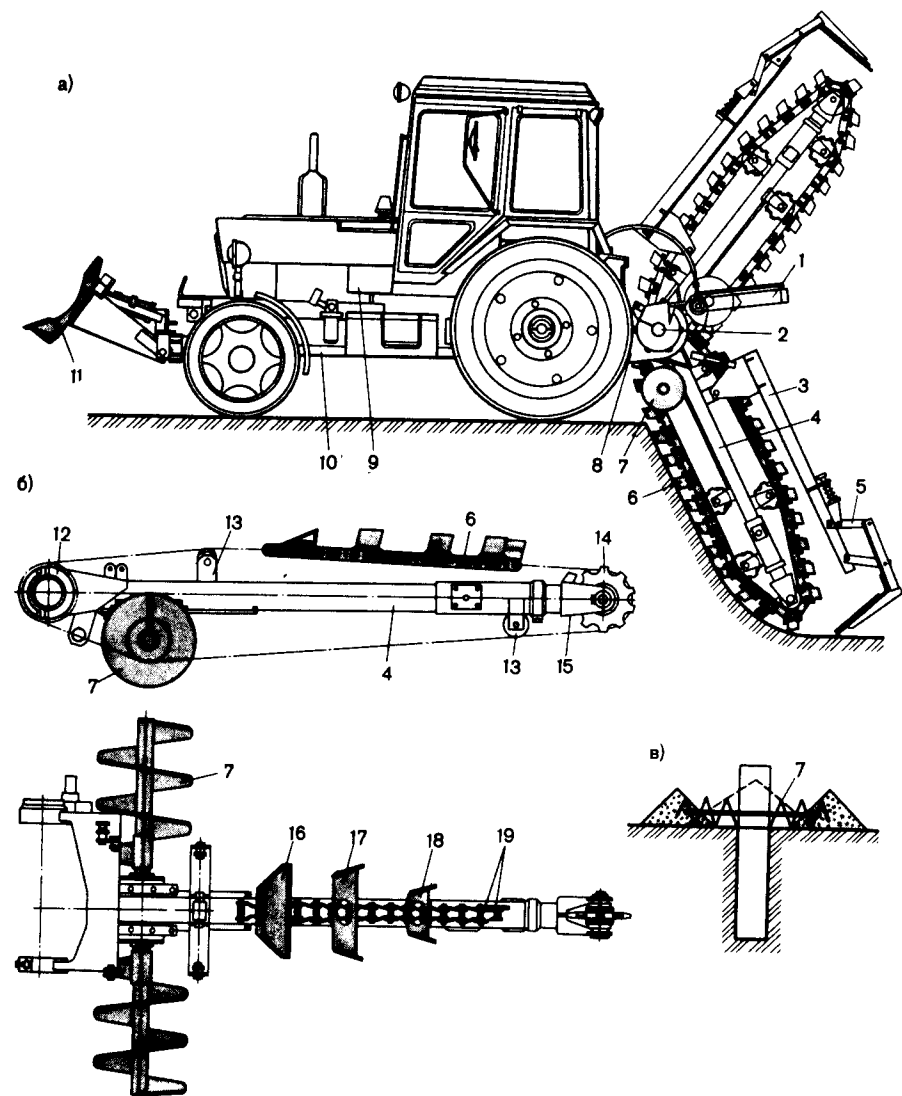
Рассмотрим типовые конструкции современных ЭТЦ и ЭТР.

**Скребковые одноцепные экскаваторы** предназначены для рытья траншеи прямоугольного профиля глубиной до 1,6 м и шириной 0,2...0,4 м в однородных без каменистых включений грунтах I...III категорий под укладку кабелей и трубопроводов малых диаметров

и представляют собой (рис. 4.35) унифицированное навесное оборудование на серийные пневмоколесные тракторы 6 класса 14 кН с одним или обоими ведущими мостами. Наиболее эффективно они используются при выполнении рассредоточенных земляных работ небольших объемов на предварительно спланированных площадках. Одноцепные экскаваторы оснащают также поворотными и неповоротными гидроуправляемыми бульдозерными отвалами для несложных планировочных работ и засыпки траншей после укладки в них коммуникаций и сменным буровым оборудованием для нарезки щелей глубиной до 1,3 м в мерзлых грунтах.

В комплект навесного экскаваторного оборудования входят: цепной рабочий орган с зачистным башмаком и отвальным винтовым конвейером, механизм подъема-опускания рабочего органа и гидромеханический ходоуменьшитель. Однорядная втулочно-роликовая цепь 6 рабочего органа установлена на ведущей 12 и ведомой 14 звездочках и несет на себе сменные резцы 17...19 для послойного среза грунта и сменные скребки 16 для подъема грунта из траншеи. Резцы и скребки располагаются на цепи по определенной схеме, способствующей равномерному распределению нагрузки на цепь при копании и повышению долговечности цепи. Производя смену резцов и скребков, получают траншеи различной ширины (0,2; 0,27 и 0,4 м). Цепь обегает наклонную раму 4, шарнирно прикрепляемую сзади к базовому трактору, и опирается на ролики 13. Ведущая звездочка 12 цепи, закрепленная на приводном валу 2, получает вращение от вала отбора мощности базового трактора 10, через трехступенчатый редуктор 8 с переменным передаточным числом, обеспечивающим четыре рабочие скорости (от 0,8 до 2,1 м/с) и реверсивный ход цепи. В редукторе привода цепи установлена предохранительная фрикционная муфта предельного момента. Натяжение цепи регулируется перемещением натяжной звездочки 14 относительно рамы винтовым натяжным устройством 15. Скребки выносят из траншеи грунт в направлении ведущей звездочки, образуя первоначальный отвал в виде пирамиды (рис. 4.35, в). Эвакуацию грунта в боковые отвалы производят два шнека 7 винтового конвейера, установленного на раме рабочего органа. Шнеки имеют общий вал и приводятся во вращение скребковой цепью. Положение конвейера относительно рамы меняется в зависимости от глубины копания. К дополнительной раме 3 рабочего органа за скребковой цепью крепится сменный консольный зачистный башмак 5 для зачистки и сглаживания дна траншеи.

Заглубление рабочего органа в грунт с принудительным напором по всему диапазону глубины копания, а также его подъем при переводе в транспортное положение осуществляются гидравлическим подъемным механизмом 1, гидроцилиндр которого связан с рабочим органом рычажной системой. Для получения пониженных



Р и с. 4.35. Скребковый одноцепный экскаватор:  
а — общий вид; б — рабочий орган; в — схема эвакуации грунта

рабочих скоростей движения машины при копании траншей и их бесступенчатого регулирования в широком диапазоне от 20 до 800 м/ч в трансмиссию базового трактора включен гидромеханический ходоуменьшитель 9 в виде многоступенчатого цилиндрического редуктора с приводом от аксиально-поршневого гидромотора. При транспортных переездах машины ходоуменьшитель отключается. Гидромотор ходоуменьшителя, гидроцилиндры механизма подъема рабочего органа и управления отвалом бульдозера обслуживаются гидронасосами с приводом от дизеля через редуктор, а управление ими ведется из кабины машиниста с помощью двух золотниковых распределителей.

Техническая производительность одноцепных скребковых экскаваторов при работе в грунтах I категории 70...85 м<sup>3</sup>/ч.

При подземной прокладке кабелей связи, сигнализации, электроснабжения в стесненных условиях применяют одноцепные **микротраншекопатели**, способные отрывать траншеи глубиной до 1000 мм и шириной 90 мм. Микротраншекопатели имеют ходовую тележку с тремя пневмоколесами (одно переднее колесо — управляемое), на которой смонтированы рабочий орган, тяговая лебедка для перемещения машины при копании траншей, силовая установка и система управления. Рабочий орган представляет собой баровую цепь, обегавшую наклонно трубчатую телескопическую раму с приводной и натяжной звездочками. Поднятый на поверхность грунт отводится от краев траншеи шнеком или отвалом. Подъем и опускание рабочего органа осуществляется рычажно-винтовым механизмом. Баровая цепь и тяговая лебедка приводятся в действие двигателем внутреннего сгорания мощностью 6 кВт через цепные передачи, редуктор и муфты предельного момента. Перед началом работ производят разметку трассы траншеи, разматывают канат с барабана лебедки и прикрепляют его конец к забитому в грунт анкеру. Включив привод рабочего органа, заглубляют баровую цепь в грунт на требуемую глубину, после чего включают привод тяговой лебедки, и машина начинает подтягиваться к анкеру со скоростью 45...70 м/ч, роя траншею. Машину обслуживает один оператор.

**Скребок двухцепные экскаваторы** (рис. 4.36) представляют собой навесное на переоборудованный серийный гусеничный трактор землеройное оборудование в виде наклонного двухцепного скребкового рабочего органа для разработки грунта с отвальным ленточным конвейером для эвакуации грунта в сторону от траншеи. Они предназначены для рытья траншей прямоугольного и трапециoidalного профиля глубиной до 4,0 м, шириной по дну 0,8 и 1,1 м и шириной по верху до 2,8 м в талых грунтах I...III категорий с каменистыми включениями размером до 200 мм. Двухцепные экскаваторы имеют механический привод рабочего органа, бесступенчатое регулирование скоростей рабочего хода гидромеханическим ходо-

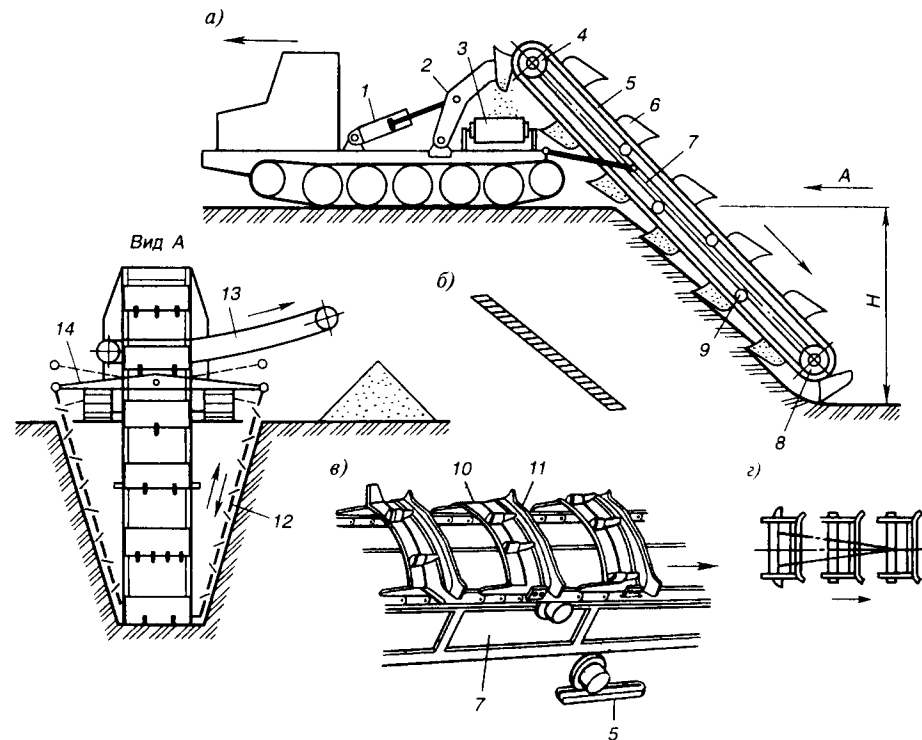


Рис. 4.36. Схема двухцепного траншейного экскаватора

уменьшителем, гидравлический привод отвального конвейера и механизма подъема-опускания рабочего органа.

Рабочий орган включает наклонную раму 7 коробчатого сечения, шарнирно прикрепляемую сзади к тягачу, и обегавшие раму замкнутые пластинчатые цепи 5, к которым на одинаковом расстоянии друг от друга крепятся ковши или режущие элементы скребкового типа 10 и транспортирующие заслонки 11, образующие подобие ковшей. В передней части рамы смонтирован приводной (турасный) вал с двумя ведущими звездочками 4 цепей и предохранительной муфтой предельного момента, в задней — натяжные звездочки 8 цепей с винтовым натяжным устройством. На раме установлены также промежуточные ролики 9, поддерживающие рабочие ветви цепей и уменьшающие провисание их холостых ветвей. Для увеличения глубины копания раму рабочего органа удлиняют дополнительной вставкой, увеличивают длину цепей и количество скребков. Скребки на рабочем органе размещены по специальной схеме (рис. 4.36, в), обеспечивающей наименьшую энергоемкость процесса копания. При движении тягача вперед и одновременном

движении скребковой цепи относительно наклонной рамы скребки отделяют грунт от массива, а заслонки поднимают его из траншеи на высоту приводных звездочек цепи, при огибании которых грунт выгружается на поперечный (к продольной оси движения машины) ленточный конвейер 3 и отбрасывается им в сторону от траншеи. Глубина отрываемой траншеи зависит от угла наклона рамы рабочего органа и регулируется механизмом ее подъема, включающим два гидроцилиндра 1 и два рычага 2. При копании траншей с наклонными стенками на рабочем органе устанавливаются активные цепные откосообразователи 12. Верхние концы цепей шарнирно прикреплены к качающемуся балансирующему рычагу 14 с центральным шарниром, нижние — к эксцентрично установленным пальцам натяжных звездочек 8 рабочего органа, сообщающих откосообразователям возвратно-поступательное движение.

Грунт, отделяемый цепями от целика, обрушивается на дно траншеи, откуда выносятся на поверхность транспортирующими заслонками рабочего органа. Сменное рабочее оборудование экскаватора для разработки мерзлых грунтов, промерзших на глубину до 1,2 м, монтируется на основной раме рабочего органа и представляет собой скребковый рабочий орган, оснащенный зубьями с износостойкой наплавкой.

Рассмотрим типовую кинематическую схему двухцепного ЭТЦ (рис. 4.37). Вращение приводному (турасному) валу 12 с ведущими

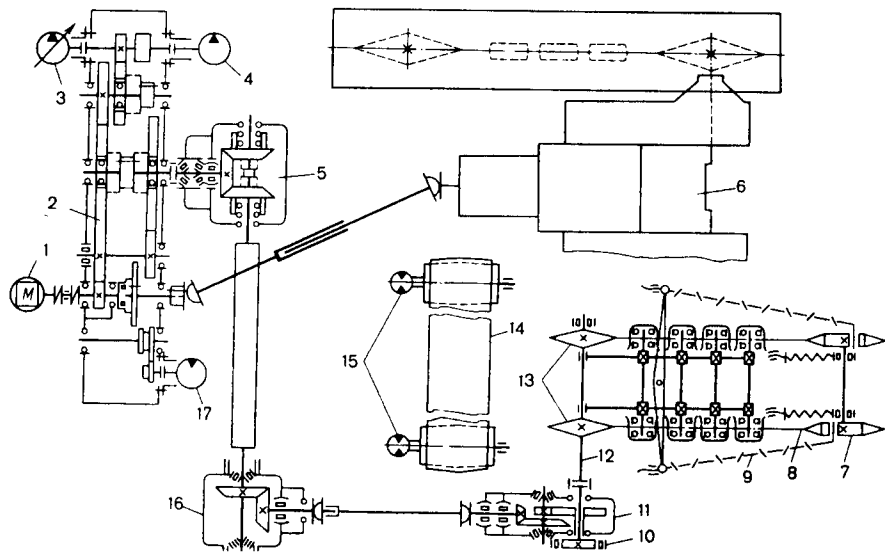


Рис. 4.37. Типовая кинематическая схема двухцепного траншейного экскаватора

звездочками 13 цепей 8 передается от дизеля 1 через муфту сцепления, распределительную коробку 2, редуктор реверса 5, конический редуктор 16, верхний редуктор 11 и пневмокамерную муфту 10 предельного момента. С помощью редуктора реверса можно изменять направление движения цепей рабочего органа. Движение цепным откосообразователям 9 сообщается от натяжных звездочек 7 рабочего органа. Автономный привод ведущих концевых барабанов ленточного конвейера 14 осуществляется от гидромоторов 15 через встроены в каждый барабан планетарный редуктор. Питаются гидромоторы конвейера от нерегулируемого насоса 4. Регулируемый насос 3 питает гидромотор 17, который обеспечивает передвижение экскаватора при копании траншей и бесступенчатое регулирование скоростей рабочего хода в диапазоне 5...150 м/ч.

Для транспортного передвижения используется механическая трансмиссия базового трактора 6. Техническая производительность двухцепных траншейных экскаваторов в грунтах I категории составляет до 220 м<sup>3</sup>/ч, мощность силовой установки до 84 кВт, скорость движения скребковой цепи 0,8...1,2 м/с, ленты конвейера — 2,5...4,5 м/с, рабочая скорость передвижения машины 5...150 м/ч.

Основными недостатками ЭТЦ являются довольно высокая энергоемкость процесса копания, низкая долговечность цепей, работающих в абразивной среде, и сравнительно невысокая производительность.

Эксплуатационная производительность цепных траншейных экскаваторов со скребковым рабочим органом (м<sup>3</sup>/ч)

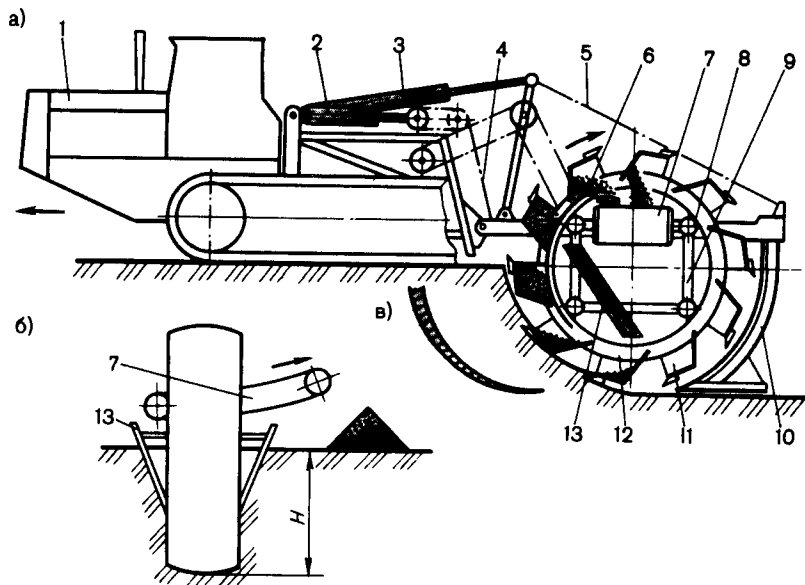
$$P_3 = 3600 b_c h_c v_{ц} K_n K_b / K_p, \quad (4.31)$$

где  $b_c$  — ширина скребка, м;  $h_c$  — высота скребка, м;  $v_{ц}$  — скорость движения скребковой цепи, м/с;  $K_n$  — коэффициент заполнения экскавационных емкостей ( $K_n = 0,35...75$ ), зависит от характера грунта, толщины срезаемой стружки, длины и формы забоя, угла наклона рабочей цепи к горизонту);  $K_b$  — коэффициент использования машины по времени ( $K_b = 0,5...0,65$ );  $K_p$  — коэффициент разрыхления грунта в процессе разработки ( $K_p = 1,1...1,5$ ).

**Роторные траншейные экскаваторы** представляют собой навесное или полуприцепное к переоборудованному гусеничному трактору землеройное оборудование и предназначены для разработки траншей прямоугольного и трапецеидального профиля в однородных мерзлых грунтах I...IV категорий, не содержащих крупных каменных включений (до 300 мм), а также в мерзлых грунтах при глубине промерзания верхнего слоя до 1,1...1,5 м. Глубина отрываемых ЭТР траншей определяется диаметром ротора. Увеличение глубины копания связано со значительным возрастанием диаметра и массы ротора и поэтому рациональный предел глубины копания для ЭТР не превышает 3 м.

Передача энергии от дизеля тягача к основным исполнительным механизмам (роторному колесу, отвальному конвейеру, гусеничному движителю) и вспомогательному оборудованию (механизмам подъема рабочего органа и конвейера) осуществляется с помощью механической, гидравлической или электромеханической трансмиссии. Широкое распространение в городских условиях получили ЭТР с одномоторным приводом и механической трансмиссией, конструктивные и кинематические схемы которых имеют мало различий.

Рассмотрим в качестве примера типовую конструкцию ЭТР с механической трансмиссией, предназначенного для рытья траншей глубиной до 2,0 м, и шириной 1,2 м (рис. 4.38, а).



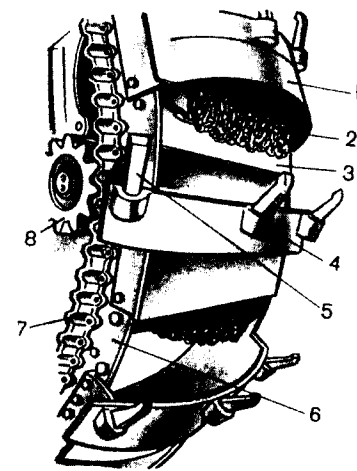
Р и с. 4.38. Схема роторного траншейного экскаватора

Экскаватор состоит из гусеничного тягача 1 и навесного рабочего органа для рытья траншей и отброса грунта, шарнирно соединенных между собой в вертикальной плоскости. Рабочий орган машины — опирающийся на четыре пары роликов 8 жесткий ротор 12 с 14 ковшами 11, внутри которого помещен поперечный двухсекционный ленточный конвейер 7, состоящий из горизонтальной и наклонной (откидной) секций. Позади ротора установлен зачистной башмак 10 для зачистки и сглаживания дна траншей. У тягача уширен и удлинен гусеничный движитель для повышения устойчивости и про-

ходимости машины и исключения возможного обрушения стенок траншеи при движении над ней тягача.

В трансмиссию тягача включен гидромеханический ходоуменьшитель для бесступенчатого регулирования рабочих скоростей движения машины при копании траншей. На тягаче установлена дополнительная рама с размещенными на ней механизмами привода и подъема-опускания рабочего органа. Рама имеет две наклонные направляющие цепи 4 гидравлического подъемного механизма перемещаются ползуны переднего конца рамы рабочего органа при переводе его из транспортного положения в рабочее и наоборот. Подъем и опускание задней части рабочего органа (рис. 4.38, б) осуществляются парой гидроцилиндров 3, штоки которых шарнирно прикреплены к верхней части стоек, связанных с задним концом рамы цепями 5. При копании траншей задняя часть рабочего органа находится в подвешенном состоянии. Установка откидной части ленточного конвейера в наклонное рабочее положение и опускание ее при транспортировке машины производятся гидроцилиндром через полиспаст с траверсой. Изменением угла наклона откидной части конвейера достигается различная дальность отброса грунта в сторону от траншеи.

Роторное колесо состоит из двух кольцевых обечаек 6 (рис. 4.39) связанных между собой ковшами 1 и поперечными стяжками 3. Каждый ковш открыт с двух сторон и имеет в передней части карманы 4 для крепления сменных зубьев 5, а в задней — цепное днище 2, способствующее лучшей разгрузке ковша, особенно при разработке вязких и увлажненных грунтов. С наружной стороны колец ротора прикреплены секции круговых зубчатых реек 7, находящиеся в постоянном зацеплении с двумя ведущими шестернями 8 механизма привода роторного колеса. В зависимости от грунтовых условий ковши ротора оснащаются сменными зубьями-клыками двух типов: с наплавкой передней режущей грани для разработки немерзлых грунтов и армированных твердосплавными износостойкими пластинами для мерзлых. Специальная расстановка зубьев на ковшах позволяет вести разработку тяжелых и мерзлых грунтов крупным сколом и обеспечивает хорошую наполняемость ковша при работе в легких грунтах.



Р и с. 4.39. Ковш ЭТР

Эксплуатационная производительность роторных траншейных экскаваторов по выносной способности ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )

$$P_3 = 3,6nmgK_nK_b/K_p, \quad (4.32)$$

где  $n$  — частота вращения ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;  $m$  — число ковшей;  $q$  — вместимость ковша, л;  $K_n$  — коэффициент наполнения ( $K_n = 0,9 \dots 1,1$ );  $K_b$  — коэффициент использования машины по времени ( $K_b = 0,7 \dots 0,85$ );  $K_p$  — коэффициент разрыхления грунта ( $K_p = 1,1 \dots 1,4$ ).

#### 4.5. МАШИНЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРЗЛЫХ И ПРОЧНЫХ ГРУНТОВ, РАЗРУШЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ И СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Строительство в северных и северо-восточных районах нашей страны связано с существенным увеличением объемов разработки сезоннопромерзающих и вечномерзлых грунтов. Мерзлые грунты по сравнению с немерзлыми (талыми) характеризуются значительно большими сопротивляемостью разрушению (в 15...20 раз) и абразивностью (в 100...150 раз), трудоемкостью и стоимостью разработки. Производительность землеройных и землеройно-транспортных машин при разработке мерзлых грунтов резко снижается.

В современном городском строительстве разработку мерзлых грунтов ведут в основном двумя способами — взрывным и механическим. Взрывной способ рыхления мерзлых грунтов применяется обычно при больших объемах работ на открытых, удаленных от сооружений площадках при глубине промерзания более 1 м. В последнее время взрывной способ находит применение в стесненных городских условиях с использованием локализаторов взрыва, не допускающих разлета кусков грунта и повреждения сооружений.

Преимущественное распространение (более 80 % общего объема работ) получил высокоэффективный и универсальный механический способ разработки мерзлых грунтов с использованием специальных машин, условно подразделяемых на две группы: машины для подготовки (предварительного рыхления, нарезания на блоки) мерзлых грунтов и последующей окончательной разработки взаимодействующими с ними в комплексе землеройными машинами общего назначения: машины, самостоятельно выполняющие весь комплекс разработки до заданной отметки и эвакуации мерзлого грунта из забоя. К первой группе относятся навесные рыхлители (см. рис. 4.2) на тракторах класса 10...50, машины ударного действия для рыхления грунта ударными импульсами, машины безударного действия для отрыва грунта от массива, баровые и дискофрезерные ма-

шины для нарезания щелей в мерзлых грунтах; ко второй — землеройно-фрезерные машины и траншейные цепные и роторные экскаваторы, рабочие органы и скоростные режимы которых приспособлены для разработки мерзлых грунтов с промерзанием на всю глубину траншеи.

**Машины ударного действия** воздействуют на разрушаемую среду (мерзлый грунт, твердое дорожное покрытие, фундамент и т. п.) ударными импульсами свободно падающих или забиваемых рабочих органов. Самым распространенным видом свободно падающих рабочих органов являются клин-молоты конусообразной, пирамидальной и клиновидной форм массой 0,5...4 т.

Клин-молот 3 (рис. 4.40, а) подвешивается к подъемному канату 2 грузовой фрикционной лебедки стрелового самоходного крана или одноковшового механического экскаватора с крановой стрелой 1 и при работе подтягивается лебедкой к оголовку стрелы и сбрасывается с высоты 6—8 м. Свободно падающий клин-молот наносит ненаправленные удары, что приводит к высоким затратам энергии на разрушение грунта, снижает качество работ и способствует опасному интенсивному разлету кусков грунта в стороны. Клин-молот может быть помещен в жесткие направляющие 5 (рис. 4.40, б) и при сбрасывании попадает в точно заданное место, что позволяет разрушать грунт наименее энергоемким методом крупного скола и уменьшить опасность разлета осколков. Клин-молот с направляющим устройством обычно монтируется на гусеничном или пневмоколесном тракторе, который дооборудуется подъемной зубчато-фрикционной лебедкой с приводом от коробки отбора мощности трактора. Направляющее устройство соединяется с базовой машиной упругими амортизирующими элементами 4, что снижает воздействие динамических нагрузок на трактор при работе.

Оборудование с забиваемым рабочим органом разрабатывает мерзлые грунты большой прочности с глубиной промерзания 1...1,5 м наиболее эффективным методом крупного скола. Забивание рабочего органа в грунт может осуществляться: свободно падающим грузом 6 (рис. 4.40, в), подвешенным на канате подъемной лебедки базовой машины и движущимся относительно направляющей 5; дизель-

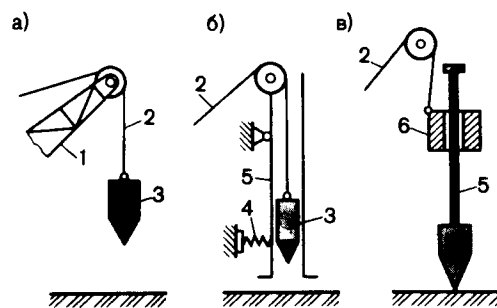


Рис. 4.40. Рабочие органы машин ударного действия:

а — с ненаправленными ударами; б — то же, с направленными; в — с забиваемым клином

молотами, вибромолотами; гидравлическими, пневматическими и гидропневматическими молотами, используемыми в качестве сменного рабочего оборудования одноковшовых строительных экскаваторов. Гидро- и пневмомолоты в настоящее время являются самым распространенным и эффективным оборудованием для разрушения мерзлых грунтов ударной нагрузкой.

При работе машин ударного действия возникают динамические нагрузки, вредно воздействующие как на базовую машину, так и на расположенные поблизости сооружения и коммуникации.

В стесненных условиях сложившейся застройки при работе вблизи зданий и подземных коммуникаций широко применяют гидравлические экскаваторы с рыхлительным и захватно-клещевым рабочим оборудованием, которое разрушает мерзлый грунт безударным методом отрыва его от массива.

Для разрушения больших объемов мерзлого грунта (например, при прокладке линейных коммуникаций открытым способом) используют высокопроизводительные землерезные и землеройно-фрезерные машины.

**Оборудование захватно-клещевого типа** навешивается на гусеничные гидравлические экскаваторы 4-й и 5-й размерных групп и предназначено для рыхления мерзлых грунтов, взламывания асфальтобетонных дорожных покрытий, разборки старых зданий, снятия и укладки дорожных плит, труб, установки колодцев, погрузки негабаритов и т. п. Это оборудование, выпускаемое в двух исполнениях (с одно- и трехзубым рыхлителем-захватом), устанавливается вместо ковша и рукояти обратной лопаты. В комплект однозубого рыхлителя (рис. 4.41, а) входят: двусторонний клык-рыхлитель 6 со сменными передним 7 и задним 8 зубьями, шарнирно прикрепленный к двуплечему рычагу 5, ковш обратной лопаты 4 и пара гидроцилиндров 2 поворота рычага с рыхлителем относительно рукояти 1, взаимозаменяемых с гидроцилиндрами 3 ковша обратной лопаты.

Разработка грунта осуществляется при перемещении рукояти с клыком-рыхлителем к экскаватору или поворотом клыка в обе стороны относительно рукояти гидроцилиндрами 2, работающими от гидросистемы машины. Шарнирное соединение клыка-рыхлителя с рычагом позволяет разрыхлять грунты с наиболее рациональными углами резания. При разрушении грунта передним зубом 7 клык-рыхлитель движется к опирающемуся на грунт зубьями ковша 4, прорезая в грунте щель. Возникающие при этом усилия на зубьях рыхлителя и ковша направлены навстречу друг другу, чем значительно снижается передача нагрузки на базовую машину. Задний зуб клыка-рыхлителя, движущийся снизу вверх к экскаватору, используется как при рыхлении мерзлого грунта, так и при взламывании дорожных покрытий и погрузочно-разгрузочных работах.

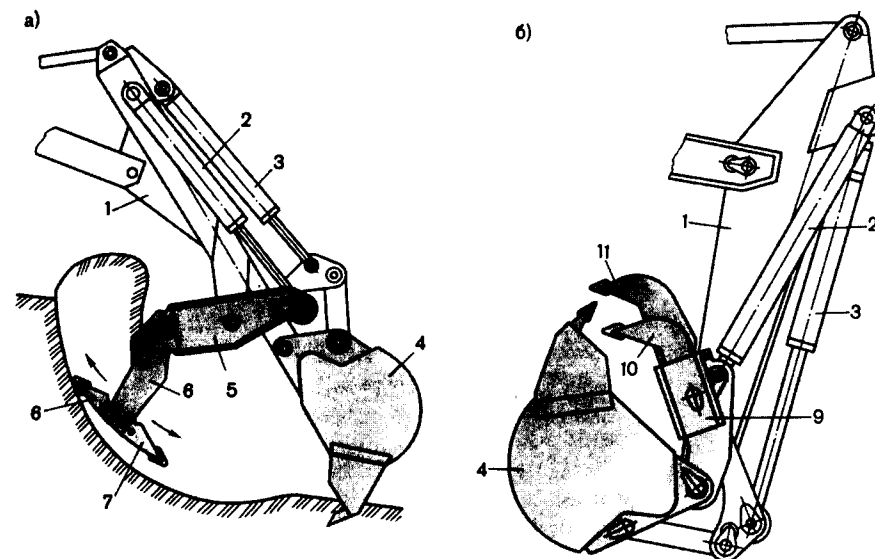


Рис. 4.41. Оборудование захватно-клещевого типа с однозубым (а) и трехзубым (б) рыхлителями

Трехзубый рыхлитель (рис. 4.41, б) состоит из сварной рамы 9 и трех сменных зубьев — центрального 11 и двух боковых 10. Боковые зубья можно устанавливать в трех положениях для получения различных по значению усилий рыхления в зависимости от прочности разрушаемого грунта. Зубья одно- и трехзубых рыхлителей наплавляют твердым сплавом.

**Землерезные машины** применяют для нарезания щелей шириной до 0,3 м в однородных, мерзлых и труднорабатываемых немерзлых прочных грунтах. Они представляют собой баровое, цепное и дискофрезерное рабочее оборудование, которое навешивается на серийные цепные траншейные экскаваторы (вместо основного рабочего органа), на гусеничные и пневмоколесные тракторы, дооборудованные гидромеханическими ходоуменьшителями, механизмами привода рабочих органов и гидравлическими подъемными механизмами для управления навесным оборудованием. Цепные и дискофрезерные рабочие органы могут навешиваться на одинаковые базовые шасси. Главный параметр землерезных машин — максимальная глубина нарезаемой щели.

Баровые рабочие органы — цепные бары от угольных врубовых машин или комбайнов в виде бесконечной цепи с резами, обегаящей плоскую раму с приводной и натяжной звездочками. Баровыми рабочими органами, прорезающими щели шириной 0,14 м, оборудуются цепные траншейные экскаваторы. Барами прорезают верти-

кальные продольные щели в однородных мерзлых грунтах на глубину до 2,0 м. На одну базовую машину могут быть навешены индивидуально гидроуправляемые один, два или три бара.

Однobarовые машины имеют центральное и боковое (смещенное) расположение рабочего органа для нарезания щелей вдоль тротуаров. Барами разрезают массив мерзлого грунта на отдельные блоки массой 5...10 т, которые удаляют из забоя лебедками и кранами. Иногда нарезанный барами грунт предварительно рыхлят машинами ударного действия, а его дальнейшую выемку производят экскаваторами.

Наибольшее распространение получили цепные землерезные машины, на которых используется однотипное максимально унифицированное навесное землеройное оборудование, состоящее из четырех модулей: цепного рабочего органа 4 (рис. 4.42), механизмов его привода 2 и заглубления 3 и гидромеханического ходоуменьшителя 5 базового трактора 1. Цепные щелерезные органы представляют собой гусеничные цепи движителей тракторов класса 10 с резами;

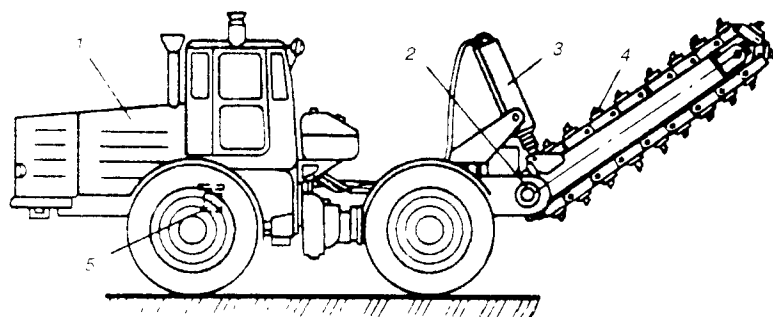


Рис. 4.42. Однobarовая щелерезная машина

состоит из направляющей рамы, ведущей (приводной) звездочки, установленной на выходном валу механизма привода, натяжного направляющего ролика и натяжного винтового устройства. На звеньях режущей цепи крепят сменные резцедержатели с резами от баров угольных врубовых машин или комбайнов. Резцедержатели с резами могут быть установлены по схемам, обеспечивающим число линий резания 10, 14 и 21, что позволяет нарезать щели шириной соответственно 0,15, 0,21 и 0,27 м. Для улучшения транспортирующей способности резцов при резании мерзлых грунтов и повышения производительности машины при работе в талых грунтах к резцедержателям дополнительно крепят скребки.

Основными достоинствами цепных и баровых землерезных машин являются простота конструкции и удобство в эксплуатации, не-

большая металлоемкость и достаточно высокая (до 70 м<sup>3</sup>/ч) производительность, недостатками — большие затраты мощности (до 60% от всей потребляемой) на измельчение грунта и преодоление трения в цепях, низкая долговечность рабочего органа, работающего в абразивной среде.

**Дисковые щелерезные (дискофрезерные) машины** нарезают в мерзлых грунтах щели шириной 80...120 мм на глубину до 1...2 м с помощью одного или двух оснащенных резами дисков (роторов) диаметром до 3 м. Эти машины применяют также для рытья узких траншей прямоугольного профиля под кабели электропередач и связи, трубопроводов малых диаметров, а также вскрытия асфальтовых дорожных покрытий. Дисковым рабочим оборудованием оснащаются траншейные экскаваторы и гусеничные тракторы, оборудованные ходоуменьшителями и бульдозерными отвалами. Привод рабочего органа может быть механическим и гидравлическим. Скорость резания составляет 2...3 м/с.

Дисковая щелерезная машина (рис. 4.43) предназначена для рытья траншей и щелей шириной 0,28 м и глубиной до 1,3 м в мерзлых и плотных грунтах. Навесное рабочее оборудование экскаватора включает дисковый ротор с гидравлическим приводом, раму 8 с зачистным устройством 10 и гидравлический механизм подъема-опускания ротора. Ротор состоит из диска 13, на котором с помощью зубодержателей 11 установлены восемнадцать зубьев 12, разрабатывающих грунт и выносящих его на поверхность. Ротор ус-

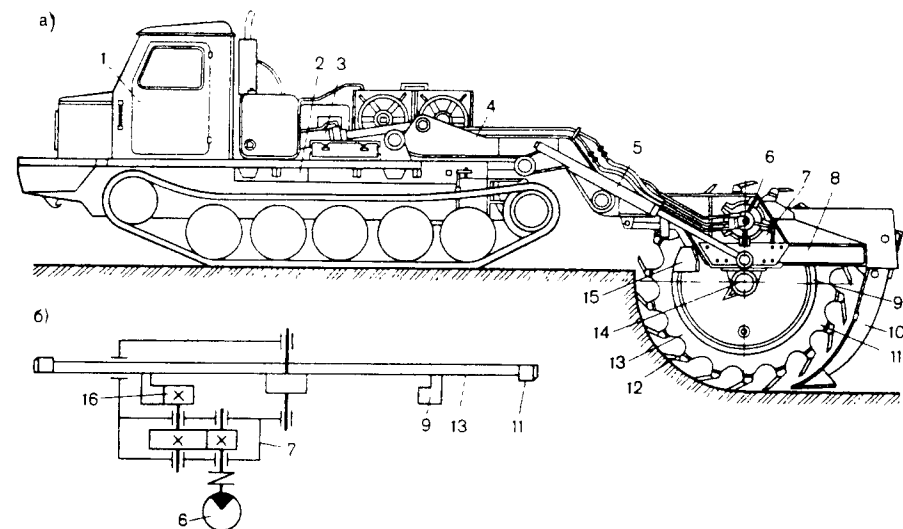


Рис. 4.43. Дисковая щелерезная машина



тановлен на опоре 14 рамы и приводится во вращение от высокомоментного гидромотора 6 через зубчатый редуктор 7. Выходная шестерня 16 редуктора входит в зацепление с зубчатым венцом 9, жестко прикрепленным к диску ротора.

Рабочий орган не имеет специального оборудования для транспортирования разработанного грунта; вынесенный зубьями на поверхность грунт отодвигается в обе стороны от бровки траншеи плужками 15 рамы 8 и располагается валиком вдоль отрываемой траншеи. Подъем и опускание рабочего органа осуществляется гидравлическим подъемным механизмом, включающим два гидроцилиндра 3, раму 4 и телескопические тяги 5. Рабочие скорости экскаватора при копании траншей обеспечиваются гидромеханическим ходоуменьшителем и бесступенчато регулируются в диапазоне 10...480 м/ч.

Для получения транспортных скоростей передвижения машины (2,2...9,8 км/ч) используется тракторная коробка передач. Привод насосов гидросистемы экскаватора и гидромотора ходоуменьшителя осуществляется от раздаточной коробки 2.

Основные достоинства дискофрезерных машин по сравнению с баровыми и цепными — пониженная энергоемкость процесса резания за счет малого количества трущихся поверхностей ротора, более высокая производительность и долговечность (в 2...3 раза) жесткого рабочего органа; основные недостатки — высокая металлоемкость и ограниченная глубина копания, составляющая примерно 0,5 диаметра ротора.

Эксплуатационную производительность щеленарезных машин (м<sup>3</sup>/ч) определяют по объему разрушенного грунта:

$$P_z = nH_{ш}B_{ш}v_pK_v, \quad (4.33)$$

где  $n$  — число одновременно нарезаемых щелей;  $H_{ш}$ ,  $B_{ш}$  — глубина и ширина прорезаемой щели, м;  $v_p$  — рабочая скорость движения машины, м/ч;  $K_v$  — коэффициент использования машины по времени.

**Землеройно-фрезерные машины (ЗФМ)** применяют для послойной разработки (фрезерования) мерзлых грунтов и твердых пород при выполнении планировочных работ, отрывке корыт под внутриквартальные дороги, трамвайные и подкрановые пути, а также разрушения асфальтобетонных покрытий с последующей экскавацией разрушенных материалов бульдозерным отвалом.

Главным параметром ЗФМ является ширина фрезеруемой за один проход полосы. ЗФМ базируются на серийных гусеничных бульдозерах тягового класса 10...15, оборудованных гидромеханическими ходоуменьшителями для получения пониженных рабочих скоростей передвижения, бесступенчато регулируемых в диапазоне 0...500 м/ч. Конструкции современных ЗФМ имеют мало различий.

Рабочий орган ЗФМ — фреза диаметром 900...1020 мм, представляющая собой горизонтальный полый вал с приваренными перпендикулярно его оси кронштейнами, которые оснащены сменными режущими наконечниками (клыками) с износостойкой твердосплавной наплавкой. Кронштейны в количестве от 21 до 26 расположены на валу по одной или двум винтовым линиям, расходящимся от середины вала. Такая расстановка кронштейнов обеспечивает определенную последовательность работы каждого резца, минимальную энергоемкость процесса фрезерования, ровность планируемой поверхности, а также транспортирование части разрушенного грунта к краям обрабатываемой полосы.

**Машина послойного фрезерования** (рис. 4.44) эффективно разрабатывает мерзлые грунты с температурой до  $-10$  °С, прочностью по плотномеру ДорНИИ до 250 ударов с каменистыми включениями крупностью не более 50 мм.

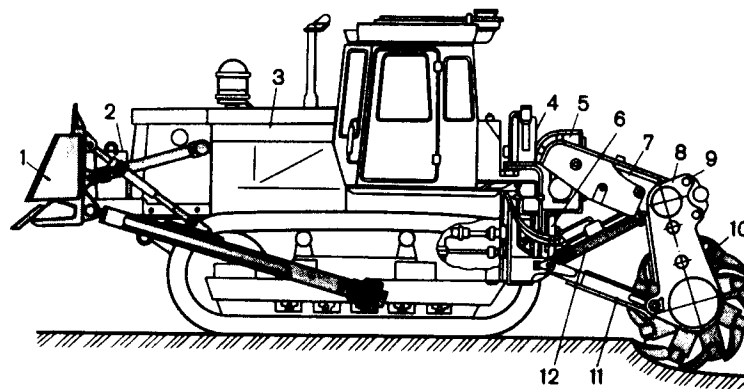


Рис. 4.44. Землеройно-фрезерная машина

Машина состоит из базового трактора класса 10 с бульдозерным оборудованием рабочего органа фрезерного типа, силовой передачи для привода рабочего органа, навесного устройства, гидропривода подъема и опускания рабочего органа, гидромеханического ходоуменьшителя, системы управления и противовеса.

Привод фрезы 10 осуществляется от редуктора отбора мощности 5, через цепные передачи 7 и бортовые редукторы 8. Привод обеспечивает одну или две скорости резания в диапазоне 0,7...1,4 м/с и оборудуется предохранительной муфтой предельного момента 6. Рабочий орган навешивается на базовый трактор с помощью четырехзвенного шарнирного механизма, образованного общим корпусом редуктора отбора мощности и ходоуменьшителя 4, тягами цеп-

ных передач, нижней рамой 11 и корпусами бортовых редукторов, жестко связанных между собой поперечной балкой 9. Перевод рабочего органа в транспортное и рабочее положения и удержание его на заданной глубине фрезерования осуществляются двумя гидроцилиндрами 12, работающими от гидросистемы базового трактора 3. Для уравнивания массы навесного оборудования в передней части машины установлен противовес 2.

Современные ЗФМ за один проход обрабатывают полосу грунта шириной 2,6...3,4 м при глубине фрезерования до 0,25...0,35 м. После каждого прохода фрезой разрушенный грунт (материал) убирается бульдозерным отвалом 1. Производительность ЗФМ при разработке мерзлого грунта составляет 140...400 м<sup>3</sup>/ч.

Основным недостатком землеройно-фрезерных машин является интенсивный абразивный износ режущих элементов.

#### 4.6. МАШИНЫ ДЛЯ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ КОММУНИКАЦИЙ

Прокладку подземных коммуникаций различного назначения (газо- и водопровода, канализации, теплотрасс, кабелей электроснабжения и связи и т. п.) в условиях городского строительства часто приходится производить под действующими автомобильными и железными дорогами, трамвайными путями, городскими улицами и площадями, зданиями и сооружениями с использованием бестраншейных (закрытых) способов прокладки.

К наиболее распространенным бестраншейным способам прокладки коммуникаций относятся: горизонтальное механическое бурение, прокол и продавливание, щитовая проходка. При бестраншейной прокладке сохраняются целостность и нормальная работа пересекаемых дорог и улиц, наземных и подземных сооружений, сокращаются объем земляных работ (на 60...80 %), длина трасс коммуникаций, сроки и стоимость их строительства, которое можно вести круглогодично. Выбор оптимального способа бестраншейной прокладки определяется геометрическими размерами, назначением и глубиной заложения коммуникаций, расположением, протяженностью и грунтовыми условиями ее трассы, характером пересекаемых сооружений и действующих коммуникаций.

**Способом горизонтального бурения** прокладывают под автомобильными и железными дорогами трубопроводы и защитные футляры для размещения в них рабочих трубопроводов, кабелей и других коммуникаций. Бурение горизонтальных скважин и прокладку в них трубопроводов производят с помощью специальных механизированных установок циклического и непрерывного действия. В городском строительстве широко применяют унифицированные установ-

ки горизонтального бурения УГБ (ГБ), осуществляющие непрерывное механическое бурение фрезерной головкой горизонтальной скважины, совмещенное с одновременной прокладкой в ней защитной трубы-кожуха, через которую затем протаскивается рабочий трубопровод несколько меньшего диаметра. Эти установки имеют одинаковый принцип действия и обеспечивают прокладку в грунтах I...IV категории труб-кожухов под трубопроводы диаметром 325...1420 мм при максимальной длине прокладки 40...60 м.

Установка горизонтального бурения (рис. 4.45) состоит из двигателя внутреннего сгорания 8, механической или гидромеханической трансмиссии 10, тяговой лебедки 7, трубы-кожуха 12 и шнека 13 с буровой фрезерной головкой 1 для разработки горизонтальной скважины. Труба-кожух опирается на направляющие тележки 14, размещенные на дне траншеи, из которой ведется проходка.

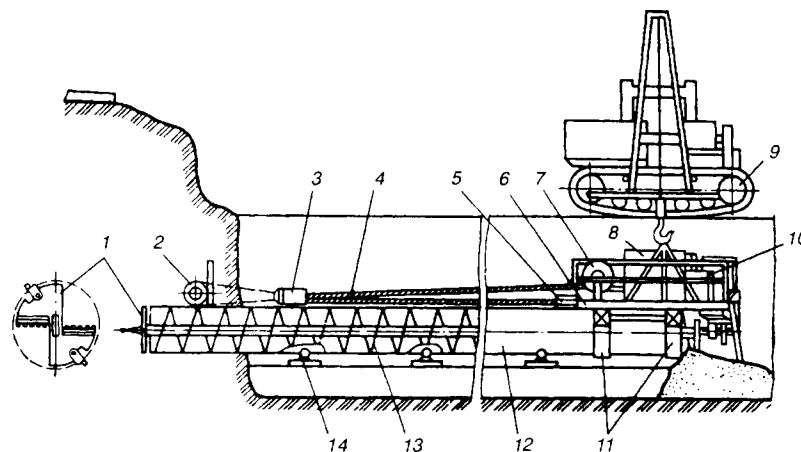


Рис. 4.45. Установка горизонтального бурения типа УГБ

Установка удерживается от опрокидывания и поворота сопровождающим краном-трубоукладчиком 9, который передвигается вдоль траншеи со скоростью, равной скорости подачи машины в забой. Двигатель с механизмами привода тяговой лебедки и винтового конвейера монтируется на общей раме 6, установленной на заднем конце прокладываемой трубы-кожуха с помощью сменных стяжных хомутов 11. Подача установки при бурении скважины обеспечивается тяговой лебедкой с тяговым усилием до 80 кН через канатный полиспаст 4 переменной кратности (2...10). Подвижная обойма 3 тягового полиспаста вмонтирована в переднюю часть рамы, а неподвижная 5, ориентируемая по оси траншеи, шарнирно крепится к якорю 2, заделанному в грунт насыпи.

Нагрузка на тяговый полиспаг (усилие подачи) определяется диаметром и длиной прокладываемой трубы-кожуха, ее прямолинейностью, а также физико-механическими свойствами разрабатываемого грунта. Наибольшие сопротивления подаче установки в забой возникают при строительстве переходов в легко поддающихся обрушению песчаных грунтах, при ликвидации зазора между трубой-кожухом и скважиной. В приводе тяговой лебедки имеется коробка передач, обеспечивающая несколько (до 6) скоростей вращения барабана и его реверс. Скорость подачи выбирается в соответствии с конкретными условиями проходки и составляет среднем 2...5,5 м/ч при строительстве переходов в средних грунтах и 1,8...3,5 м/ч — в тяжелых.

Сухая транспортировка разработанного грунта из забоя в траншею осуществляется винтовым конвейером, состоящим из трубы-кожуха, внутри которой помещен шнек, не имеющий промежуточных опор. Длина конвейера соответствует протяженности перехода. К головной секции шнека крепится сменная фрезерная буровая головка, снабженная резцами с твердосплавными пластинками. Буровая головка обеспечивает бурение скважины несколько большего (на 30...50 мм) диаметра по сравнению с наружным диаметром прокладываемой трубы-кожуха, что позволяет значительно уменьшить лобовое сопротивление подаче установки в забой.

Оптимальная частота вращения шнека  $0,18...0,3 \text{ с}^{-1}$  при разработке средних грунтов и  $0,1...0,15 \text{ с}^{-1}$  — тяжелых. В установках с гидромеханической трансмиссией скорости подачи в забой и вращения буровой головки со шнеком регулируются бесступенчато в зависимости от конкретных условий проходки, что позволяет автоматизировать работу установок и повысить их производительность в 1,5...2 раза. В соответствии с размерами прокладываемой трубы-кожуха каждая установка комплектуется набором винтового конвейера и фрезерными головками.

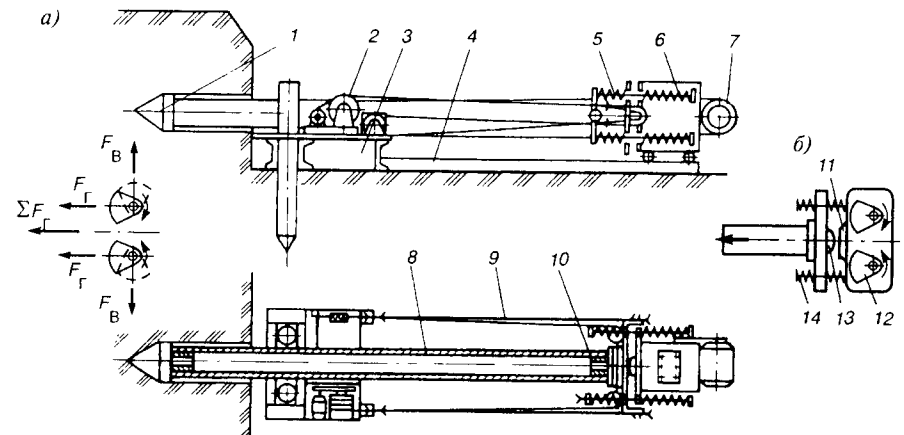
При прокладке труб **способом прокола** образование скважины осуществляется за счет радикального вытеснения и уплотнения грунта (без его разработки) прокладываемой трубой, пневмопробойником или раскатчиком грунта. Различают прокол механический (статический) и вибропрокол. При механическом проколе вдавливаемой в грунт трубе сообщается поступательное движение от продавливающего устройства или же она протаскивается через готовую скважину, полученную с помощью пневмопробойника или раскатчика грунта.

При вибропроколе применено вибрирование наконечника прокладываемой трубы (реже самой трубы) при одновременном вдавливании их в грунт.

**Механический прокол** применяют для прокладки трубопроводов различного назначения диаметром до 426 мм в глини-

стых и суглинистых грунтах, при максимальной протяженности проходок до 40...60 м. В качестве продавливающих устройств при механическом проколе обычно используют насосно-домкратные установки. Нажимные усилия от насосно-домкратной установки передаются прокладываемой трубе через ее торец. Для уменьшения лобового сопротивления на конце ведущего звена трубопровода устанавливают конический наконечник, диаметр основания которого превышает диаметр трубопровода на 20...30 мм. Продвигаясь в грунте, наконечник раздвигает и уплотняет его, образуя скважину.

**Вибропрокол** применяют при прокладке трубопроводов в песчаных, супесчаных и водонасыщенных грунтах, в которых нельзя получить устойчивую скважину и поэтому механический прокол сильно затруднен, или практически невозможен из-за больших сопротивлений движению трубы, зажатой грунтом. Сущность вибропрокола заключается в том, что прокладываемой трубе (или ее наконечнику) одновременно с усилием подачи сообщаются продольно направленные вдоль ее оси колебания, резко уменьшающие (в 8...10 раз) трение между грунтом и внедряемой в него трубой. В качестве возбудителей продольно направленных колебаний используются вибраторы направленного действия и вибромолоты, которые кроме вибрации сообщают прокладываемой трубе ударные импульсы. Вибровозбудитель (рис. 4.46, б) имеет четное число дебалансов 12, при вращении которых в разные стороны возникают вынуждающие силы. Вертикальные составляющие  $F_B$  этих сил взаимно уничтожаются, а горизонтальные  $F_T$ , направленные вдоль оси трубы, складываются. Суммарная вынуждающая сила вибратора определяется числом дебалансов, их массой и частотой вращения, равной частоте колебаний вибратора. Основной



Р и с. 4.46. Установка для вибропрокола

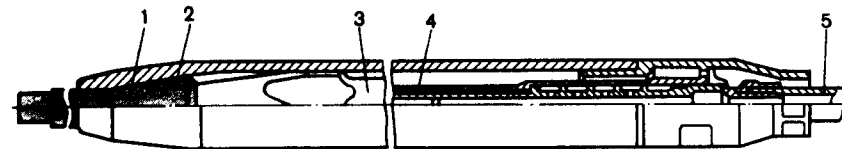
частью вибромолота является вибратор направленного действия, снабженный ударником 11 и соединенный с наковальней 13 пружинной подвеской 14. Ударные импульсы возникают при соударении ударника с наковальней, причем сила удара в несколько раз превышает вынуждающую силу вибратора.

На рис. 4.46, а показана виброударная вдавливающая установка для прокладки труб (кожухов) диаметром 273...426 мм. В комплект установки входят вибромолот 6 с приводным электродвигателем 7, анкерная рама 3 с секционными направляющими 4 для перемещения вибромолота, тяговая реверсивная лебедка 2 с пригрузочным полиспастом 9, развивающим вдавливающее усилие до 300 кН. Прокладываемая труба 8 с конусным инвентарным наконечником 1 устанавливается свободным концом в наголовнике 10 вибромолота. Секции труб длиной до 8 м последовательно внедряются в грунт под действием виброударных импульсов и вдавливающего усилия пригрузочного полиспаста. Проложенная труба соединяется с очередной электросваркой. В процессе работы установки можно с помощью пригрузочного полиспаста регулировать натяжение пружинной подвески 5 вибромолота в зависимости от сопротивления грунта внедрения прокладываемой трубы для обеспечения оптимального сочетания усилия вдавливания с наиболее эффективным ударным режимом.

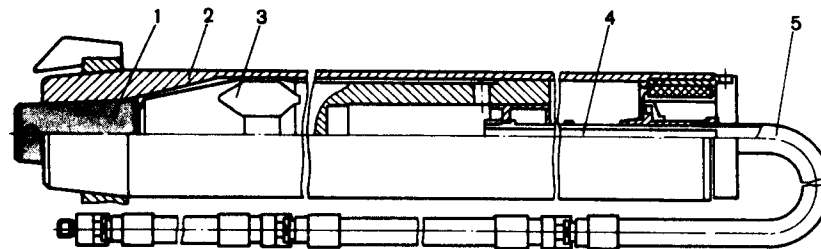
Вибропроколом прокладывают трубы диаметром до 426 мм на длину до 25...50 м. Скорость проходки зависит от грунтовых условий и диаметра прокладываемой трубы и составляет в среднем 20...60 м/ч.

Пневматические пробойники широко используют для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций под действующими автомобильными и железными дорогами, трамвайными путями, улицами и площадями, зданиями и сооружениями, а также для изготовления набивных свай, глубинного уплотнения грунтов и т. п. Они представляют собой самодвижущиеся машины ударного действия и предназначены для проходки в грунтах I...III категорий сквозных и глухих горизонтальных, вертикальных и наклонных скважин с уплотненными гладкими стенками и забивания в грунт стальных труб. Через пробитые в грунте скважины затем прокладывают трубопроводы и кабели различного назначения. Забитые в грунт трубы в горизонтальном или наклонном направлении применяют как рабочие трубопроводы или как защитные футляры-кожухи для размещения в них коммуникаций. Вертикально забитые трубы могут использоваться как сваи.

По назначению пневмопробойники разделяют на две группы — для проходки скважин в грунте и для забивания в грунт труб. Главным параметром пневмопробойников для проходки скважин является наружный диаметр корпуса, т. е. диаметр проходимой в грунте



Р и с. 4.47. Пневматический пробойник для проходки скважин



Р и с. 4.48. Пневмопробойник для забивания труб

скважины, у пневмопробойников для забивания в грунт труб — максимальный наружный диаметр забиваемой трубы. Некоторые типы пневмопробойников могут быть использованы как для проходки скважин, так и для забивания труб. Независимо от назначения пневмопробойники имеют одинаковые принцип действия и систему воздухораспределения, однотипные реверсивные устройства и различаются между собой размерами и массой, энергией и частотой ударов, составом оснастки и приспособлений.

Каждый пневмопробойник (рис. 4.47 и 4.48) состоит из цилиндрического корпуса 2 с наковальней 1, массивного ударника 3, золотникового воздухораспределительного устройства 4 и гибкого рукава 5 для подвода сжатого воздуха от компрессора. Под действием сжатого воздуха, попеременно перепускаемого золотником в полости прямого и обратного ходов, ударник совершает возвратно-поступательное движение и наносит удары по наковальне корпуса, продвигая машину вперед. В результате образуется прямолинейная скважина с гладкими стенками или забивается в грунт труба. Обратному движению пневмопробойника препятствуют силы трения между его корпусом или стенками трубы и грунтом. Возврат пробойника назад по пробитой скважине осуществляется изменением направления ударов с помощью реверсивного механизма. Управление реверсивным механизмом осуществляется либо вращением воздухоподводящего рукава, либо его натяжением.

Для увеличения диаметра скважины пневмопробойники снабжаются сменными конусными уширителями, закрепляемыми на корпу-

се машины. Корпуса пневмопробойников для забивки труб соединяются с забиваемыми трубами с помощью насадок.

Предусмотрен выпуск пневмопробойников для проходки скважин с наружным диаметром (без уширителя) 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160 и 200 мм, для забивания труб — с максимальным диаметром забиваемых труб 400; 630; 800; 1000; 1250 и 1600 мм.

Машины для раскатки скважин в грунте. Все большее распространение получают грунтопроходные машины безударного действия с самозавинчивающимся рабочим органом для раскатки в грунте горизонтальных, вертикальных и наклонных скважин, которые называют также раскатчиками грунта.

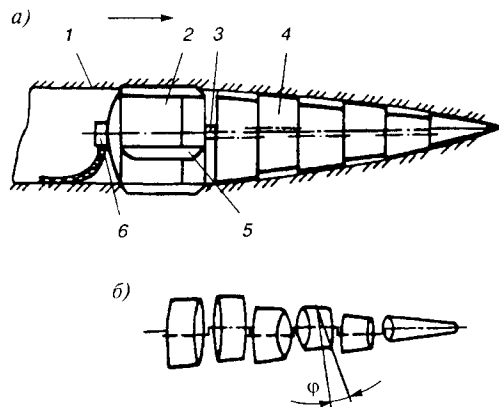


Рис. 4.49. Машина для раскатки скважин:  
а — принципиальная схема; б — схема разворота катков

Машина для раскатки скважин (рис. 4.49) состоит из привода 2 (мотор-редуктора или гидромотора) и жестко соединенного с его выходным валом рабочего органа. Последний представляет собой консольный эксцентриковый вал 3, на шейках которого установлены свободно вращающиеся конические катки 4. Шейки вала и, соответственно, оси катков развернуты под углом  $\varphi$  к продольной оси вала. При вращении вала катки катятся по спирали, центром которой является ось рабочего органа, и завинчиваются в грунт, формируя скважину 1 с уплотненными стенками. Угол  $\varphi$  определяет шаг завинчивающей катки, т. е. подачу рабочего органа за один оборот эксцентрикового вала.

Число катков на валу рабочего органа зависит от технологии производства работ и длины (глубины) проходки. Приводной мотор-редуктор снабжен ребрами 5 для восприятия реактивного крутящего момента при вращении вала рабочего органа. Питание привода раскатчика осуществляется посредством кабеля 6 или гидрошланга высокого давления. Частота вращения вала раскатчика бесступенчато регулируется в широком диапазоне. Средняя скорость проходки скважины в различных грунтах 10...20 м/ч. Кроме проходки скважин под коммуникации, раскатчики скважин используются для усиления оснований фундаментов действующих

зданий и сооружений, раскатки скважин под буронабивные сваи и т. п.

Машины для раскатки скважин экологически безопасны, бесшумны в работе, не передают динамические нагрузки на строительные конструкции и действующие коммуникации, не оказывают вредного воздействия на обслуживающий персонал.

Грунтопроходная установка для бестраншейной прокладки коммуникаций (рис. 4.50) состоит из раскатчика 5, станка 3 для привода раскатчика, штанги 4 переменной длины, передвижной маслостанции 1 и пульта управления 2.

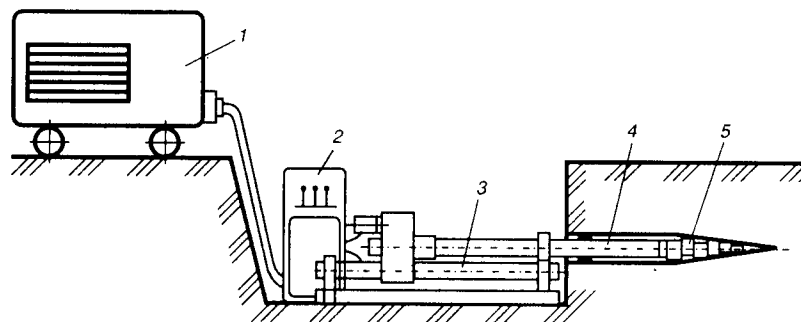


Рис. 4.50. Схема установки с раскатчиком грунта для проходки горизонтальных скважин

Маслостанция состоит из гидравлического насоса с приводным двигателем, бака для масла и пускорегулирующей аппаратуры. Станок для подачи раскатчика на забой сообщает рабочему органу через штангу определенное усилие и включает основание, каретку с механизмом ее перемещения и направляющую, по которой движется каретка. На каретке установлен гидромотор для привода раскатчика.

Перед началом работ по проходке станок устанавливают на предварительно спланированной площадке с последующей фиксацией его положения анкерами. Направляющую ориентируют винтовым регулировочным механизмом по проектной оси будущей скважины. Затем включают механизм перемещения каретки и вдавливают раскатчик в грунт с одновременным включением гидромотора привода раскатчика.

После внедрения раскатчика на всю длину привод раскатчика выключают, отсоединяют каретку от раскатчика и возвращают ее в исходное положение. Затем раскатчик и гидромотор его привода соединяют промежуточной штангой и повторяют цикл проходки. По мере внедрения раскатчика в грунт штангу наращивают инвентар-

ными секциями. Установка обеспечивает проходку горизонтальных скважин диаметром 50...230 мм на расстояние до 50 м.

Установка комплектуется набором раскатчиков диаметром 50, 80, 140, 200 и 230 мм. Грунтопроходные установки с раскатчиками грунта постоянно совершенствуются, расширяются их технические возможности. В перспективе предусмотрено создание раскатчиков для проходки скважин диаметров до 2,0 м.

При прокладывании трубопроводов способом прокола возникают значительные радикальные усилия, поэтому необходимо обеспечивать определенное удаление трубопроводов от земной поверхности, а также подземных сооружений и коммуникаций. В зависимости от материала коммуникации эти расстояния должны составлять: для стального газопровода или водопровода — не менее 0,8 м; до водопровода из чугунных труб — не менее пяти диаметров ( $d$ ) прокладываемой трубы; до железобетонных и керамиковых труб — не менее  $6d$ ; до водостока из бетонных труб — не менее  $4d$ ; до электрических кабелей — не менее 0,6 м.

**Продавливанием** прокладывают в грунтах I...III категории стальные трубопроводы диаметром 529... 1720 мм, а также сборные железобетонные коллекторы и туннели различного назначения на длину до 60...80 м. При продавливании трубопровод (футляр) вдавливают в массив грунта открытым концом, снабженным кольцевым ножом, а грунт, поступающий внутрь головного звена, разрабатывают и удаляют через прокладываемый трубопровод ручным или механизированным способом. В качестве продавливающих устройств применяют насосно-домкратные установки, включающие четное число однотипных домкратов грузоподъемностью 170...500 т каждый с ходом штоков 1150...1600 мм. Усилия от домкратов передаются прокладываемой трубе через задний ее торец с помощью стальной нажимной рамы (траверсы) или стального нажимного кольца, равномерно распределяющих давление по периметру торца трубопровода. Для передачи усилий от домкратов на торец звена трубы после продавливания трубопровода в грунт на длину хода штоков домкратов применяют нажимные патрубки. Длина нажимных патрубков должна быть равна или кратна длине хода штоков домкратов.

Разработку грунта, входящего в открытый конец трубы, производят вручную (при больших ее диаметрах) с применением ручных машин ударного действия и шанцевого инструмента или с помощью механических рабочих органов ковшового, совкового и фрезерного типа, виброударных желонки и грейферов. Ручная разработка грунта характеризуется высокими трудоемкостью, стоимостью и малой производительностью. Удаление грунта из труб диаметром 500...800 мм осуществляется преимущественно гидравлическим способом. Для удаления грунта из трубопроводов большего диаметра

используют вагонетки, бадьи, челноки, перемещаемые с помощью канатов и лебедок, самоходные электрокары и тележки со съемными или саморазгружающимися кузовами, ленточные и скребковые конвейеры переменной длины и т. д.

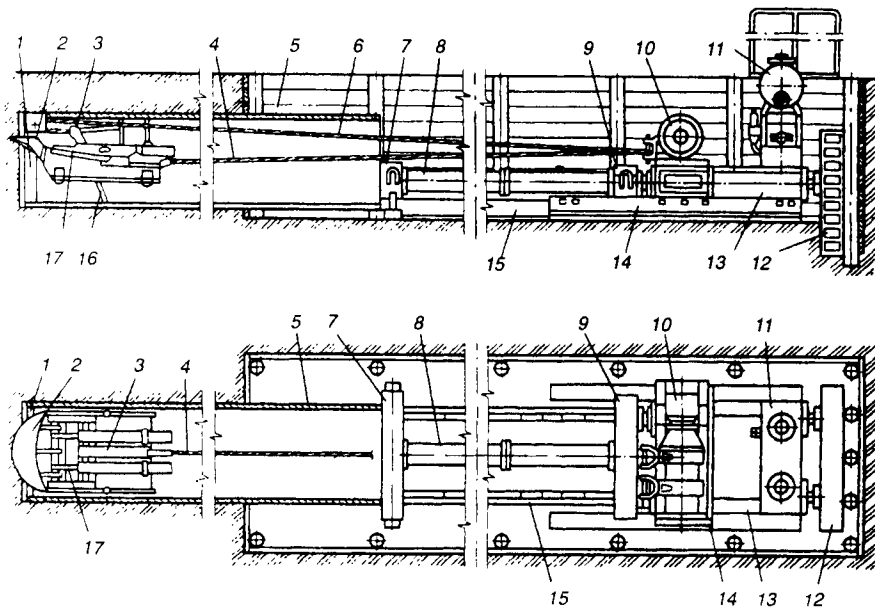
Транспортные средства загружают вручную (при диаметре труб 1000...1200 мм) или малогабаритными породопогрузочными машинами. Плотные грунты перед погрузкой разрезают на брикеты с помощью режущих решеток, помещенных сразу же за ножевым кольцом, разрабатывают вручную или малогабаритными автоматическими гидрокскаваторами. Несвязные водонасыщенные грунты поступают на транспортирующие устройства самостоятельно (без применения ручного труда и машин) через люки стальных диафрагм, отделяющие ножевую секцию от остальных секций трубопровода. Количество поступающего грунта регулируется специальными затворами.

Производительность установок для проходок способом продавливания зависит от физико-механических свойств грунта, диаметра и протяженности трубопровода, мощности домкратов, скорости хода их штоков, а также от способа разработки и удаления грунта и составляет в среднем 0,5...1,5 м/ч.

Рассмотрим в качестве примера устройство и рабочий процесс установки для прокладки стальных трубопроводов (футляров) диаметром 1220 и 1420 мм на длину до 60 м способом продавливания с механизированной разработкой грунта.

Установка (рис. 4.51) состоит из четырех основных частей: насосно-домкратного агрегата для продавливания трубопровода, рабочего органа для разработки и удаления грунта, устройства для передачи нажимных усилий домкратов и ножевой секции *1* со сменными ножами. Гидравлические домкраты *13* и насосная станция *11* смонтированы на основной раме *14*. Нажимные усилия домкратов передаются на торец прокладываемого звена трубопровода *5* через нажимную траверсу *9*, шарнирно связанную со штоками домкратов. При втягивании (обратном ходе) штоков траверса возвращается вместе с ними в исходное положение. Для передачи нажимных усилий трубе после ее продавливания на длину хода штока домкратов служит вторая траверса *7*, передвигающаяся по направляющей раме *15*, и нажимные патрубки *5*, длина которых (1500 и 3000 мм) кратна ходу штоков домкратов. Реактивные усилия домкратов воспринимает опорный башмак *12*.

Продавливание производят в такой последовательности. Сначала головное звено вдавливают в грунт на длину хода штоков домкратов, а затем возвращают штоки с траверсой *9* в исходное положение. В промежутке между траверсами *7* и *9* укладывают на направляющую раму *15* нажимные патрубки *8* (длина патрубка равна ходу штоков домкратов) и повторяют цикл вдавливания.



Р и с. 4.51. Установка для прокладки трубопроводов продавливанием с механизированной разработкой грунта

После второго цикла ранее установленные патрубки заменяют другими, длина которых соответствует уже двойному ходу штоков домкратов и т. д. Процесс смены нажимных патрубков повторяется до тех пор, пока все звено не будет вдавлено в грунт. Нажимные патрубки удаляют, и в освободившееся пространство перед домкратами устанавливают на направляющие очередное звено трубопровода и сваривают его с предыдущим. Сменный рабочий орган включает ковш 2 со сплошной режущей кромкой, работающий по принципу обратной лопаты экскаватора, механизм привода ковш и скребок-клапан 16 для удаления грунта из трубопровода. Перемещение и действие рабочего органа обеспечиваются двухбарабанной лебедкой 10 с электроприводом с помощью рабочего 6 и тягового 4 канатов. При натяжении каната 6 связанный с ним системой рычагов 3 и цепной передачей 17 ковш движется сверху вниз и разрабатывает грунт, который сыпается в нижнюю часть прокладываемой трубы. Удаление грунта осуществляется скребком-клапаном 16, поворачивающимся относительно оси крепления и связанным с механизмом привода ковш. Скребком-клапан может отклоняться вверх и в сторону устья скважины при эвакуации грунта. Установка комплектуется двумя сменными рабочими органами для прокладки трубопроводов 1220 и 1420 мм

и позволяет обеспечить при работе в песчаных, суглинистых и глинистых грунтах скорость прокладки до 8,4 м/смен.

**Щитовую проходку** применяют при строительстве на глубине 8...10 м и более магистральных канализационных и водосточных коллекторов, а также туннелей, в которых прокладывают одновременно трубопроводы и кабели различного назначения. Щитовая проходка возможна практически в любых грунтах и осуществляется с помощью специального проходческого щита круглой, прямоугольной, эллиптической или подковообразной (в поперечном сечении) формы, под защитой которого производится разработка грунта, погрузка его в транспортные средства и устройство стенок (обделки) подземного сооружения. Наибольшее распространение получили цилиндрические щиты, внутренний диаметр которых принимается в соответствии с требуемым наружным диаметром сооружаемого коллектора или туннеля. Щит вдавливают в грунт по оси проходки гидравлическими домкратами, расположенными по его периметру. Опорой для гидродомкратов служит обделка сооружения. Разработка грунта, поступающего внутрь щита, производится в головной его части, а сооружение обделки — в хвостовой.

Туннельную обделку сооружают сборной из железобетонных блоков или тубингов и монолитно-прессованной бетонной или железобетонной. Перед началом щитовой проходки сооружают вертикальный шахтный ствол, обычно круглого сечения, диаметром 5...8 м, глубина которого соответствует глубине заложения коллектора (туннеля). Ствол шахты используют для устройства монтажной камеры щита, эвакуации грунта на поверхность средствами вертикального транспорта, передвижения людей и транспортирования материалов в процессе проходки подземного сооружения. На строительстве коллекторов и туннелей применяют несколько типов проходческих щитов с наружным диаметром 2...5,2 м.

Различают немеханизированные щиты, рабочий процесс которых связан с применением ручного труда при разработке грунта, погрузке его в средства внутритуннельного транспорта, устройстве обделки сооружения, и механизированные щиты, у которых операции разработки грунта, эвакуации его на поверхность и устройства туннельной обделки механизированы.

Механизированные щиты снабжены активными рабочими органами периодического и непрерывного действия для разработки грунта и оборудованием для укладки блоков обделки сооружения и транспортирования разработанного грунта через щит на погрузочные средства. Такие щиты применяют на строительстве коллекторов и туннелей диаметром 2...5,2 м. Рабочие органы щитов могут быть роторными (фрезерными), штанговыми,



экскаваторными, гидромеханическими и т. п. Наибольшее распространение получили щиты с роторными и экскаваторными рабочими органами.

На рис. 4.52, а показан цилиндрический механизированный щит диаметром 2,56 м с роторным рабочим органом, состоящим из роторной части и неповоротного цилиндра. Роторная часть включает передний конус 7 со сменными резцами 8 для рыления грунта и жестко связанный с ним спиральными лопатками 10 зубчатый венец 5 с внутренним зацеплением, которому передается вращение с частотой  $0,16 \dots 0,2 \text{ с}^{-1}$  от электродвигателя 3 через систему передач. Неповоротный цилиндр 11 вместе с роторной частью может перемещаться по направляющим 12 вдоль оси щита, получая возвратно-поступательное движение от 16 размещенных по периметру корпуса 2 щита

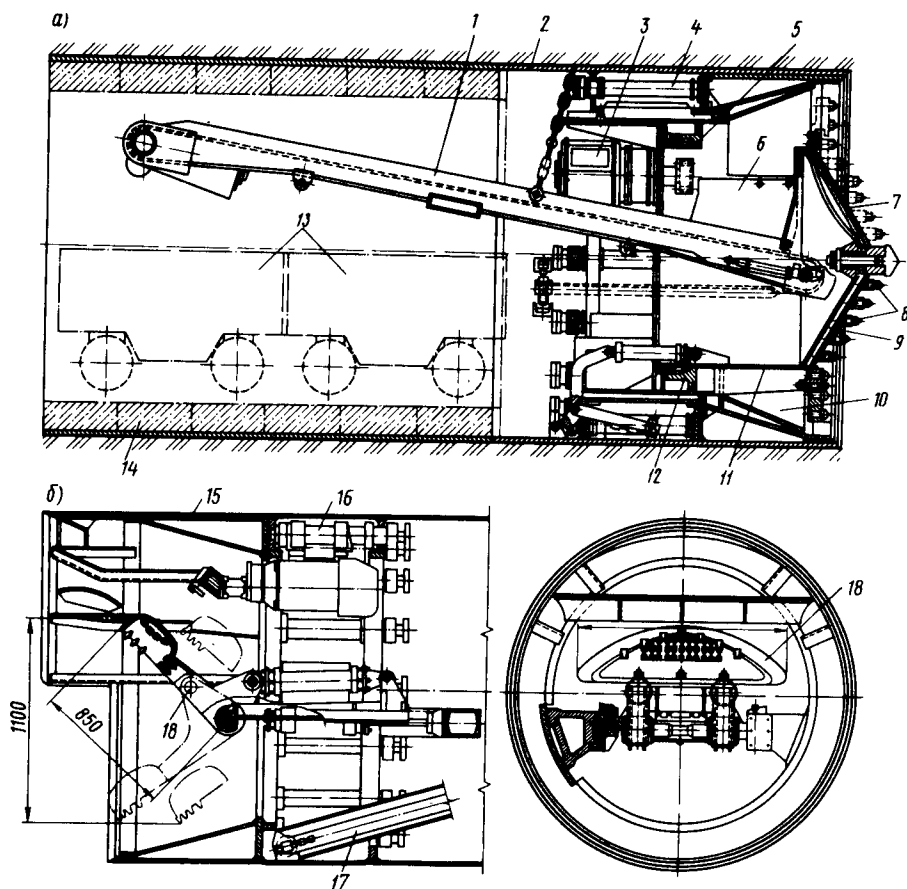


Рис. 4.52. Механизированные проходческие щиты

та гидравлических домкратов 4 с ходом штоков 1000 мм. Под действием домкратов, развивающих суммарное усилие до 5200 кН, рабочий орган может выдвигаться вперед на расстояние до 1 м независимо от движения щита.

При вращении роторной части разрушенный резцами грунт непрерывно подхватывается спиральными лопатками 10 и перемещается ими по поверхности неповоротного цилиндра 9 к приемному окну 6, через которое грунт поступает в направляющую воронку ленточного конвейера-перегрузателя 1, загружающего тележки 13 со съемными кузовами. После разработки забоя на длину одного кольца обделки 14 рабочий орган отводится назад, щит продвигается гидродомкратами вперед и в хвостовой части с помощью блокоукладчика укладывается очередное кольцо обделки из железобетонных трапециевидных блоков. В свободное пространство между обделкой и грунтом раствором насосом нагнетается цементный раствор, заполняющий пазухи.

Эвакуация грунта на поверхность и подача материалов (элементов сборной обделки, цемента и т. д.) к щиту производятся средствами горизонтального внутритуннельного (двухосные тележки со съемными кузовами, вагонетки, тележки-блоковозки, электрокары) и вертикального (клетевые подъемники, стреловые краны и т. д.) транспорта.

Роторный рабочий орган может быть выполнен в виде винтовой двух- или трехзаходной планшайбы, оснащенной сменными резцами. Планшайба приводится во вращение гидромотором через систему передач или попеременно действующими через храповое устройство двумя или тремя парами гидравлических домкратов, получающих питание от насосной станции. Разработанный грунт грузится в вагонетки винтовым или ленточным конвейером.

На рис. 4.52, б показан механизированный щит диаметром 2,05 м с экскаваторным рабочим органом, работающим по принципу обратной лопаты. Рабочий орган 18 смонтирован в опорной и ножевой частях корпуса 15 щита, имеет гидравлический привод и автономную систему управления. Грунт из ковша рабочего органа выгружается на ленточный конвейер 17, загружающий тележки внутритуннельного транспорта. Щит передвигается шестнадцатью гидравлическими домкратами 16 грузоподъемностью 125 т каждый. В хвостовой части щита расположен блокоукладчик для сооружения туннельной обделки.

В проходческом щите диаметром 2,56 м поворотная лопата для разработки забоя установлена на телескопической стреле, поворачивающейся в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Скорость проходки туннеля механизированными щитами составляет  $3 \dots 7 \text{ м/смен}$ .



#### 4.7. БУРИЛЬНО-КРАНОВЫЕ МАШИНЫ

Самоходные бурильно-крановые машины широко применяют в городском строительстве при устройстве свайных оснований зданий и сооружений, опор мостов, трубопроводов, линий электроснабжения и связи, колодцев, ограждений, а также при обустройстве дорог, посадке деревьев и кустарников. Они представляют собой совместно действующее бурильное и специальное крановое оборудование, смонтированное на шасси серийных автомобилей и тракторов, привод которого осуществляется от двигателя базовой машины или самостоятельной силовой установки. Бурильным оборудованием проходят способом механического вращательного бурения вертикальные и наклонные скважины в талых и сезонно промерзающих грунтах, а специальным крановым — устанавливают в пробуренные скважины сваи, столбы, железобетонные опоры, блоки колодезных облицовок и другие элементы.

Бурильно-крановые машины классифицируют по следующим основным признакам:

по типу базовой машины — на автомобильные и тракторные;

по принципу действия бурильного оборудования — циклического и непрерывного действия;

по типу привода бурильного и кранового оборудования — с механическим, гидравлическим и смешанным (гидромеханическим) приводом;

по виду исполнения бурильно-кранового оборудования — совмещенное (бурильное и крановое оборудование смонтированы на одной мачте) и раздельное (бурильное оборудование смонтировано на мачте, крановое — на стреле);

по возможности поворота рабочего оборудования в плане — неповоротные и поворотные;

по расположению рабочего оборудования на базовом шасси — с задним и боковым расположением у неповоротных машин, на поворотной платформе — у поворотных.

Главный параметр бурильно-крановых машин — максимальная глубина разбуриваемой скважины (в м). К основным параметрам относятся: диаметр бурения (скважины), угол бурения (угол наклона оси скважины к горизонту), грузоподъемность кранового оборудования.

В качестве сменного бурильного инструмента бурильно-крановых машин используются лопастные, кольцевые и шнековые буры, закрепляемые на конце бурильной штанги, которой сообщается крутящий момент и усилие подачи.

Лопастной бур (рис. 4.53, а) состоит из корпуса 1 с двумя копающими лопастями в виде двухзаходного винта, забурника 6 и

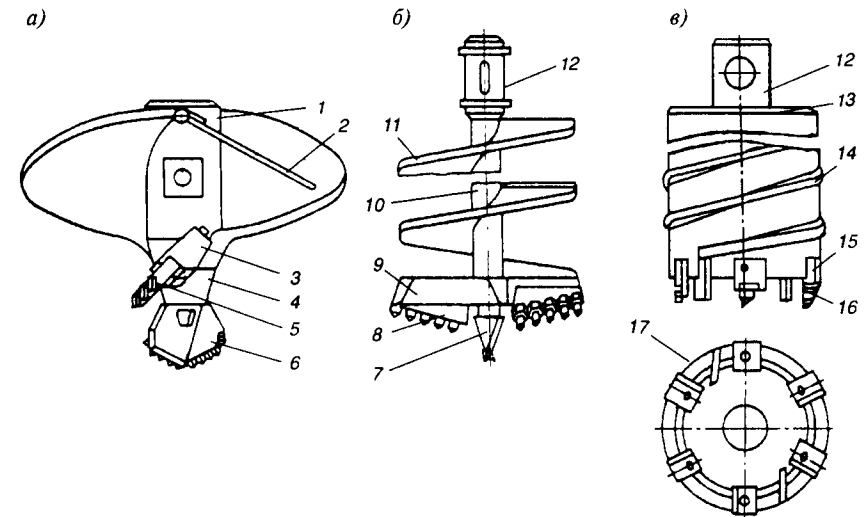


Рис. 4.53. Буры бурильно-крановых машин:  
а — лопастной; б — шнековый; в — кольцевой

заслонки 2. Лопасти оснащены сменными резцами 5, разрыхляющими грунт и установленными в резцедержателях 3. Забурник, расположенный на конце бурильной головки, создает бур направление и удерживает его по оси бурения. Заслонки препятствуют просыпке грунта при выемке грунта из скважины. Бур крепится к нижнему концу бурильной штанги с помощью пальца. Шнековый (винтовой) бур (рис. 4.53, б) представляет собой трубчатый остов 10 с винтовыми транспортирующими грунт спиралями в виде сплошной ленты 11. Шнек имеет хвостовик 12 для крепления на конце бурильной штанги. К шнеку крепится сменная бурильная головка 9 с резцами 8 и забурником 7.

Кольцевой бур (рис. 4.53, в) разрушает грунт по периферии и формирует кольцевую щель, отделяющую керна от массива. Бур состоит из корпуса 13 в виде трубы, на нижней торцевой части которой равномерно расположены кулачки 15 с резцами 16. Поверхность корпуса бура снабжена винтовыми лопастями 14, транспортирующими разрушенный грунт (породу) из кольцевой щели на дневную поверхность. Две отклоняющие планки 17 отбрасывают разрушенный грунт к наружной стенке кольцевой щели.

При бурении скважин в мерзлых грунтах применяют резцы и забурники, армированные твердосплавными пластинками. Бурение скважин осуществляется при вращении бурильного инструмента с одновременным его движением вниз. В процессе бурения скважина необходимой глубины образуется за несколько повторяющихся цик-

лов, каждый из которых включает последовательно выполняемые операции бурения, подъема бурильного инструмента на дневную поверхность, его разгрузку и возврат в забой.

Для бурения скважин различных диаметров каждая бурильно-крановая машина комплектуется набором сменного бурильного инструмента.

**Бурильно-крановая машина** (рис. 4.54) на базе автомобиля предназначена для бурения в талых и сезонного промерзания грунтах I...IV категорий скважин диаметром 0,36...0,8 м на глубину до 3 м.

Машина состоит из базового автомобиля 1, специальной рамы, закрепленной на раме автомобиля, бурильно-кранового оборудования, гидравлического механизма установки бурильной мачты, выносных опор с гидродомкратами 8, механической трансмиссии, гидросистемы и электрооборудования. Бурильно-крановое оборудование шарнирно закреплено на кронштейнах специальной рамы и может поворачиваться в продольно-вертикальной плоскости машины гидроцилиндром 2 при установке оборудования в транспортное и рабочее положение. В транспортном положении бурильное оборудование укладывается на опорную стойку. Бурильно-крановое оборудование включает бурильную мачту 3 с оголовком, штангу с бурильным инструментом в виде лопастного бура 6 с забурником 7 и резцами, гидравлический механизм подачи бурильного инструмента на забой и извлечения его из скважины, вращатель штанги и однобарабанную червячную реверсивную лебедку для установки опор в пробуренную скважину. Подача и извлечение штанги с бурильным

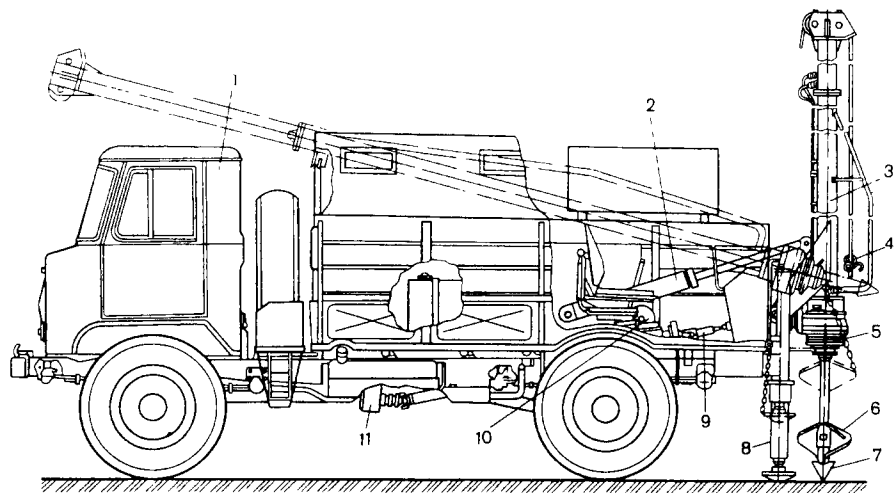


Рис. 4.54. Неповоротная бурильно-крановая машина

инструментом осуществляется гидроцилиндром двойного действия, смонтированным внутри бурильной мачты. Штанга перемещается по поршню со штоком, закрепленным в верхней части бурильной мачты. Вращатель 5 — гипоидный конический редуктор, приводится в действие от коробки отбора мощности 11 автомобиля через раздаточную коробку 10, управляемый гидроцилиндром фрикцион и карданный вал 9. Привод барабана реверсивной червячной лебедки осуществляется от раздаточной коробки. На барабан лебедки запосован канат грузовой полиспаста с крюковой обоймой 4. Раздаточная коробка обеспечивает три частоты вращения бура (1,75; 2,43 и 3,03 с<sup>-1</sup>) в зависимости от прочности разрабатываемого грунта, а также реверс бурильного инструмента и барабана лебедки. При работе машина опирается на две выносные с гидродомкратами опоры, разгружающие задний мост базового автомобиля. Гидроцилиндры механизмов установки мачты и подачи бурильного инструмента, управления фрикционной муфтой и выносных опор обслуживаются шестеренным насосом, приводимым в действие от раздаточной коробки. Управление бурильно-крановым оборудованием осуществляется с пульта, расположенного в кузове у рабочего места оператора.

Производительность неповоротных бурильно-крановых машин 3,6...4,5 опор/ч, максимальная глубина бурения 2,0...3,0 м, угол бурения 62...105°, диаметр бурения 0,36...0,6 м, грузоподъемность кранового оборудования 1,25 т, максимальная длина устанавливаемых столбов, свай, опор и других элементов — 10...12 м.

**Бурильно-крановая машина** с поворотным в плане рабочим оборудованием смонтирована на шасси автомобиля и предназначена для бурения скважин диаметром 0,63 м на глубину до 15 м в талых и мерзлых грунтах. На раме базовой машины 3 (рис. 4.55) смонтированы насосная станция 4, выносные гидроуправляемые опоры 13 и опорная стойка 2 мачты. На поворотной платформе 8 с роликовым

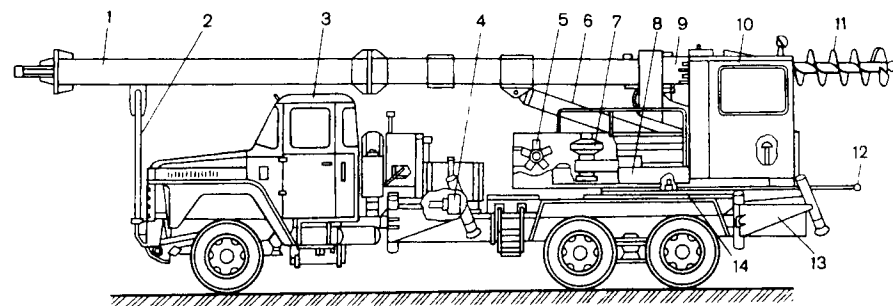


Рис. 4.55. Поворотная бурильно-крановая машина

опорно-поворотным устройством 14 размещены бурильно-крановое оборудование, лебедка 5 спуско-подъемного механизма, гидравлический механизм 6 подъема-опускания мачты, механизм 7 поворота платформы, указатель 12 центра скважины и кабина 10 машиниста. Поворотное в плане рабочее оборудование обеспечивает быструю наводку оборудования на точку бурения и возможность бурения нескольких скважин с одной позиции машины, что существенно повышает ее производительность. Буровое оборудование машины включает шарнирно закрепленную на поворотной платформе мачту 1, на которой смонтированы вращатель 9, штанга со сменным буровым инструментом — шнековым буром 11 и гидравлический механизм подачи бурового инструмента на забой и извлечения его из скважины. Подъем мачты в вертикальное (рабочее) и опускание ее в горизонтальное (транспортное) положения относительно оси поворота производятся двумя гидроцилиндрами 7.

Телескопическая штанга 9 (рис. 4.56), на нижнем конце которой крепится сменный шнековый бур 10, пропущена через вращатель и шарнирно соединена с вертлюгом 5. Она служит для направленного

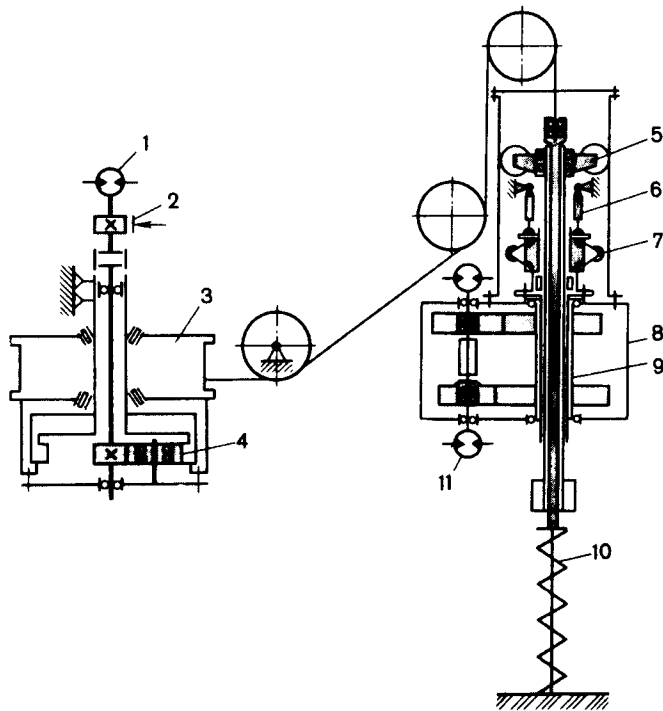


Рис. 4.56. Кинематическая схема бурильно-кранового оборудования

перемещения штанги. Вертлюг подвешен на канате, сходящем с барабана 3 лебедки. Вращатель обеспечивает вращение штанги от двух гидромоторов 11 через двухскоростной одноступенчатый редуктор 8.

Принудительная подача бурового инструмента в забой производится гидравлическим механизмом зажима и подачи штанги, основным узлом которого является патрон 7, подвешенный к штокам двух гидроцилиндров 6. В процессе бурения патрон зажимает штангу, а гидроцилиндры подают ее в забой. Скорости подачи и вращения бура меняются с помощью гидравлического привода бесступенчато в зависимости от физико-механических свойств разрабатываемого грунта.

Подъем и опускание штанги с буровым инструментом при бурении скважин и выемке грунта обеспечиваются однобарабанной лебедкой, привод барабана 3 которой осуществляется от высокомоментного гидромотора 1 через одноступенчатый планетарный редуктор 4. Лебедка оснащена ленточным тормозом 2.

Поворот платформы с бурильно-крановым оборудованием в плане обеспечивается механизмом поворота, включающим высокомоментный гидромотор, ленточный тормоз и одноступенчатый зубчатый редуктор, на выходном валу которого закреплена поворотная шестерня, входящая в зацепление с зубчатым венцом опорно-поворотного круга.

При бурении скважин машина опирается на выносные опоры, каждая из которых снабжена опорным гидродомкратом и гидроцилиндром поворота опоры.

Гидромоторы лебедки, вращателя и механизма поворота, гидроцилиндры подъема-опускания мачты, механизма подачи бурового инструмента, выносных опор и переключения передач вращателя обслуживаются тремя гидронасосами насосной станции, привод которых осуществляется от раздаточной коробки базовой машины через карданный вал и одноступенчатый редуктор. Включение привода насосной станции осуществляется из кабины автомобиля, а управление процессом бурения и установки машины — из кабины машиниста.

#### 4.8. МАШИНЫ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ, ДОРОЖНЫХ ОСНОВАНИЙ И ПОКРЫТИЙ

Для искусственного уплотнения грунтов, гравийно-щебеночных оснований и асфальтобетонных смесей при сооружении земляного полотна оснований и покрытий городских дорог, площадей и улиц применяют широкую номенклатуру машин, осуществляющих уплотнение укаткой, трамбовкой и вибрацией. При уплотнении части-

цы грунта или материала смещаются и укладываются более компактно за счет вытеснения жидкой и газообразной фаз, что приводит к уменьшению объема грунта (материала) и формированию более плотной и прочной его структуры. При у к а т к е уплотнение происходит под статическим действием массы катка, перекачивающегося по уплотняемой поверхности. При т р а м б о в а н и и уплотнение грунта достигается динамическим воздействием падающего на уплотняемый материал груза. При в и б р а ц и о н н о м у п л о т н е н и и вибрирующая масса сообщает колебательные движения частицам материала, в результате чего он получает большую подвижность и уплотняется.

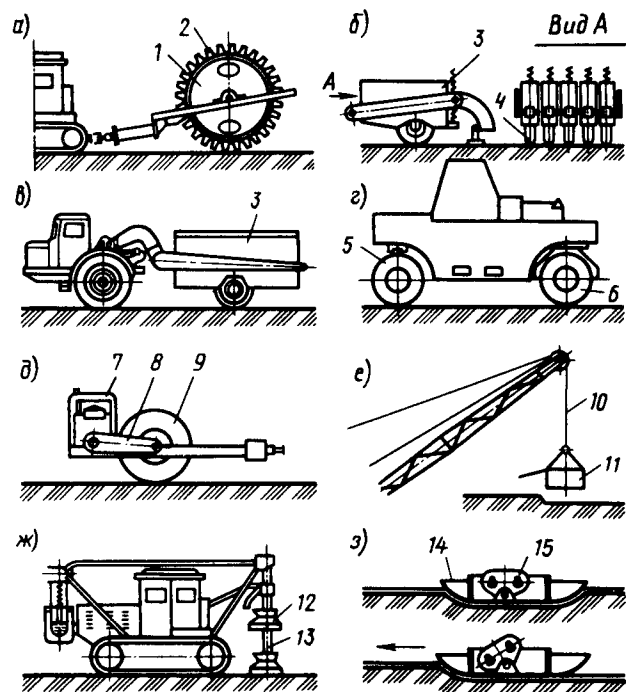
Укатка производится прицепными, полуприцепными и самоходными катками с металлическими (гладкими, решетчатыми и кулачковыми) вальцами и колесами с пневматическими шинами. Прицепные кулачковые катки (рис. 4.57, а) предназначены для послойного уплотнения связных и комковатых грунтов и имеют рабочие органы в виде кулачков 2 специальной формы, прикрепленных к съемным бандажам, надетым на полый барабан 1, заполняемый балластом (обычно песком). Налипающий на кулачки грунт счищается скреб-

ками. Катки выпускаются массой 6...30 т и различаются между собой размерами барабанов, числом, формой и величиной кулачков.

Пневмоколесные катки осуществляют уплотнение смонтированными в один ряд на одной или двух осях пневмоколесами 4, пригруженными балластом 3, и могут быть прицепными (рис. 4.57, б), полуприцепными (рис. 4.57, в) и самоходными (рис. 4.57, г). Прицепные и полуприцепные катки применяются для послойного уплотнения связных и несвязных грунтов, самоходные — в основном для уплотнения дорожных оснований и покрытий. Прицепные катки имеют общую массу (с балластом) 12,5...42,5 т, уплотняют полосу шириной 2,2...3,3 м при толщине уплотняемого слоя 0,25...0,5 м. Полуприцепные (к одноосным тягачам и пневмоколесным тракторам) катки производительнее и маневреннее прицепных и выпускаются массой 15...45 т. Каждое пневмоколесо прицепных и полуприцепных катков нагружается индивидуальным балластом, имеющим свободное перемещение вместе с колесом в вертикальной плоскости. Это обеспечивает постоянную передачу давления на грунт каждым колесом независимо от неровностей уплотняемой поверхности. Полуприцепные катки движутся со скоростью до 11 км/ч и уплотняют полосу шириной до 2,6 м. Самоходные пневмоколесные катки имеют массу 16...30 т и уплотняют полосу шириной 1,6...2,2 м. Рабочим органом самоходного катка являются передние управляемые 5 и задние ведущие 6 пневмоколеса, взаимная расстановка которых позволяет получать сплошную полосу уплотняемого материала. При работе каток движется челночным способом со скоростью 3...4 км/ч.

Прицепные и самоходные вибрационные катки в 8...10 раз эффективнее катков статического действия и применяются для уплотнения несвязных и малосвязных грунтов и материалов. Под действием вибрации значительно снижаются силы трения и сцепления между частицами уплотняемого материала, который становится более подвижным. Прицепные катки выпускают со взаимозаменяемыми гладкими, кулачковыми решетчатыми вальцами. Внутри пустотелого вальца 9 прицепного катка (рис. 4.57, д) имеется мощный вибратор направленных колебаний, приводимый в действие от установленного на раме катка двигателя внутреннего сгорания 7 через клиноременную передачу 8. Общая масса прицепных виброкатков 3,6...12 т.

Самоходные виброкатки выпускают одно-, двух- и трехвальцовыми. Встроенные вибраторы имеют ведущие вальцы. Привод вибраторов — механический и гидравлический. Масса самоходных виброкатков до 18 т, вынуждающая сила 20...50 кН. Они уплотняют полосу шириной до 1,5 м при скорости рабочего хода 6...10 км/ч. Малогабаритные двухвальцовые виброкатки массой 0,8...1,4 т применяются для уплотнения грунтов и покрытий в стесненных условиях при малых объемах работ. Они выпускаются с ручным и рулевым



Р и с. 4.57. Схемы машин для уплотнения грунтов и дорожных покрытий

управлением, оборудуются механическими возбудителями колебаний и уплотняют полосу шириной до 0,8 м.

Самоходные комбинированные катки оборудуются ведущим валцом из пневмомашин и гладким металлическим вибровальцом. Оба вальца имеют шарнирно сочлененную раму. Высокая эффективность уплотнения грунтов и дорожно-строительных материалов достигается за счет последовательного воздействия вибрации и статической нагрузки. Привод ведущих пневмоколес и вибровозбудителя — гидравлический. Вынуждающая сила вибровозбудителя регулируется в широком диапазоне в зависимости от условий укатки и достигает 150...200 кН. Производительность комбинированных катков при уплотнении несвязных грунтов до 1000 м<sup>3</sup>/ч.

Трамбующие машины послойно уплотняют насыпные тяжелые связные и несвязные грунты слоями 1...1,5 м, а также грунты в естественном залегании свободно падающими массивными трамбуемыми органами в виде железобетонных и чугунных плит круглой или квадратной в плане формы с площадью опорной поверхности около 1 м<sup>2</sup>. Необходимая плотность насыпного грунта достигается за 3...6 ударов плиты по одному месту. Трамбование осуществляется циклично или непрерывно. Циклическое уплотнение грунта обеспечивается плитами 11 массой 1...1,5 т, подвешенными на стропах к подъемному канату 10 (рис. 4.57, е) экскаватора-драглайна или стрелового самоходного крана. Плиты поднимают грузовой лебедкой на высоту 1...2 м и сбрасывают на уплотняемый грунт. Частота ударов не превышает 0,05...0,1 с<sup>-1</sup>, энергия единичного удара — 10...15 кДж. Трамбующие машины циклического действия применяют в основном для работы в стесненных условиях на объектах с небольшими объемами работ.

Для уплотнения грунтов на объектах с широким фронтом работ используют самоходные трамбуемые машины непрерывного действия на базе гусеничных тракторов класса 10 с ходоуменьшителями. Рабочим органом таких машин (рис. 4.57, ж) являются две чугунные плиты 12 массой 1,3...1,4 т, перемещающиеся по направляющим штангам 13. При движении трактора на пониженных скоростях (80...200 м/ч) плиты автоматически поочередно падают после подъема на высоту 1,1...1,3 м на поверхность грунта и уплотняют полосу шириной, равной захвату обеих плит. Частота ударов плит составляет 0,4...0,5 с<sup>-1</sup>, энергия единичного удара 14...16 кДж. Производительность самоходных машин достигает 500 м<sup>2</sup>/ч. Динамические нагрузки, возникающие при работе трамбуемых машин со свободно падающим грузом, вредно влияют на базовую машину, а также расположенные поблизости сооружения и подземные коммуникации.

При выполнении небольших объемов работ по уплотнению несвязных грунтов, щебня и гравия в стесненных условиях применя-

ют самопередвигающиеся вибрационные трамбуемые плиты (рис. 4.57, з) с рабочим органом в виде поддона (плиты) 14, на котором установлены один или два двухбалансных вибратора 15 направленного действия. Привод вибраторов осуществляется от электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания. При работе вибраторов происходит уплотнение грунта и одновременное самостоятельное перемещение виброплиты в заданном направлении под воздействием горизонтальной составляющей вынуждающей силы. Масса виброплит составляет 250...1400 кг, вынуждающая сила — 12,5...63 кН.

Эксплуатационная производительность уплотняющих машин (м<sup>3</sup>/ч) непрерывного действия

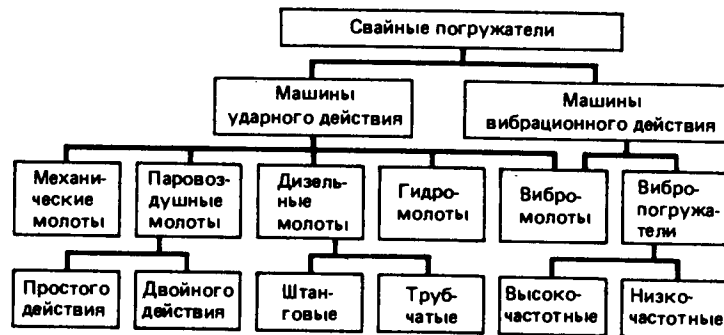
$$P_3 = \frac{(B-b)v \cdot 1000h}{m} k_b, \quad (4.34)$$

где  $B$  — ширина полосы уплотнения, м;  $b$  — ширина перекрытия смежных полос уплотнения, м ( $b = 0,1$  м);  $v$  — средняя рабочая скорость движения машины, км/ч;  $h$  — толщина слоя уплотнения, м;  $m$  — необходимое число проходов по одному месту;  $k_b$  — коэффициент использования машины по времени ( $k_b = 0,8...0,85$ ).

Развитие уплотняющих машин идет в направлении расширения производства пневмоколесных и комбинированных катков, трамбовочных машин ударного и вибрационного действия, повышения эффективности уплотняющих органов, применения многорежимных вибрационных уплотняющих органов с регулируемыми параметрами, применения гидравлических приводных систем и трансмиссий уплотняющего оборудования, максимальной унификации машин, автоматизации управления машинами, снижения уровня вибрации и шума.

При устройстве свайных фундаментов зданий и сооружений различного назначения применяют два вида свай — забивные (готовые) железобетонные и металлические заводской готовности и буронабивные железобетонные сваи, устройство которых осуществляется в вертикальных и крутонаклонных скважинах непосредственно на месте производства работ. При возведении водозащитных ограждений котлованов, колодцев и траншей используют металлический и железобетонный шпунт. Для погружения готовых свай и шпунта применяют сваепогружающие агрегаты, копры и копровое оборудование со свайными погружателями ударного, вибрационного, виброударного, вдавливающего и вибровдавляющего действия и для завинчивания свай. Некоторые виды оборудования используют также для извлечения из грунта ранее погруженных элементов (сваевыдергиватели).

Технологический цикл погружения готовых свай включает операции захвата и установки свай в проектное положение, погружения свай сваепогружателем в грунт до проектной отметки, перемещения сваебойной установки к месту погружения очередной сваи. Сваепогружатели разнообразны по конструкции, виду потребляемой энергии и принципу работы. Классификация свайных погружателей приведена на рис. 5.1. В город-



Р и с. 5.1. Классификация свайных погружателей

ском строительстве наибольшее распространение получили сваепогружатели ударного действия, к которым относятся свайные молоты.

### 5.1. СВАЙНЫЕ МОЛОТЫ

Свайные молоты состоят из массивной ударной части, движущейся возвратно-поступательно относительно направляющей конструкции в виде цилиндра (трубы), поршня со штоком, штанг и т. п. Ударная часть молота наносит чередующиеся удары по головке сваи и погружает сваю в грунт. Направляющая часть молота снабжена устройством для закрепления и центрирования молота на свае.

Рабочий цикл молота включает два хода — холостой (подъем ударной части в крайнее верхнее положение) и рабочий (ускоренное движение ударной части вниз и удар по свае). По роду привода свайные молоты разделяются на механические (применяются редко), паровоздушные, дизельные и гидравлические. Основными параметрами свайных молотов являются масса ударной части, наибольшая энергия одного удара, наибольшая высота подъема ударной части, частота ударов в минуту.

**Паровоздушные молоты** приводятся в действие энергией пара или сжатого до 0,5...0,7 МПа воздуха. Различают молоты простого одностороннего действия, у которых энергия привода используется только для подъема ударной части, совершающей затем рабочий ход под действием собственного веса, и молоты двустороннего действия, энергия привода которых сообщает ударной части также дополнительное ускорение при рабочем ходе, в результате чего увеличивается энергия удара и сокращается продолжительность рабочего цикла.

Ударной частью паровоздушных молотов простого действия служит чугунный корпус массой 1250—6000 кг, направляющей — поршень со штоком, опирающимся на головку сваи. Такие молоты несложны по конструкции, просты и надежны в эксплуатации, но вследствие малой производительности (не более 30 ударов в минуту) применяются сравнительно редко. Наиболее распространены автоматически работающие паровоздушные молоты двустороннего действия с частотой ударов по свае до 100—300 в минуту и массой ударной части до 2250 кг. К недостаткам молотов двустороннего действия относятся значительная масса неподвижных частей («мертвая» масса), составляющая 60—70 % (у молотов простого действия до 30 %) общей массы молота, возможность погружения только легких шпунтов, деревянных и железобетонных свай, большой расход пара или сжатого воздуха.

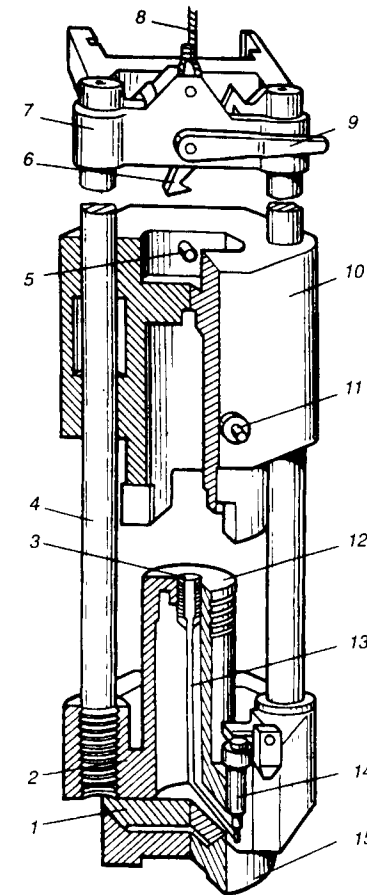
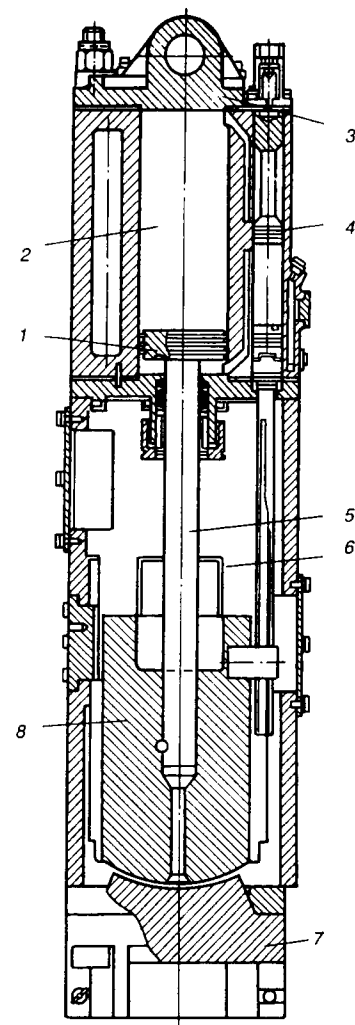
Основными узлами паровоздушного молота двустороннего действия (рис. 5.2) являются неподвижный закрытый корпус, подвижный поршень со штоком 5 и массивным бойком 8 (ударная часть) и автоматическое парораспределительное устройство 4. Корпус молота составлен из двух цилиндров: парового 2, в котором помещен поршень 1, и направляющего 6 для бойка 8. Сверху корпус закрыт крышкой с проушиной для подъема и удерживания молота, а снизу — ударной плитой (наковальной) 7, укрепляемой на головке сваи. Наковальня воспринимает удары ударной части и может перемещаться в незначительных пределах по вертикали. Возвратно-поступательное движение ударной части молота обеспечивается за счет попеременной подачи пара или сжатого воздуха в надпоршневую или подпоршневую полости парового цилиндра золотниковым распределительным устройством. Золотник 3 этого устройства поворачивается вокруг оси под действием поступающего пара (сжатого воздуха) автоматически. Изменяя давление подаваемого пара (сжатого воздуха), можно регулировать энергию удара молота.

Паровоздушные молоты устанавливаются на копре или подвешиваются к крюку стрелового самоходного крана. Их можно использовать для забивки как вертикальных, так и наклонных свай, а также для выполнения свайных работ под водой. Основным недостатком паровоздушных молотов является их зависимость от компрессорных установок или паробразователей.

Для погружения свай на объектах городского строительства широко применяют энергетически автономные мобильные **дизель-молоты**, которые представляют собой прямодействующие двигатели внутреннего сгорания, работающие по принципу двухтактного дизеля. Они получили преимущественное распространение в строительстве благодаря энергетической автономности, мобильности, простой и надежной конструкции и высокой производительности.

По типу направляющих для ударной части дизель-молоты делятся на трубчатые и штанговые. У трубчатого дизель-молота направляющей ударной части в виде массивного подвижного поршня служит неподвижная труба, у штангового — направляющими ударной части в виде массивного подвижного цилиндра служат две штанги. Распыление дизельного топлива в камере сгорания у штанговых молотов — форсуночное, а у трубчатых — ударное. Дизель-молоты подвешиваются к копровой стреле с помощью захватов и подъемно-сбрасывающего устройства («кошки»), предназначенного для подъема и пуска молота и прикрепленного к канату лебедки копровой установки.

Различают легкие (масса ударной части до 600 кг), средние (до 1800 кг) и тяжелые (свыше 2500 кг) дизель-молоты.



Р и с. 5.2. Паровоздушный молот двойного действия

Р и с. 5.3. Штанговый дизель-молот

Штанговый дизель-молот (рис. 5.3) состоит из следующих основных узлов: поршневого блока с шарнирной опорой, ударной части — подвижного рабочего цилиндра, двух направляющих штанг с траверсой, механизма подачи топлива и захвата — «кошки». Поршневой блок включает поршень 12 с компрессионными кольцами, отлитый заодно с основанием 2. В центре дна поршня установлена распылительная форсунка 3, соединенная топливопроводом 13 с плунжерным топливным насосом 14 высокого давления (до 50 МПа), питающимся из топливного резервуара. Основание

поршневого блока опирается на шарнирную опору, состоящую из сферической пяты 1 и наголовника 15. В основании закреплены нижние концы направляющих штанг 4, верхние концы которых соединены траверсой. По штангам перемещается массивный ударный цилиндр 10 со сферической камерой сгорания в донной части. На внешней поверхности цилиндра укреплен штырь (выступающий стержень) 11, приводящий в действие топливный насос 14 при падении ударной части вниз. Для запуска молота в работу захват — «кошку» 7, подвешенный к канату 8 лебедки копра, опускают вниз для обеспечения автоматического зацепления крюка 6 за валик 5 ударного цилиндра, после чего «кошку» и сцепленную с ней ударную часть поднимают лебедкой в верхнее крайнее положение. Далее поворотом вручную (через канат) рычага сброса 9 освобождают от «кошки» ударный цилиндр и он под действием собственной силы тяжести скользит по направляющим штангам вниз. При надвигании цилиндра на поршень 12 воздух, находящийся во внутренней полости цилиндра, сжимается (в 25—28 раз) и температура его резко повышается (до 600° С). При нажатии штыря 11 цилиндра на приводной рычаг топливного насоса 14 дизельное топливо по топливопроводу 13 подается к форсунке 3 и распыляется в камере сгорания, смешиваясь с горячим воздухом. При дальнейшем движении цилиндра вниз горячая смесь самовоспламеняется, и в то же мгновение цилиндр наносит удар по шарнирной опоре, наголовник 15 которой надет на головку сваи. Расширяющиеся продукты сгорания смеси (газы) выталкивают ударную часть вверх и выходят в атмосферу. Поднимающийся рабочий цилиндр быстро теряет скорость, под действием собственного веса начинает падать вниз, и цикл повторяется. Дизель-молот работает автоматически до выключения топливного насоса.

Штанговые дизель-молоты обладают малой энергией удара (25...35 % потенциальной энергии ударной части). Их применяют для забивки в слабые и средней плотности грунты легких железобетонных и деревянных свай, стальных труб и шпунта при сооружении защитных шпунтовых стенок траншей, котлованов и каналов. Штанговые дизель-молоты выпускаются с массой ударной части 240 и 2500 кг, развивают энергию удара соответственно 3,2 и 20 кДж при частоте ударов 50...55 в минуту и степени сжатия 16 и 25.

Трубчатые дизель-молоты предназначены для забивки в грунт преимущественно железобетонных свай массой 1,2...10 т и могут работать при температуре окружающего воздуха от +40 до -40° С. При температуре ниже -25° С молоты при запуске подогревают.

Промышленность выпускает пять моделей однотипных трубчатых дизель-молотов, различающихся между собой массой ударной части, которая составляет 1250, 1800, 2500, 3500 и 5000 кг.

Конструктивными и технологическими особенностями трубчатых дизель-молотов является применение водяной системы охлаждения, кольцевой камеры сгорания типа «Тор» и принудительной смазки.

Все трубчатые дизель-молоты выполнены по единой конструктивной схеме, максимально унифицированы и состоят из следующих основных узлов (рис. 5.4): ударной части — поршня 4 с компрессионными кольцами, сменного рабочего цилиндра 9 и на-

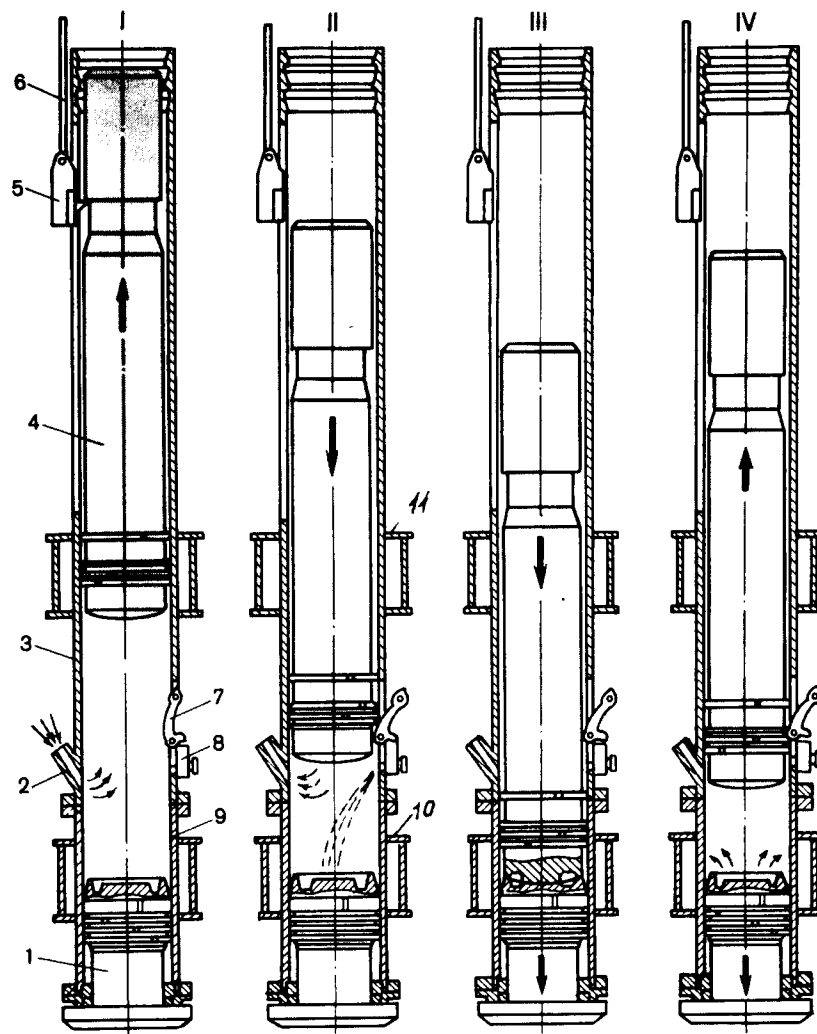


Рис. 5.4. Последовательность работы трубчатого дизель-молота



правляющей трубы 3, шабота 1, по которому наносит удар поршень, топливной и масляной систем, пускового устройства — «кошки» 5 с подъемно-сбрасывающим механизмом. В верхней части направляющей трубы имеются две проушины для крепления каната при установке молота на копер. Рабочий цилиндр герметично закрыт снизу шаботом с компрессионными кольцами, передающим энергию удара поршня на сваю. К фланцу шабота прикреплен свайный наголовник. Между фланцами рабочего цилиндра и шабота установлен кольцевой резиновый амортизатор, предотвращающий жесткое соударение корпуса цилиндра и шабота при больших осадках свай. В нерабочем состоянии рабочий цилиндр и шабот соединяют планкой. Нижний торец поршня — сферический и по форме соответствует выемке в шаботе. При полном контакте сферических поверхностей поршня и шабота (в момент удара) кольцевая полость, образованная кольцевыми выточками в их сферах, представляет собой камеру сгорания. Топливо в сферу шабота подается под давлением 0,3...0,5 МПа плунжерным насосом 8, который управляет падающей поршень, нажимающий на приводной рычаг 7. К насосу топливо поступает по гибким резиновым шлангам из топливного бака 11. Полость рабочего цилиндра 9 сообщается с атмосферой через четыре всасывающе-выхлопных патрубка 2, направленных вверх.

Смазка трущихся рабочих поверхностей цилиндра и поршня осуществляется принудительно. Отвод тепла от стенок рабочего цилиндра при повышенных температурах окружающего воздуха обеспечивается системой водяного охлаждения циркуляционно-испарительного типа, состоящей из расположенного в зоне камеры сгорания бака 10 для воды с заливной и сливной горловинами.

В направляющей трубе со стороны, обращенной к копру, имеется продольный паз, в котором перемещается подъемный рычаг кошки, входящий в зацепление с поршнем при его подъеме при запуске молота.

Работа трубчатого дизель-молота осуществляется в такой последовательности. Перед пуском молота поршень 4 поднимается «кошкой» 5, подвешенной на канате 6 лебедки копра в крайнее верхнее положение, после чего происходит автоматическое расцепление «кошки» и поршня (положение I). При свободном падении вниз по направляющей трубе 3 поршень нажимает на приводной рычаг 7 топливного насоса 8, который подает дозу топлива в сферическую выточку шабота 1 (положение II). При дальнейшем движении вниз поршень перекрывает отверстия всасывающе-выхлопных патрубков 2 и начинает сжимать воздух в рабочем цилиндре 9, значительно повышая его температуру. В конце процесса сжатия головка поршня наносит удар по шаботу, чем обеспечивается погружение свай в

грунт и распыление топлива в кольцевую камеру сгорания, где оно самовоспламеняется, перемешиваясь с горячим сжатым воздухом (положение III).

Часть энергии расширяющихся продуктов сгорания — газов (максимальное давление сгорания 7...8 МПа) передается на сваю, производя ее дополнительное (после механического удара) погружение, а часть расходуется на подброс поршня вверх на высоту до 3 м. Вследствие воздействия на сваю последовательно двух ударов — механического и газодинамического — достигается высокая эффективность трубчатых дизель-молотов. При движении поршня вверх (положение IV) расширяющиеся газы по мере открывания всасывающе-выхлопных патрубков 2 выбрасываются в атмосферу. Через те же патрубки засасывается свежий воздух при дальнейшем движении поршня вверх. Достигнув крайнего верхнего положения, поршень начинает свободно падать вниз, рабочий цикл повторяется, и в дальнейшем молот работает автоматически до полного погружения свай.

Таким образом, в течение первого такта цикла работы трубчатого дизель-молота происходит продувка цилиндра, сжатие воздуха, впрыск и разбрызгивание топлива, а в течение второго — самовоспламенение горячей смеси топлива с воздухом и расширение продуктов сгорания, выхлоп отработанных газов в атмосферу и засасывание в цилиндр свежего воздуха.

Высота подскока ударной части дизель-молотов регулируется путем изменения количества впрыскиваемого насосом топлива, что позволяет изменять величину энергии удара в зависимости от типа свай и плотности грунта.

Трубчатые молоты более эффективны, чем штанговые, так как при равной массе ударной части могут забивать более тяжелые (в 2...3 раза) свай за один и тот же отрезок времени. Штанговые дизель-молоты имеют низкие энергетические показатели и невысокую долговечность (в 2 раза меньшая, чем у трубчатых), поэтому производство их сокращается, и они будут полностью заменены более совершенными трубчатыми молотами.

Трубчатые дизель-молоты развивают энергию удара 40...160 кДж при высоте подброса ударной части 3000 мм и степени сжатия 15. Число ударов в минуту — 42.

Общим недостатком дизель-молотов является большой расход энергии на сжатие воздуха (50...60%) и поэтому сравнительно небольшая мощность, расходуемая на забивку свай. Массу ударной части дизель-молота подбирают в зависимости от массы погружаемой свай и типа применяемого молота. Так, масса ударной части штангового дизель-молота должна быть не менее 100...125%, а трубчатого — 40...70% от массы свай, погружаемой в грунт средней плотности.

**Гидравлические свайные молоты** по конструкции и принципу действия аналогичны навесным гидропневматическим молотам (см. гл. 4), но обладают значительно большей массой ударной части и энергией единичного удара. Серийно гидравлические свайные молоты в настоящее время не выпускаются. В соответствии с перспективным типоразмерным рядом свайных гидромолотов предусмотрен выпуск молотов с массой ударной части 500...7500 кг и энергией единичного удара 15...75 кДж.

Гидравлические свайные молоты просты в эксплуатации, имеют высокий КПД (0,55...0,6), экологически безопасны, а их пусковые качества не зависят от условий забивки свай. Энергию удара для эффективной забивки свай в различных грунтовых условиях можно регулировать в широком диапазоне.

На рис. 5.5 показана принципиальная схема гидравлического свайного молота легкого типа с массой ударной части 500 кг.

Работа гидромолота осуществляется следующим образом. Боек 9 и золотник гидрораспределителя 8 находятся в крайнем нижнем положении. Рабочая жидкость насосом 6 подается в гидропневмоаккумулятор 7 и через полость *a* гидрораспределителя 5 в полость *A* свайного гидромолота 4. Полость *B* гидромолота 4 соединена полостями *г* и *в* гидрораспределителя со сливом. Гидропневмоаккумулятор заряжается, и боек под действием давления в полости *A* поднимается вверх одновременно с массой ударной части 10. Золотник гидрораспределителя 8 удерживается в нижнем положении давлением в полости *б*, которая через полость *B* гидромолота соединена с напорной магистралью. Боек 9 поднимается до момента, когда полость *б* через полости *B* и *в* соединится со сливом. В этот момент нарушается баланс сил в полостях *a*

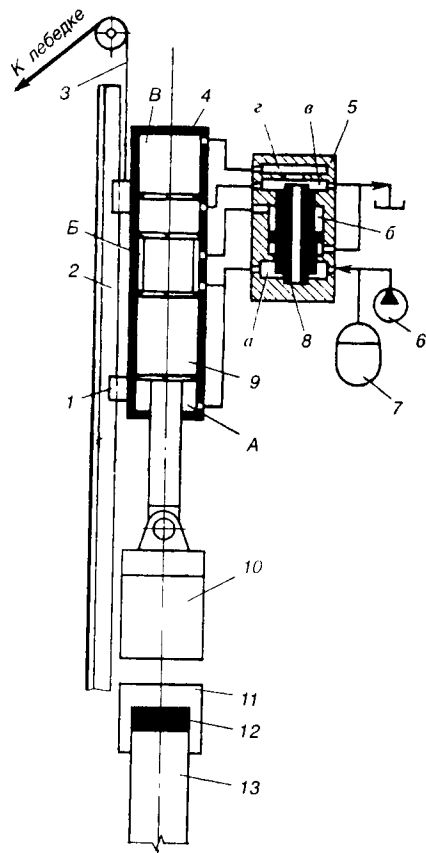


Рис. 5.5. Принципиальная схема свайного гидромолота

и *б* и золотник 8 давлением в полости *a* поднимется вверх. Полость *B* отсекается от сливной магистрали и соединяется через полость *г*, осевое отверстие в золотнике 8 и полость *a* с гидропневмоаккумулятором 7 и насосом 6. В полости *B* создается давление за счет подачи рабочей жидкости от насоса 6 и гидропневмоаккумулятора 7, так как рабочая поверхность бойка в полости *B* больше, чем в полости *A*, боек вместе с ударной массой движется вниз и наносит удар по свае 13 через наголовник 11 с демпфером 12. В нижнем положении бойка полость *б* золотника 8 через полости *B* и *a* соединяется с напорной магистралью, золотник опускается вниз, так как рабочая поверхность золотника в полости *б* больше, чем в полости *a*. Полость *B* соединяется со сливом, гидропневмоаккумулятор 7 заряжается, боек начинает движение вместе с ударной массой вверх. Затем цикл повторяется.

Свайные гидромолоты с массой ударной части 500 и 1800 кг развивают энергию единичного удара в пределах 15...25 кДж у молота легкого типа и в пределах 35...40 кДж у молота среднего типа. Частота ударов молотов 1,1...1,2 Гц, рабочее давление 16 МПа.

Энергия удара (Дж) свайных молотов механических и одностороннего действия (паровоздушных, гидравлических и дизель-молотов)

$$E = GH\eta, \quad (5.1)$$

а молотов двустороннего действия

$$E = (G + pS)H\eta, \quad (5.2)$$

где  $G$  — вес ударной части, Н;  $H$  — величина рабочего хода ударной части, м;  $p$  — давление рабочей жидкости, сжатого воздуха или пара, Па;  $S$  — рабочая площадь поршня, м<sup>2</sup>;  $\eta$  — КПД молота (для паровоздушных молотов  $\eta = 0,85...0,9$ , для штанговых дизель-молотов 0,35...0,4, для трубчатых 0,6...0,65, для гидравлических молотов 0,55...0,65).

Эффективность погружения свай в грунт зависит от соотношения масс свай  $m_c$  и ударной части молота  $m_m$ , частоты ударов молота  $n_m$  и скорости соударения  $v_c$  ударной части молота с шаботом. Практически установлена необходимость соблюдения следующих условий:  $0,5 \leq m_c/m_m \leq 2,5$  (при  $m_c/m_m > 2,5$ ) эффективность погружения свай резко снижается;  $v_c \leq 6$  м/с (при  $v_c > 6$  м/с большая часть энергии удара затрачивается на разрушение наголовника и головки свай);  $n_m \geq 30$  мин<sup>-1</sup> (при  $n_m < 30$  мин<sup>-1</sup> свая успевает полностью остановиться, и молоту приходится дополнительно преодолевать инерцию неподвижной свай).

## 5.2. ВИБРОПОГРУЖАТЕЛИ, ВИБРОМОЛОТЫ И ШПУНТОВЫДЕРГИВАТЕЛИ

**Вибропогружатели** сообщают погружаемому (или извлекаемому) в грунт элементам (свае, шпунту, трубе) направленные вдоль их оси колебания определенной частоты и амплитуды, благодаря чему резко снижается коэффициент трения между грунтом и поверхностью внедряемого (извлекаемого) элемента. Они применяются для погружения в песчаные и супесчаные водонасыщенные грунты металлического шпунта, двутавровых балок, труб, железобетонных свай и оболочек, а также извлечения их из грунта. Составными частями вибропогружателя являются электродвигатель, вибровозбудитель и наголовник.

Жесткое соединение вибропогружателя с погружаемым (извлекаемым) элементом обеспечивается сменным наголовником с механическим или гидравлическим захватом.

В качестве вибровозбудителей используются вибраторы направленного действия с четным количеством (четыре, шесть или восемь) горизонтально расположенных параллельных валов с дебалансами, синхронно вращающимися в различных направлениях.

Общая масса дебалансов на каждом валу одинакова. Дебалансные валы приводятся во вращение одним или двумя электродвигателями специального виброударостойкого исполнения через ременную, цепную или зубчатую передачи.

Главным параметром вибропогружателей является установленная мощность электродвигателей. К основным параметрам относятся вынуждающая сила, статический момент дебалансов, амплитуда и частота колебаний. Вынуждающая (центробежная) сила вибровозбудителя, возникающая при вращении дебалансов, достигает максимального значения при их вертикальном расположении и направлена вдоль оси погружаемого элемента. При горизонтальном расположении дебалансов их центробежные силы взаимно уравниваются. Величина вынуждающей силы вибропогружателя  $F$  (кН) зависит от суммарной массы  $m$  дебалансов, расстояния их от центра массы до оси вращения (эксцентриситета)  $e$  и угловой скорости дебалансных валов  $\omega$ :  $F = me\omega^2$ . Амплитуда колебаний  $a$  (мм) представляет собой отношение статического момента дебалансов  $M$  ( $M = me$ ) к массе колеблющейся конструкции  $m_k$  (т. е.  $a = M/m_k$ ). Частота колебаний  $n$  вибровозбудителя равна частоте вращения дебалансных валов.

Различают низкочастотные ( $n \leq 10$  Гц) и высокочастотные ( $n \geq 16,6$  Гц) вибропогружатели.

Низкочастотные вибропогружатели используют для погружения в однородные слабые грунты массивных железобетонных оболочек и свай длиной до 12 м.

Они характеризуются значительной амплитудой колебаний, сравнительно большими статическими моментами дебалансов, вынуждающей силой и общей массой, малой частотой колебаний.

Конструкции низкочастотных вибропогружателей довольно разнообразны. Рассмотрим в качестве примера устройство и принцип действия низкочастотных вибропогружателей типа ВП и ВРП.

У вибропогружателей ВП (рис. 5.6, а) вибровозбудитель, приводной электродвигатель 1 и наголовник 5 свая 6 жестко соединены между собой. В корпусе вибровозбудителя в сферических подшипниках вращаются несколько пар дебалансных валов с дебалансами 7. Движение дебалансным валам, вращающимся попарно в разные стороны, передается от электродвигателя через промежуточную шестерню 2 и систему синхронизирующих цилиндрических шестерен 3, закрепленных на валах.

Для крепления на стреле копра корпус вибропогружателя снабжен четырьмя направляющими роликами 4. Каждый вибропогружатель комплектуется пультом управления с пусковой и защитной аппаратурой.

Вибропогружатели типа ВРП с регулируемыми параметрами снабжены системой автоматического управления режимом погружения различных свай и свай-оболочек, которая обеспечивает плавное регулирование вынуждающей силы, статического момента дебалансов, амплитуды и частоты колебаний, в зависимости от сопротивления грунта. Частота вращения дебалансов регулируются командоконтроллером, а статический момент — путем перемещения подвижной части дебалансов с помощью гидросистемы погружателя. Вибропогружатели имеют отверстие для очистки

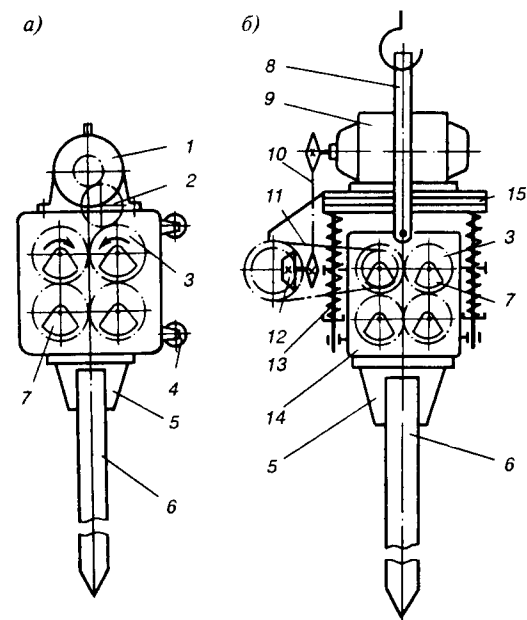


Рис. 5.6. Принципиальные схемы низкочастотного (а) и высокочастотного (б) вибропогружателей

внутренней полости сваи-оболочки от грунта в процессе погружения.

Высокочастотные вибропогружатели применяют для погружения в малосвязные грунты элементов с малым лобовым сопротивлением: шпунта, труб и профильного металла длиной до 20 м. По сравнению с низкочастотными высокочастотные вибропогружатели имеют значительно меньший статический момент дебалансов (не более 60 кН·см) и соответственно меньшую (до 10...14 мм) амплитуду колебаний. Конструкции высокочастотных вибропогружателей имеют мало различий.

Высокочастотный вибропогружатель (рис. 5.5, б) включает четырехвальный вибратор 14, приводной электродвигатель 9 с короткозамкнутым ротором, установленный на подпружиненных пригрузочных плитах 15 и наголовник 5. Наличие между электродвигателем и вибратором амортизирующих пружин 13 позволяет существенно уменьшить вредное воздействие вибрации на электродвигатель: в процессе погружения колебания совершают только вибратор и свая б.

Меняя число пригрузочных плит, а следовательно, и массу пригруза, создающего необходимое давление на погружаемый элемент, подбирают оптимальные режимы вибраций, способствующие наиболее эффективному погружению в соответствующую грунтовую среду элемента заданных параметров. Привод четырехвального вибратора осуществляется через вертикальную цепную передачу 10, конический редуктор 12, горизонтальную цепную передачу 11 и систему синхронизирующих шестерен 3, закрепленных на дебалансных валах с дебалансами 7. Каждый дебаланс вибропогружателя состоит из двух частей, что позволяет регулировать его статический момент изменением взаимного расположения частей. Установка дебалансов в заданном положении осуществляется с помощью подпружиненных фиксаторов. При работе вибропогружатель подвешивается на крюке грузоподъемного устройства с помощью подвески 8.

Вибропогружатели в 2,5...3 раза производительнее паровоздушных и дизельных молотов; они удобны в управлении и не разрушают погружаемые элементы. Основными их недостатками являются непригодность для погружения свай (шпунта) в связные маловлажные грунты и сравнительно небольшой срок службы электродвигателей.

**Вибромолоты** сообщают погружаемым элементам как вибрационные, так и ударные импульсы и обеспечивают эффективное погружение в плотные грунты металлического шпунта длиной до 13 м, металлических свай и труб длиной до 20 м. Конструкции вибромолотов имеют мало различий. Некоторые типы молотов могут работать как в ударном, так и в безударном режимах в зависимости от жесткости упругой системы, параметров вибратора, сопротивления грунта погружению и т. д.

Вибромолоты используют также для погружения железобетонных свай в однородные водонасыщенные грунты и извлечения из грунта труб, свай и шпунта.

Основными элементами вибромолота являются подпружиненная ударная часть, нижняя пригрузочная плита и наголовник. Ударная часть представляет собой (рис. 5.7) двухвальный бестрансмиссионный вибровозбудитель 1 направленных вертикальных колебаний с ударником 3. В корпусе вибровозбудителя смонтированы два электродвигателя, на параллельных валах которых, синхронно вращающихся в различных направлениях, закреплены дебалансы 2 с регулируемым статическим моментом. Ударная часть и нижняя плита 4 с наковальней 5 соединены между собой рабочими пружинами 6. Наголовник 7 соединяется с погружаемым элементом жестко или надевается на него свободно без закрепления. При вращении дебалансов ударник 3 колеблющегося вибровозбудителя наносит частые (до 24 Гц) удары по наковальне 5, установленной свободно на нижней плите молота и передающей удары непосредственно погружаемому элементу. Режим работы вибромолота (энергия и частота ударов) регулируют в процессе его работы путем изменения зазора между ударником и наковальней, добиваясь в каждом отдельном случае наибольшей производительности машины.

Вибромолоты характеризуются теми же параметрами, что и вибропогружатели, а также энергией и частотой ударов.

Вибромолоты имеют суммарную мощность электродвигателей 14...80 кВт, максимальную вынуждающую силу 112...180 кН, частоту ударов 8...12 Гц.

Энергия удара (Дж)

$$E = mv^2/[2(1 - R)], \quad (5.3)$$

где  $m$  — масса ударной части молота, кг;  $v$  — ударная скорость вибромолота, м/с ( $v \leq 2$  м/с);  $R$  — условный коэффициент восстановления скорости при ударе ( $-1 \leq R \leq +1$ ).

Вибропогружатели и вибромолоты работают в комплексе с копром или стреловым самоходным краном соответствующей грузоподъемности.

**Шпунтовывдергиватели** предназначены для извлечения из грунта ранее погруженных металлических свай, труб и шпунта длиной 10...20 м. Наибольшее распространение получили шпунтовывдер-

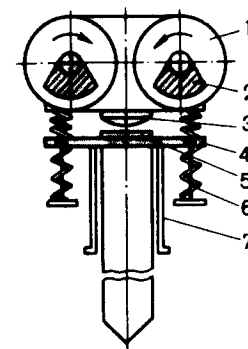
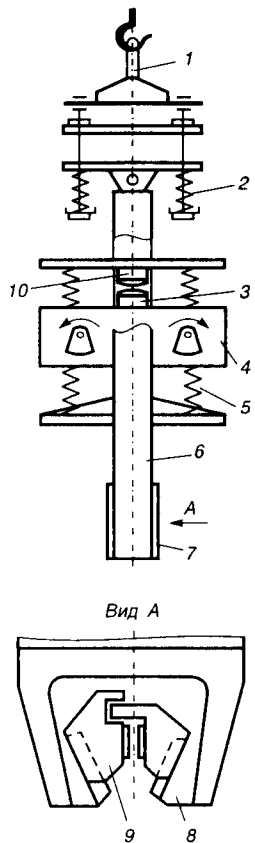


Рис. 5.7.  
Принципиальная схема вибромолота



Р и с. 5.8. Принципиальная схема шпунтовывергивателя

гиватели виброударного действия, работающие по принципу вибромолотов. Они оснащаются клиновыми и гидравлическими наголовниками и эксплуатируются совместно со стреловыми самоходными кранами, экскаваторами-кранами и копровыми установками.

**Шпунтовывергиватель** (рис. 5.8) состоит из вибровозбудителя 4, виброизолятора 2, подвески 1, рамы 6 с клиновым захватом 7 и пульта дистанционного управления. В корпус вибровозбудителя вмонтированы два электродвигателя, на консолях параллельных валов которых закреплены четыре дебаланса с регулируемым статическим моментом. При синхронном вращении дебалансов в разные стороны создаются вертикально направленные колебания. Вибровозбудитель опирается через витые пружины 5 на раму 6, которая ограничивает его движение сверху, в результате чего вибровозбудитель с бойком 3 наносит удары по раме с наковальной 10 с определенной частотой и энергией. Рама передает энергию удара извлекаемому элементу через клиновое устройство, который состоит из двух клиньев 9, скользящих в направляющих 8.

Виброизолятор служит для гашения динамических нагрузок на грузоподъемное устройство, возникающих при работе вибровозбудителя, и состоит из комплекта витых пружин и рычагов.

Шпунтовывергиватели могут эксплуатироваться совместно со стреловыми самоходными кранами грузоподъемностью до 25 т, гусеничными экскаваторами со стреловым оборудованием грузоподъемностью до 20 т и вертикальным телескопическим копровым оборудованием.

Шпунтовывергиватели имеют суммарную мощность электродвигателей 15...44 кВт, энергию удара 0,74...2,85 кДж, частоту ударов 8...16 Гц.

### 5.3. КОПРЫ И САМОХОДНЫЕ КОПРОВЫЕ УСТАНОВКИ

Свайные молоты, вибропогружатели, вибромолоты и другие погружатели свай являются сменным оборудованием копров и самоходных (на базе самоходных машин) копровых установок, предназначенных для подтаскивания и установки сваи под требуемым углом наклона в заданной точке погружения, для установки сваепогружателя на сваю, направления сваепогружателя и сваи при погружении, а также перемещения копрового агрегата в зоне производства работ.

Основными параметрами копров и копровых установок являются: грузоподъемность  $Q$  (наибольшая суммарная масса подвешенной сваи, наголовника и сваепогружателя), высота мачты  $H$  (расстояние от опорной плоскости копра до оси верхнего грузового блока), вылет мачты  $L$  (расстояние от оси вращения поворотной платформы копра до вертикальной оси погружаемой сваи), продольный установочный наклон мачты  $\alpha$  (угол между продольной осью мачты и вертикалью в продольной плоскости симметрии копра), поперечный установочный наклон  $\beta$  (угол между продольной осью мачты и вертикалью в поперечной плоскости симметрии копра), колея  $K$  ходового устройства копра, общая масса  $m$  копра с противовесом и т. п.

**Копры** выполняются передвижными на рельсовом ходовом устройстве и безрельсовыми и разделяются на:

*универсальные* — имеющие на полноповоротной платформе оборудование для погружения свай с изменяемым вылетом, продольным и поперечным рабочим наклоном копровой мачты для погружения вертикальных и наклонных свай;

*полууниверсальные* — имеющие на поворотной платформе оборудование для погружения вертикальных свай или обеспечивающие только рабочий наклон копровой мачты для погружения наклонных свай;

*простые* — для погружения вертикальных свай, не имеющие механизмов поворота платформы, изменения вылета и рабочего наклона копровой мачты.

Мачты копров составлены из нескольких унифицированных секций, что позволяет при необходимости менять их длину.

В городском строительстве применяют универсальные и полууниверсальные рельсовые копры с электрическим и электрогидравлическим приводом, передвигающиеся по специально устроенному рельсовому пути. В их конструкциях используются сборочные единицы и механизмы строительных башенных кранов.

Рельсовые копры мостового типа (рис. 5.9, а), способные с большой точностью погружать железобетонные сваи длиной 8...12 м,

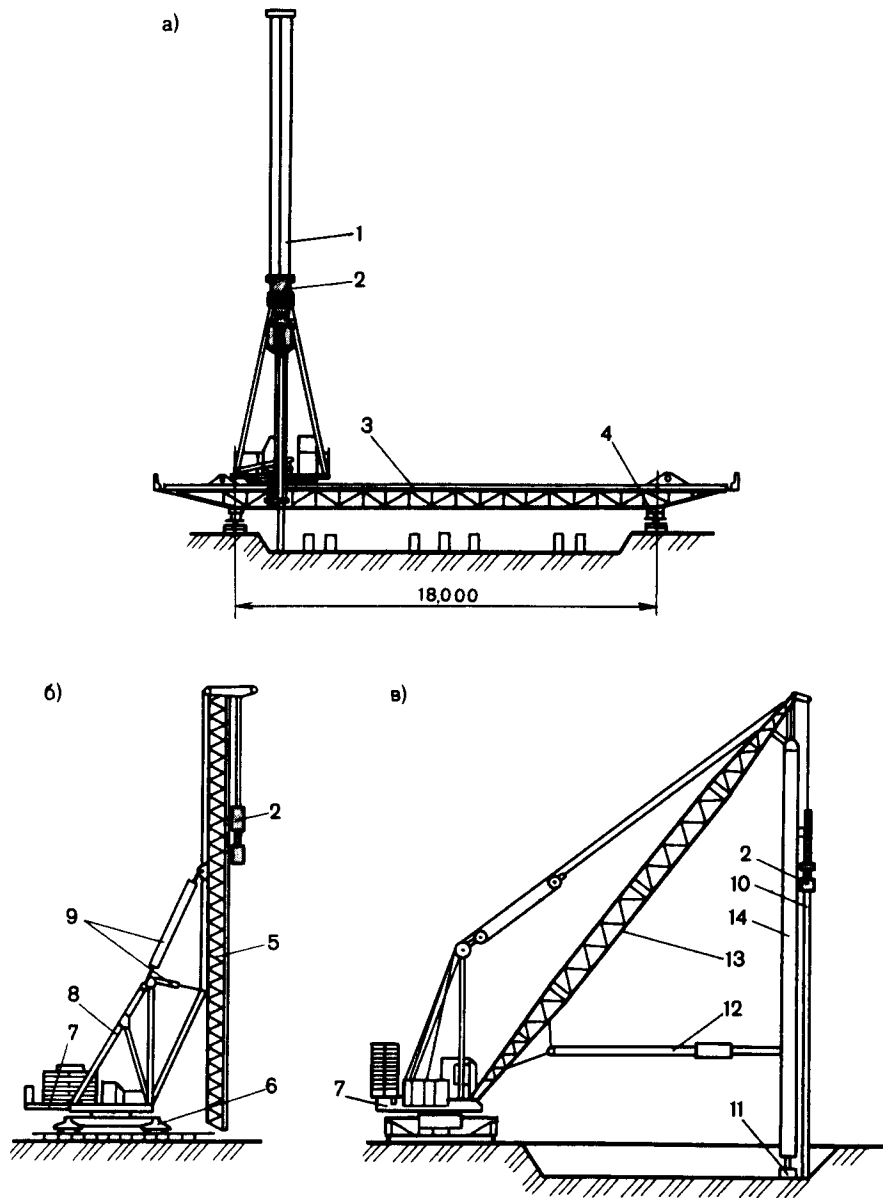


Рис. 5.9. Схемы копровых установок на рельсовом ходу:

*а* — установка мостового типа; *б* — универсальный поворотный рельсовый копер; *в* — установка на кране нулевого цикла

применяют для выполнения массовых сосредоточенных объемов свайных работ при устройстве сборных фундаментов и ростверков, а также при возведении зданий и сооружений на слабых и водонасыщенных грунтах. Составными частями таких копров является самоходный металлический мост 3, передвигающийся по рельсам 4; уложенным с двух сторон вдоль продольной оси котлована, и самоходная копровая тележка или рельсовый копер 1 со сваепогружателем 2, перемещающиеся по мосту вдоль поперечных рядов осей свай. Таким образом обеспечивается возможность погружения свай в любой точке свайного поля, перекрываемого мостом. Индивидуальные электрические приводы механизмов передвижения моста и копровой тележки включены в единую координатно-шаговую систему автоматического наведения свай в точку погружения с программным или полуавтоматическим управлением, что обеспечивает высокое качество производства свайных работ.

На рис. 5.9, б показан универсальный копер, базой которого являются стандартные ходовые тележки 6 башенного крана. На поворотной платформе 7 смонтированы ферма — параллелограмм 8 с гидравлическими механизмами 9 управления копровой мачтой 5, лебедки для подтаскивания свай, подъема-опускания молота 2 и свай, подъема-опускания копровой мачты при монтаже и демонтаже. Поворотная платформа опирается на раму ходового устройства через опорно-поворотный круг. Лебедки, механизмы передвижения копра и вращения поворотной платформы имеют электрический привод. Гидроцилиндры изменения вылета и рабочих наклонов копровой мачты приводятся в действие от одной насосной станции. Копры, смонтированные на поворотных платформах башенных кранов, применяют для погружения железобетонных свай длиной 12...25 м. Параллелограммно-шарнирная система связей опорных конструкций и копровой мачты обеспечивает значительный вылет мачты (более 6 м), что позволяет обслуживать при одноразовом линейном перемещении копра большую площадь свайного поля.

На рис. 5.9, в показан рельсовый копер на базе крана для нулевого цикла, предназначенный для забивки свай длиной 8...12 м. Копровая мачта 14 подвешена к стреле 13 крана и опирается в рабочем положении на пята 11. Нижняя часть мачты соединена с поворотной платформой крана телескопической распоркой 12, позволяющей изменять угол наклона мачты и свай 10. Копер перемещается по рельсам, уложенным вдоль продольной оси котлована.

**Самоходные копровые установки** представляют собой навесное и сменное копровое оборудование, смонтированное на гусеничных тракторах, экскаваторах и грузовых автомобилях. Такие установки обладают энергетической автономностью, полной механизацией вспомогательных операций, достаточными мобильно-

стью и маневренностью, высокими технико-экономическими показателями.

Наибольшее распространение в городском строительстве получили универсальные и полууниверсальные навесные копровые установки, базирующиеся на тракторах класса 10...15. Их используют для погружения свай длиной до 8...12 м при возведении фундаментов в крупнопанельном и каркасно-панельном домостроении, кирпичных зданий гражданского и промышленного назначения. Копровое оборудование навешивается сбоку или сзади базовой машины.

На рис 5.10, а показана тракторная установка с фронтальной (задней) навеской копрового оборудования для погружения свай длиной до 8 м. Установка состоит из трактора 9, двухсекционной мачты 5 с направляющими для дизель-молота 4, поворотной рамы 2, гидросистемы выравнивания мачты, гидрополиспастов подъема

молота и свай, устройства для установки свай и гидропривода. Поворотная рама 2, несущая копровую мачту 5, нижним концом опирается на шарниры кронштейнов 1, прикрепленных к трактору. Рама вместе с мачтой может поворачиваться вокруг этих шарниров вперед и назад на 5° с помощью двух гидроцилиндров 7, которые используются также для перевода мачты в транспортное (горизонтальное) положение. Кроме того, копровая мачта может перемещаться по раме вправо-влево вдоль продольной оси машины с помощью гидроцилиндра поперечного выравнивания мачты, установленного на раме (на рис. 5.10 не показан). Такая подвижность копровой мачты позволяет быстро и точно устанавливать сваю под нужным углом в заданной точке погружения, а при отклонении сваи от заданного направления в процессе погружения производить совмещение продольных осей молота и сваи за счет наклона мачты. Подъем молота и свай производится отдельно с помощью двух канатных гидрополиспастов, подвижные обоймы которых соединены со штоками гидроцилиндров 8. Схема запасовки канатов полиспастов подъема молота и свай показана на рис. 5.10, б. Установка свай под молот осуществляется с помощью стрелы 3, выдвигаемой гидроцилиндром 6 вперед и убираемой между направляющими мачты при забивке свай. Гидроцилиндры копрового оборудования обслуживаются гидросистемой базовой машины.

В самоходной установке на базе экскаватора 10 (рис. 5.10, в) сменная копровая стрела 12, несущая дизель-молот 4, навешивается на решетчатую крановую стрелу 11 и соединяется с поворотной платформой экскаватора телескопической распоркой 13. При забивке свай копровая стрела устанавливается в вертикальное положение и обеспечивает погружение свай на вылетах от оси вращения экскаватора до 4...6 м. Подъем и опускание дизель-молота осуществляется грузовой лебедкой экскаватора через двукратный полиспаст (рис. 5.10, г). Длина копровых стрел 10...25 м, с их помощью погружают сваи длиной 7...20 м.

Гидравлический копер (рис. 5.11) базируется на гидравлическом экскаваторе 13 пятой размерной группы, на котором вместо экскавационного оборудования смонтирована решетчатая стрела 7 с гидроцилиндрами 12 подъема и опускания. На стрелу навешена копровая мачта 8 с оголовком 11, и нижней опорой 1. Установка мачты в заданное положение обеспечивается гидроцилиндром 14.

На копровой мачте смонтированы: грузовая лебедка 9, крюковая подвеска 10, лебедка 5 перемещения гидромолота 6, шнековый бур 3 с приводом 4 для бурения лидерных скважин под сваи 2 в прочных и мерзлых грунтах.

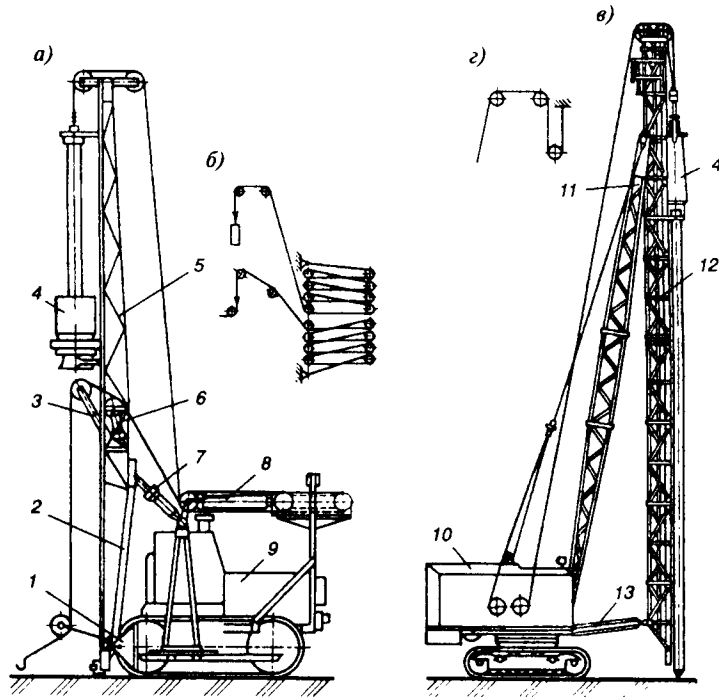
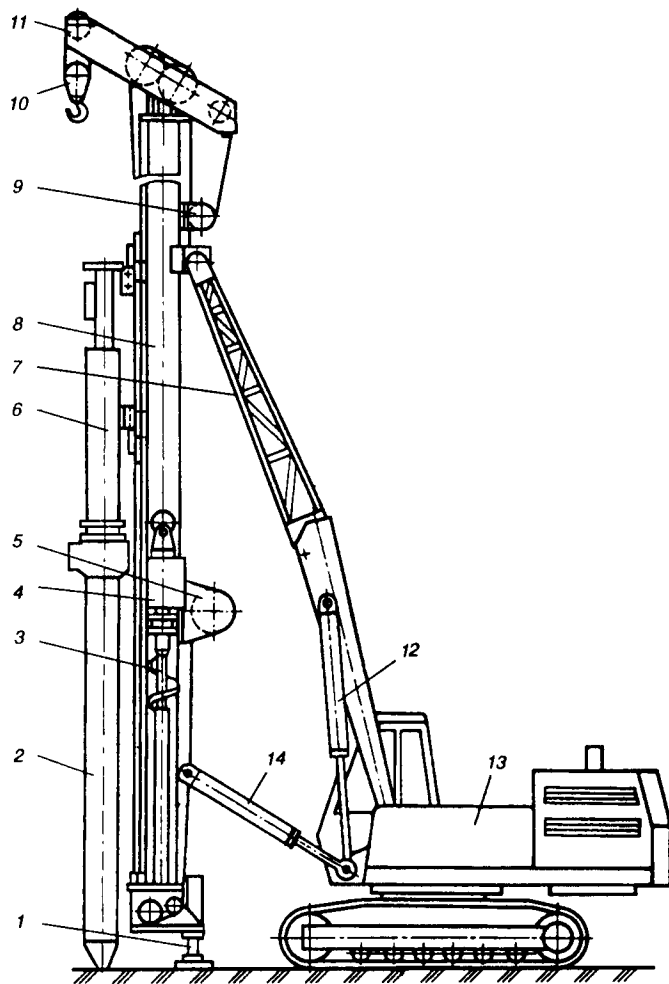


Рис. 5.10. Навесные копровые установки:

а — на базе трактора; б — на базе экскаватора; в, г — схемы запасовки канатов



Р и с. 5.11. Гидравлический копер

По сравнению с рассмотренными выше навесными копрами с дизель-молотами гидравлические копры имеют более высокие производительность, маневренность, транспортабельность и безопасность работы.

#### 5.4. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УСТРОЙСТВА БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ

В городском строительстве все шире применяются основания и фундаменты из буронабивных свай, при устройстве которых в сложившихся условиях застройки исключается деформация элементов

несущих конструкций зданий и сооружений, расположенных поблизости от места производства работ, и шум, возникающий при работе молотов. Фундаменты из набивных свай имеют большую несущую способность, чем фундаменты из забивных свай. Буронабивные сваи изготавливаются диаметром 600...1200 мм при глубине заложения до 20...30 м и способны воспринимать сосредоточенные нагрузки до 300...1000 т на сваю. Их широко применяют в фундаментах опор мостов и несущих конструкций каркасных зданий и сооружений.

Технологический цикл изготовления буронабивных свай включает операции бурения ствола скважины под будущую сваю, изготовление и установку каркаса сваи, бетонирование ствола скважины. Защиту стенок скважин от возможного обрушения при проходке скважин в неустойчивых грунтах осуществляют обычно с помощью обсадных неизвлекаемых или инвентарных извлекаемых труб, а также избыточным давлением глинистого раствора или воды. Наиболее трудоемкой и продолжительной (55...60% общего времени цикла) технологической операцией является бурение ствола скважины, которое осуществляется с помощью специальных (бурильных) машин или навесного бурильного оборудования, смонтированного на базе одноковшовых экскаваторов с гидравлическим и механическим приводом.

Для бурения скважин диаметром 0,36...1,0 м без применения обсадных труб под свайные основания и фундаменты зданий и сооружений применяют навесное бурильное оборудование на серийные гидравлические экскаваторы 4-й и 5-й размерных групп, основным бурильным инструментом которого служат сменные шнековые буры.

Навесное бурильное оборудование к экскаватору четвертой размерной группы предназначено для бурения вертикальных и крутонаклонных скважин диаметром 0,36...0,63 м на глубину до 15 м под свайные фундаменты в немерзлых, сезонно-мерзлых и вечномерзлых грунтах, содержащих до 45 % гравийно-галечниковых включений с фракциями до 50 мм в поперечнике. Навесное бурильное оборудование унифицировано с бурильным оборудованием бурильно-крановой машины (см. гл. 4) и монтируется на кронштейне навески в виде сварной рамной конструкции, прикрепленной к поворотной платформе экскаватора с помощью двух цапф. В состав бурильного оборудования входят двухсекционная бурильная мачта, гидроцилиндры изменения угла наклона мачты, механизмы вращения и рабочей подачи бура, спускоподъемный механизм, телескопическая бурильная штанга, сменный бурильный инструмент и гидрооборудование. Навесное оборудование комплектуется тремя короткошнековыми бурами диаметром 0,36; 0,5 и 0,63 м, сменные режущие элементы которых (резцы и забурники) армируются твердосплавными пластина-



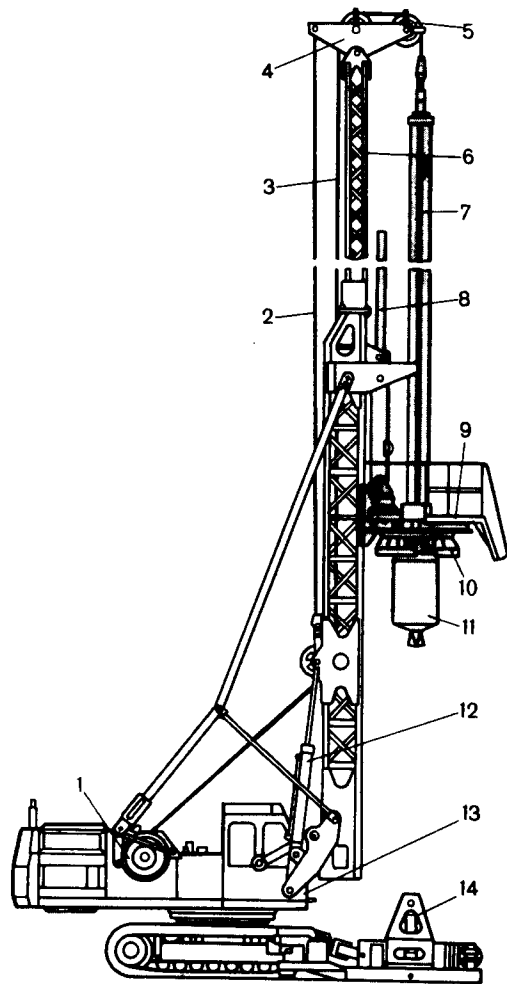


Рис. 5.12. Бурильная машина

ми. Для привода всех механизмов бурильного оборудования используется насосная станция базового экскаватора. Управление навесным бурильным оборудованием ведется из кабины экскаватора.

**Бурильное оборудование на гидравлическом экскаваторе пятой размерной группы** (рис. 5.12) включает решетчатую мачту 6, телескопическую штангу 7, лебедку 1, вращатель 10, комплект бурильного инструмента, обсадное оборудование 14, гидроцилиндры подъема-опускания мачты и перемещения вращателя. В комплект бурильного инструмента входят основной ковшовой 11 и шнековой буры, грейфер, ударное бурильное долото, бурильный расширитель, вставка и обечайки, комплект обсадных труб. Мачта 6 с оголовком 4 шарнирно крепится в проушинах поворотной платформы и переводится из транспортного положения в рабочее и обратно с помощью гидроцилиндров 12. Положение оголовка с отводными

блоками 5 регулируется канатом 2. На мачте установлены направляющие, по которым с помощью длинноходового гидроцилиндра 8 перемещается вращатель бурильного инструмента. В передней части вращателя имеется площадка 9 с ограждениями и лестницей для обслуживания вращателя и удобства монтажных работ при смене рабочих органов.

Телескопическая штанга состоит из трех выдвижных секций и одновременно передает рабочему органу крутящий момент от вращателя и напорное усилие. Штанга подвешена на канате 3 лебедки 1.

При проходке скважин во влагонасыщенных грунтах со значительным содержанием гальки и валунов взамен ударного грейфера используют напорный штанговый грейфер, устанавливаемый на штангу вместо бура.

Обсадное оборудование предназначено для придания обсадным трубам качательных движений при их погружении, а также извлечения труб из грунта. Оно состоит из основания, составного хомута с гидроцилиндром зажима, двух гидроцилиндров вертикального движения и гидроцилиндра механизма качания труб с водилом, шарнирно соединенным с хомутом. Для захвата обсадных труб и установки их в обсадном оборудовании служат сменные (в зависимости от диаметра трубы) обечайки, закрепляемые на вращателе. Правильная (без перекосов) установка обсадной трубы в обсадном оборудовании обеспечивается вкладышами соответствующего диаметра. Управление буровым оборудованием ведется из кабины машиниста экскаватора.

Для устройства скважин без выемки грунта с уплотнением его в стенки скважин эффективно используются раскатывающие (см. гл. 4) и спиралевидные винтовые снаряды, устанавливаемые вместо грейфера. При винтовом продавливании расширение скважины до заданного диаметра происходит путем непрерывного уплотнения грунта под действием радиально направленных сил, создаваемых спиралевидным снарядом (рис. 5.13). Снаряд состоит из корпуса 2 и наконечника 5. Корпус имеет среднюю цилиндрическую часть 3, нижнюю лидирующую 4 и верхнюю 1 конические части, радиус которых ступенчато уменьшается.

Раскатывающие снаряды формируют скважину диаметром до 1 м на глубину до 10 м, спиралевидные — диаметром до 0,8 м на глубину до 14 м. С помощью грейфера проходят скважины диаметром 0,65...1,0 м на глубину до 15...20 м.

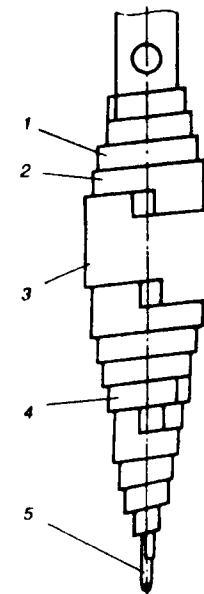


Рис. 5.13. Схема спиралевидного снаряда

## МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ

### 6.1. МАШИНЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ И РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ

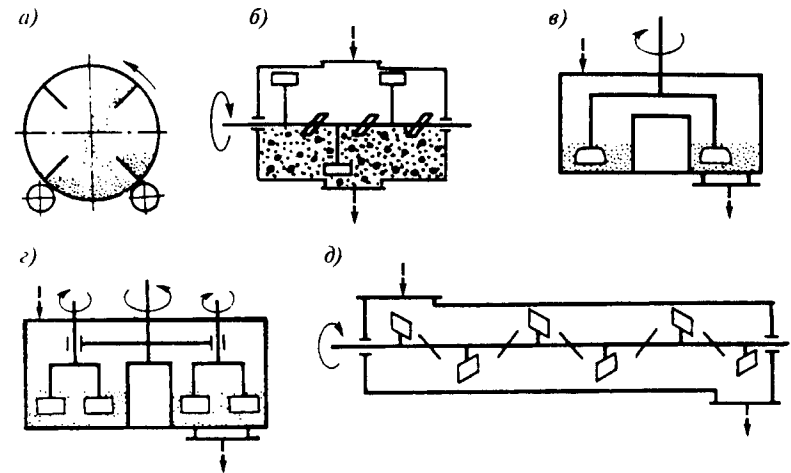
Бетонные и растворные смеси готовят путем механического перемешивания их компонентов в смесительных машинах — бетоно- и растворосмесителях. Качество смеси определяется точностью дозировки компонентов и равномерностью их распределения между собой по всему объему смеси. Для равномерного распределения компонентов смеси между собой в общем объеме замеса частицам материала сообщаются траектории движения с наибольшей возможностью их пересечения. Смешивание компонентов в однородную смесь является достаточно сложным технологическим процессом, который зависит от состава смеси, ее физико-механических свойств, времени смешивания и конструкции смешивающего устройства.

Технологический процесс приготовления смесей включает последовательно выполняемые операции: загрузку отдозированных компонентов (вяжущих, заполнителей и воды) в смесительную машину, перемешивание компонентов и выгрузку готовой смеси.

Смесители классифицируют по трем основным признакам: характеру работы, принципу смешивания, способу установки.

По характеру работы различают смесительные машины периодического (циклического) и непрерывного действия. В смесителях циклического действия (рис. 6.1, а...г) перемешивание компонентов и выдача готовой смеси осуществляются отдельными порциями. Каждая новая порция компонентов бетона или раствора может быть загружена в смеситель лишь после того, как из него будет выгружен готовый замес. Смесители циклического действия обычно применяют при частой смене марок бетонных смесей или растворов. В них можно регулировать продолжительность смешивания.

В смесителях непрерывного действия (см. рис. 6.1, д) загрузка компонентов, их перемешивание и выдача готовой смеси осуществляются одновременно и непрерывно. Одозированные компоненты



Р и с. 6.1. Схемы перемешивания материалов в смесительных машинах

непрерывным потоком поступают в смеситель и смешиваются лопастями при продвижении от загрузочного отверстия к разгрузочному. Готовая смесь непрерывно поступает в транспортные средства или расходный бункер. Смесители непрерывного действия наиболее целесообразно применять для приготовления больших объемов бетонной или растворной смеси одной марки.

Главным параметром смесительных машин циклического действия является объем готового замеса ( $л$ ), выданный за один цикл работы, смесителей непрерывного действия — объем готовой продукции ( $м^3$ ), выдаваемой машиной за 1 ч работы.

По принципу смешивания компонентов различают машины со смешиванием при свободном падении материалов (гравитационные) и с принудительным смешиванием (принудительного действия). В смесителях принудительного действия орбиты составляющих имеют вынужденный характер, в гравитационных — свободный. Гравитационный смеситель вращается относительно горизонтальной или наклонной (под углом до  $15^\circ$ ) оси барабана с лопастями на внутренней поверхности (рис. 6.1, а).

Лопастя непрерывно подхватывают и поднимают компоненты смеси на определенную высоту, при достижении которой они свободно падают потоком с лопастей под действием силы тяжести; смешивание происходит в результате столкновения падающих потоков компонентов. Во избежание возникновения центробежных сил, препятствующих свободной циркуляции смеси внутри барабана, частота его вращения обычно не превышает  $0,3...0,4 \text{ с}^{-1}$ . В смесителях с принудительным смешиванием компоненты смеси принудительно перемешиваются в неподвижном барабане или чаше с горизонталь-

ными, наклонными или вертикальными лопастными валами (рис. 6.1, б, д) или лопастным ротором (рис. 6.1, в, з), вращающимся внутри смесительной емкости. Смесители с горизонтальными смесительными валами называют *лотковыми*, с вертикальными валами — *тарельчатыми*.

По способу установки смесители подразделяют на передвижные и стационарные. Передвижные смесители используют при небольших объемах строительных и ремонтно-строительных работ на рассредоточенных объектах, а стационарные входят в состав технологических линий бетонорастворосмесительных установок средней и большой производительности бетонных и растворов заводов.

Техническая производительность смесительных машин циклического действия ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )

$$P_T = V_3 n / 1000, \quad (6.1)$$

где  $V_3 = V_6 K$  — объем готовой смеси в одном замесе, л;  $V_6$  — вместимость смесительного барабана по загрузке составляющих (полезный объем барабана), л;  $K$  — коэффициент выхода готовой смеси; для бетонной смеси  $K = 0,65 \dots 0,7$ , для растворов  $K = 0,75 \dots 0,85$ ;  $n$  — число замесов, выдаваемых смесителем в течение 1 ч,

$$n = 3600 / (t_1 + t_2 + t_3 + t_4), \quad (6.2)$$

где  $t_1, t_2, t_3, t_4$  — продолжительность загрузки, смешивания, выгрузки и возврата барабана в исходное положение или закрытия затвора, с.

Техническая производительность смесительных машин непрерывного действия с принудительным смешиванием ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )

$$P_T = 3600 S v, \quad (6.3)$$

где  $S = K_n \pi d^2 / 4$  — средняя площадь поперечного сечения потока смеси в корпусе смесителя,  $\text{м}^2$ ;  $K_n$  — коэффициент наполнения сечения корпуса смесителя,  $K_n = 0,28 \dots 0,34$ ;  $d$  — диаметр лопастей смесителя, м;  $v = sn$  — скорость движения смеси в направлении продольной оси корпуса смесителя, м/с;  $s$  — шаг лопастей, м;  $n$  — частота вращения лопастного вала,  $\text{с}^{-1}$ .

**Циклические смесители** делят на следующие типы: БП — бетоносмесители принудительного действия роторные для приготовления жестких и подвижных бетонных смесей и растворов, а также смесей из сухих составляющих; БГ — бетоносмесители гравитационные для приготовления подвижных бетонных смесей с осадкой конуса более 3 см; БП-2Г — бетоносмесители принудительного действия с двумя горизонтальными валами; РН — растворосмесители низкооборотные для приготовления всех видов растворов, за исключением специальных; РВ — растворосмесители высокооборотные для приготовления строительных растворов (кроме быстрохватывающихся и

специальных, в том числе активизированных и расслаивающихся), а также конструктивно-теплоизоляционных керамзитобетонных смесей.

**Гравитационные смесители** предназначены для приготовления подвижных смесей и выпускаются передвижными и стационарными, циклического и непрерывного действия.

Передвижные гравитационные циклические смесители имеют объем готового замеса 65, 165 и 330 л и применяются в качестве самостоятельных машин для приготовления подвижных бетонных смесей с крупностью заполнителя до 70 мм и строительных растворов на объектах с небольшими и средними объемами работ. Смесители с объемом готового замеса 65 л выпускают на колесном ходовом устройстве, с объемом 165 и 330 л — на полозьях.

Смеситель (рис. 6.2, а) с объемом готового замеса 65 л состоит из грушевидного смесительного барабана 1, на внутренней поверхности которого закреплены три сменные перемешивающие лопасти 2, привода 3, приводящего смесительный барабан во вращение, рамы 4 с колесным ходом и механизм поворота (наклона) барабана с фиксирующим устройством. Вращение барабану сообщается от электродвигателя 7 (рис. 6.2, б) через клиноременную передачу 6 и двухступенчатый цилиндрикоконический редуктор 5. Барабан 4 жестко закреплен на тихоходном валу редуктора и вращается с частотой 27  $\text{мин}^{-1}$ . При загрузке компонентов и их смешивании барабан наклонен к горизонту под углом  $12^\circ$ , а при выгрузке готовой смеси — под углом  $40^\circ$ . Исходные материалы загружают в смеситель вручную, а выгружают готовую смесь, опрокидывая вращающийся барабан отверстием вниз. Смеситель может выдавать до 2  $\text{м}^3/\text{ч}$  при 30 циклах в 1 ч. Перевод барабана из положения загрузки и смешивания в положение выгрузки осуществляют вручную с помощью рукоятки управления, установленной на корпусе редуктора. В каждом

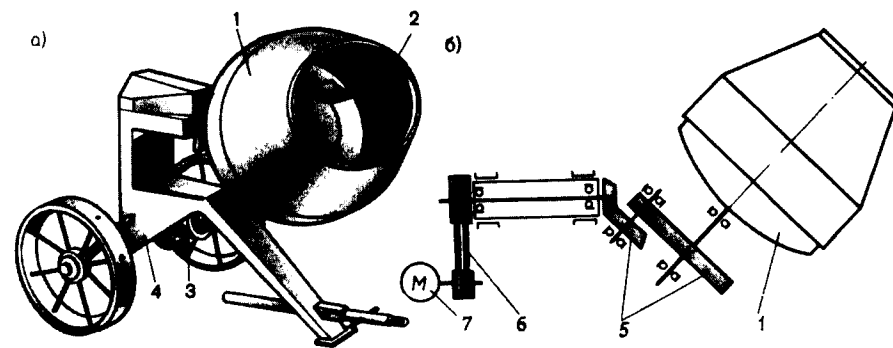
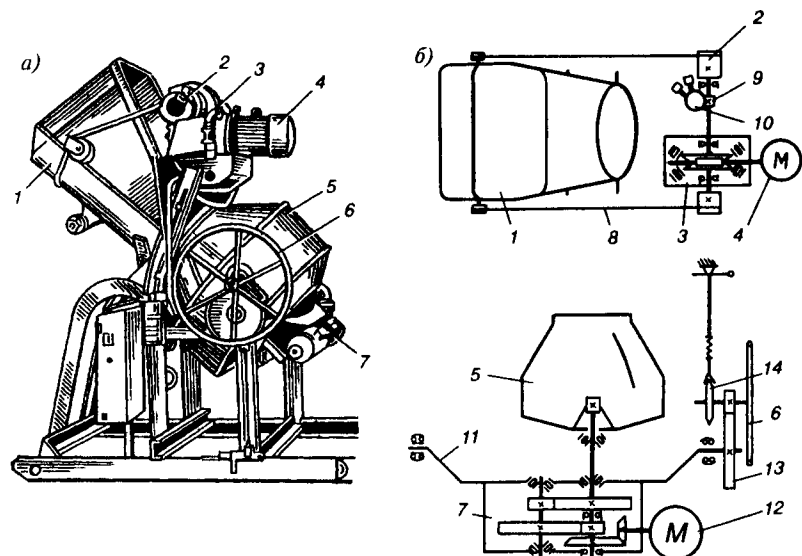


Рис. 6.2. Передвижной гравитационный смеситель с объемом готового замеса 65 л:  
а — общий вид; б — кинематическая схема



Р и с. 6.3. Передвижной гравитационный смеситель с объемом готового замеса 165 л:

*a* — общий вид; *б* — кинематическая схема

положении барабан фиксируется штырем рукоятки управления, входящим в отверстие кронштейна на раме смесителя.

*Передвижные* гравитационные бетоносмесители с объемом готового замеса 165 и 330 л оборудованы ковшовым подъемником с индивидуальным приводом для загрузки предварительно отдозированных сухих компонентов смеси в барабан и вододозировочным устройством для отмеривания дозы воды на замес.

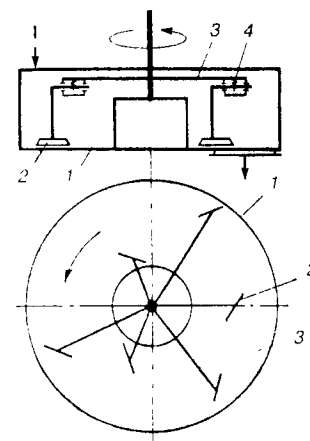
Смесительный барабан 5 (рис. 6.3) с размещенными внутри лопастями жестко закреплен на выходном валу трехступенчатого цилиндрикоконического редуктора 7 с фланцевым электродвигателем 12. Привод барабана встроен в траверсу 11, которую поворачивают вместе с барабаном вокруг горизонтальной оси вручную с помощью штурвала 6 через одноступенчатый редуктор 13. Удержание барабана в различных положениях обеспечивается фиксирующим устройством 14. Перемешивание компонентов производится при наклонном положении оси барабана, а выгрузка готовой смеси — путем опрокидывания вращающегося барабана отверстием вниз. Загрузка сухих компонентов в смесительный барабан производится загрузочным ковшем 1. Механизм подъема и опускания ковша включает два подъемных барабана 2 для навивки концов каната 8, охватывающего ковш, самотормозящийся червячный редуктор 3 и фланцевый электродвигатель 4. При на-

вивании каната на барабаны ковш с компонентами поднимается по направляющим рамы в крайнее верхнее положение и разгружается в смеситель путем опрокидывания. Два конечных выключателя 9 и 10 автоматически отключают электродвигатель в крайних положениях ковша. В вододозировочную систему бетоносмесителя входит дозатор с краном, которым по достижении заданной дозы отключают воду. Продолжительность одного цикла составляет 110...130 с.

*Стационарные* гравитационные циклические бетоносмесители выполняются с наклоняющимися цилиндрикоконическими и двухконусными смесительными барабанами и гидравлическим или пневматическим приводом механизма опрокидывания барабана.

Циклические бетоносмесители *принудительного действия* представляют собой роторные и роторно-планетарные машины с вертикально расположенными валами. Они предназначены для приготовления бетонной смеси и раствора любой подвижности и жесткости. В роторном бетоносмесителе (рис. 6.4) компоненты смеси перемешиваются в кольцевом рабочем пространстве неподвижной части 1 лопастями 2 ротора 3, вращающегося с частотой 0,5...0,6 с<sup>-1</sup>. Смешивающие лопасти крепятся к ротору с помощью пружинных (рессорных) амортизаторов 4 на разном удалении от оси его вращения, а их рабочие поверхности расположены под различными углами к траектории своего движения. Такая схема установки лопастей, создающих при своем движении продольные и поперечные потоки смешиваемых компонентов, обеспечивает интенсивное и качественное перемешивание смеси любой консистенции.

Амортизаторы позволяют лопастям поворачиваться при попадании между ними и дном крупного предмета. В смесительном устройстве помимо смешивающих лопастей имеются наружная и внутренняя очистные лопасти, прикрепляемые к ротору жестко. Внутренняя поверхность чаши футерована износостойкой сталью. В донной части чаши имеется разгрузочный люк, перекрываемый затвором с рычажным или пневматическим приводом. Роторные бетоносмесители с объемом готового замеса 165 л выпускают передвижными, 330 и 1000 л — стационарными. Их конструкции имеют мало различий. Кинематическая схема передвижного роторного



Р и с. 6.4. Принципиальная схема циклического роторного бетоносмесителя

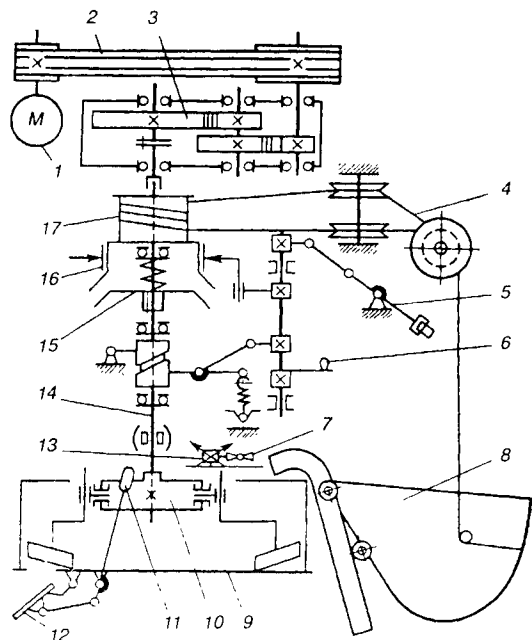


Рис. 6.5. Кинематическая схема роторного бетоносмесителя с объемом готового замеса 165 л

рукоятю 6 тормоз 16 выключается. При опрокидывании в крайнем верхнем положении ковш воздействует на рычаг 5, выключающий фрикционную муфту 15 и включающий тормоз 16. Порожний ковш возвращается в исходное положение под действием собственной силы тяжести. Затвор 12 чаши 9 управляется рукоятью 11, дозатор воды 13 — вентилем 7.

**Растворосмесители** предназначены для приготовления строительных растворов (цементных, известковых, глиняных, гипсовых, шлаковых и сложных) при выполнении каменных, изоляционных, штукатурных, монтажных и кровельных работ. Представляют собой машины с принудительным смешиванием компонентов раствора в неподвижной емкости горизонтальным или вертикальным лопастным валом (лопастные растворосмесители) или быстровращающимся лопастным ротором (турбулентные смесители). Передвижные растворосмесители имеют объем готового замеса 30, 65, 125 и 250 л, а стационарные — 400, 800 и 1200 л. Стационарными растворосмесителями комплектуются автоматизированные растворные узлы и заводы.

Передвижные малогабаритные растворосмесители циклического действия с объемом готового замеса 30 и 65 л применяют на объек-

тах с небольшой потребностью в растворе (до 2,6...3,0 м<sup>3</sup>/ч), устанавливают в непосредственной близости от места укладки смеси и перемещают в пределах строительной площадки и рабочего места на колесах. Такие растворосмесители не имеют устройств для дозирования и механической загрузки компонентов. Применение растворосмесителей наиболее рационально для приготовления растворов из сухих смесей при производстве отделочных работ. Малые габариты машин позволяют эксплуатировать их в помещениях.

Турбулентный высокооборотный бетонорастворосмеситель (рис. 6.6, а) с объемом готового замеса 65 л (по бетону) и 80 л (по раствору) предназначен для приготовления подвижных цементных и известковых растворов, мастичных и эмульсионных смесей подвижностью 7 см и более, а также пластичных бетонных смесей с заполнителями крупностью до 30...40 мм. Материалы перемешиваются в неподвижном цилиндрическом баке 4 лопастным ротором 7, получающим вращение с частотой 9 с<sup>-1</sup> от электродвигателя 1 через клиноременную передачу 10. Во время работы бак закрыт крышкой 3. Бак и электродвигатель смонтированы на тележке 8 с колесным ходом 9. Пуск и останов электродвигателя осуществляются пускателем 2. Компоненты загружают в бак сверху с помощью мерных емкостей. При вращении ротор отбрасывает компоненты смеси к стенкам бака с наклонными неподвижными лопастями 11 (рис. 6.6, б), которые тормозят движение смеси по окружности и направляют поток смеси вверх по спирали к центру бака, откуда смесь под действием силы тяжести возвращается к ротору и вновь вовлекается в движение. Интенсивное движение материалов позволяет получать смесь большой однородности и пластичности за относительно малое время. Продолжительность перемешива-

та с небольшой потребностью в растворе (до 2,6...3,0 м<sup>3</sup>/ч), устанавливают в непосредственной близости от места укладки смеси и перемещают в пределах строительной площадки и рабочего места на колесах. Такие растворосмесители не имеют устройств для дозирования и механической загрузки компонентов. Применение растворосмесителей наиболее рационально для приготовления растворов из сухих смесей при производстве отделочных работ. Малые габариты машин позволяют эксплуатировать их в помещениях.

Турбулентный высокооборотный бетонорастворосмеситель (рис. 6.6, а) с объемом готового замеса 65 л (по бетону) и 80 л (по раствору) предназначен для приготовления подвижных цементных и известковых растворов, мастичных и эмульсионных смесей подвижностью 7 см и более, а также пластичных бетонных смесей с заполнителями крупностью до 30...40 мм. Материалы перемешиваются в неподвижном цилиндрическом баке 4 лопастным ротором 7, получающим вращение с частотой 9 с<sup>-1</sup> от электродвигателя 1 через клиноременную передачу 10. Во время работы бак закрыт крышкой 3. Бак и электродвигатель смонтированы на тележке 8 с колесным ходом 9. Пуск и останов электродвигателя осуществляются пускателем 2. Компоненты загружают в бак сверху с помощью мерных емкостей. При вращении ротор отбрасывает компоненты смеси к стенкам бака с наклонными неподвижными лопастями 11 (рис. 6.6, б), которые тормозят движение смеси по окружности и направляют поток смеси вверх по спирали к центру бака, откуда смесь под действием силы тяжести возвращается к ротору и вновь вовлекается в движение. Интенсивное движение материалов позволяет получать смесь большой однородности и пластичности за относительно малое время. Продолжительность перемешива-

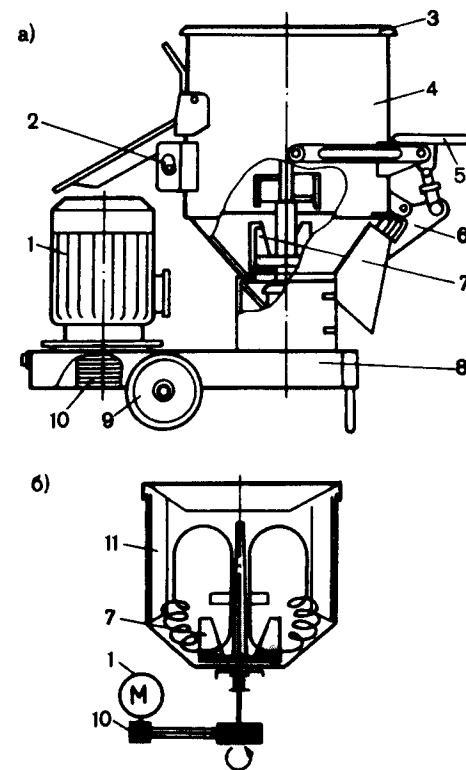
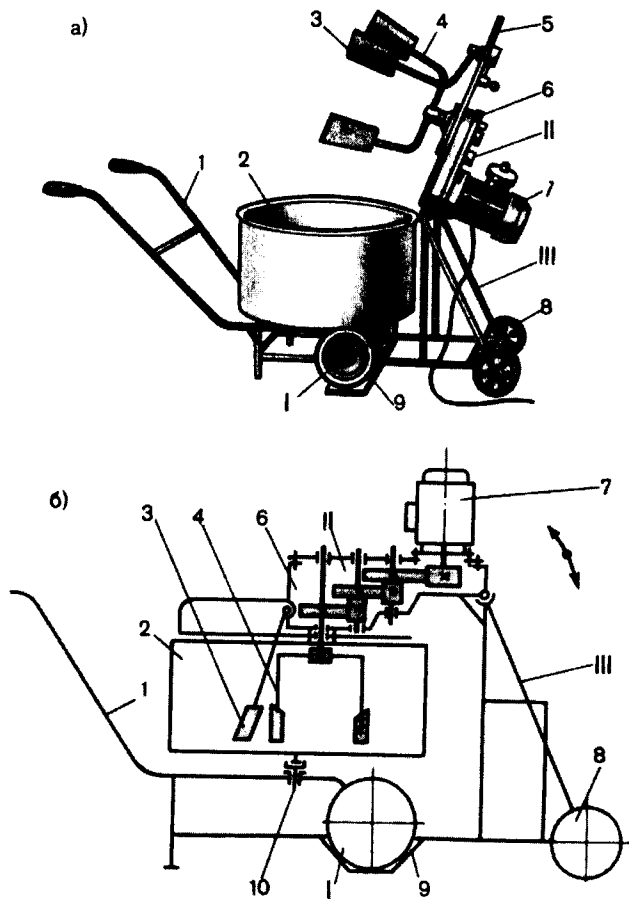


Рис. 6.6. Турбулентный высокооборотный бетонорастворосмеситель с объемом готового замеса 65 л:

а — общий вид; б — кинематическая схема



Р и с. 6.7. Смеситель со сменными чашами:  
а — общий вид; б — принципиальная схема

ния после окончания загрузки составляет 30...35 с. Готовая смесь выгружается через люк, закрываемый крышкой 6 с рычажным затвором 5. Производительность смесителя по готовому раствору составляет 2,5...3,0 м<sup>3</sup>/ч, мощность двигателя 4,0 кВт.

Растворосмеситель с вертикальным лопастным валом (рис. 6.7) с объемом готового замеса 65 л имеет три основных узла: чашу-тачку I, представляющую собой цилиндрическую чашу 2, смонтированную на тачке I, откидывающийся смеситель II, состоящий из вертикального лопастного вала 4, фланцевого электродвигателя 7 на напряжение 220/380 В с частотой 50 Гц, трехступенчатого цилиндрического редуктора 6, неподвижной лопасти 3 и ограждения 5, тележ-

ку, имеющую обрешитенные колеса 8, фиксаторы-ловушки 9 для установки чаши-тачки I и шкаф электрооборудования. При вращении по часовой стрелке лопастного вала, смещенного относительно центра чаши, движущаяся смесь увлекает за собой чашу, вращающуюся вокруг своей оси против часовой стрелки в опоре 10. Частота вращения чаши регулируется отклонением неподвижной лопасти 3, шарнирно соединенной с корпусом редуктора привода. Эта лопасть создает нужное направление потоков смеси и способствует лучшему перемешиванию компонентов.

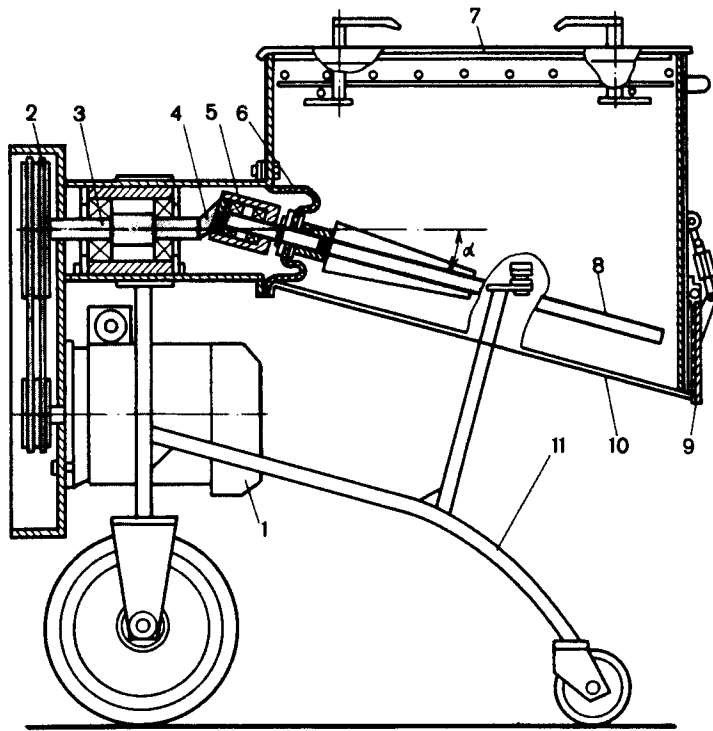
Привод шарнирно подвешен к раме одноосной тележки III, что позволяет поднимать лопастной вал по окончании цикла перемешивания и перемещать чашу с готовым замесом на тачке. При подъеме привода он автоматически отключается. Рабочее положение лопастей фиксируется специальным упором.

В комплект растворосмесителя входят две сменные чаши-тачки, которые попеременно используются в качестве барабана-смесителя и емкости готового раствора на месте укладки. Техническая производительность смесителя 1,2...1,5 м<sup>3</sup>/ч, продолжительность цикла перемешивания 1,5...2 мин.

Для приготовления декоративных отделочных составов подвижностью более 7 см (терразитовых, пастовых и других штукатурных растворов, содержащих перлит, вермикулит, асбестовое волокно, слюду и т. п.), используемых для устройства тонкослойных покрытий, применяют передвижной высокооборотный смеситель весельного типа с объемом готового замеса 40 л.

Смеситель (рис. 6.8) состоит из конусообразного бака 10 с загрузочным 7 и разгрузочным 9 люками, штыревой лопасти (весла) 8, смонтированной в чашке 5 с возможностью вращения в ней, диафрагмы 6, приводного вала 3 с поводком 4, клиноременной передачи 2 и электродвигателя 1. Все узлы смесителя смонтированы на трубчатой раме 11 с колесным ходом. Чашка жестко соединена с валом привода через поводок, что обеспечивает постоянный наклон лопасти по отношению к оси вала. Рабочий орган смесителя (лопасть) может быть оснащен механизмом регулирования угла наклона  $\alpha$ , что позволяет значительно уменьшить нагрузки на лопасть, возникающие в начальный момент перемешивания, путем установки наименьшего угла наклона лопасти.

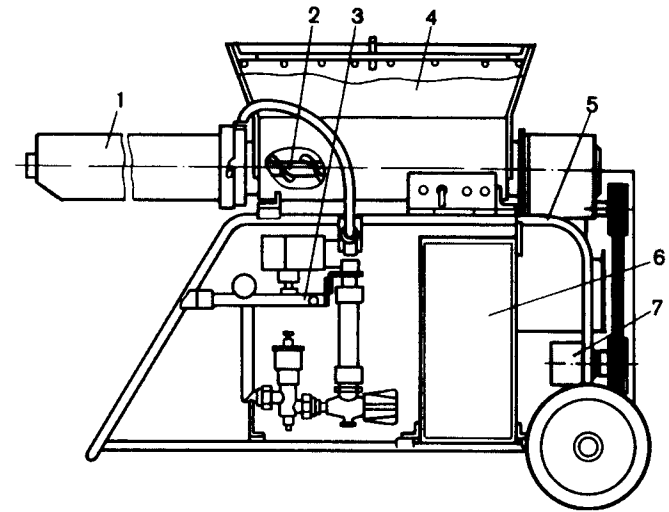
Работает смеситель следующим образом. Компоненты смеси загружают в бак через загрузочный люк, герметично закрываемый при работе смесителя. Затем включают привод, и вращение от электродвигателя мощностью 1,5 кВт через клиноременную передачу передается приводному валу и чашке, которая преобразовывает вращательное движение вала в колебательное движение (напоминающее движение весла) лопасти, перемешивающей компоненты смеси. Частота колебаний лопасти равна частоте вращения приводного ва-



Р и с. 6.8. Смеситель весельного типа

ла и составляет 7,8 с<sup>-1</sup>. Лопасть осуществляет высокоскоростную обработку раствора, что улучшает использование активных свойств вяжущего и качество перемешивания. Продолжительность перемешивания в зависимости от состава равна 40...80 с. Весельный смеситель способен также перерабатывать затвердевшие шпаклевки и штукатурки. Такими смесителями комплектуются передвижные штукатурные агрегаты на базе винтовых насосов.

**Передвижные смесители непрерывного действия** работают на сухих смесях и обеспечивают постоянное качество раствора. Сухие смеси на основе известкового, цементного и гипсового вяжущего централизованно готовят на специализированных заводах и поставляют на строительные площадки в мешках, бункерах, капсулах смесовозами и цементовозами. Наиболее целесообразно такие смесители использовать в высокопроизводительных штукатурных агрегатах и станциях, работающих на сухих смесях и обеспечивающих комплексную механизацию по приему сухих смесей, их переработке, перекачиванию готового раствора и его нанесению на обрабатываемую поверхность.



Р и с. 6.9. Передвижной смеситель непрерывного действия

Промышленность выпускает две одинаковые по конструкции модели смесителей непрерывного действия (рис. 6.9) производительностью 1,5 и 3,0 м<sup>3</sup>/ч.

Каждый смеситель состоит из приемного бункера 4, привода 7, шнека-дозатора 2 с приспособлением для рыхления сухого материала, смесительной цилиндрической камеры (трубы) 1 с выгрузочным окном, лопастного смесительного вала, помещенного в трубе и соединенного со шнеком-дозатором, вододозировочного устройства 3 с регулятором подвижности смеси и прибора для измерения расхода воды, рамы с колесами 5 и электрооборудования 6. Привод шнека-дозатора и лопастного вала осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу.

Принцип действия таких смесителей заключается в следующем: сухая смесь загружается в приемный бункер и шнеком-дозатором подается в смесительную камеру, где смешивается с водой, которая равномерно подается в емкость через систему дозирования для получения раствора требуемой консистенции. Винтовые лопасти смесителя обеспечивают передвижение смеси вдоль оси смесительной камеры к выгрузочному окну.

При небольших объемах работ смесители используют как самостоятельные действующие машины и загружают сухой смесью вручную из крафт-мешков. При работе смесителей в комплексе со штукатурными агрегатами и станциями их загрузка осуществляется из силоса с сухой смесью.

Применение растворовсмесителей непрерывного действия позволяет автоматизировать технологические процессы строительно-отделочных работ.

## 6.2. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОННЫХ И РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ

Для транспортирования товарных бетонных и растворных смесей на расстояния более 1 км от смесительных установок и заводов на строительные объекты применяют специализированные автотранспортные средства на базе шасси грузовых автомобилей — авторастворовозы, автобетоновозы и автобетоносмесители, оснащенные технологическим оборудованием для предотвращения потерь и сохранения качества смесей в пути следования. В некоторых случаях жесткие смеси перевозят в специально оборудованных автосамосвалах. На крупных стройках смеси перевозят в бункерах, бадьях, контейнерах, установленных в кузовах автомобилей или на железнодорожных платформах. Транспортирование смесей к месту укладки на небольшие расстояния во внутрипостроечных условиях осуществляется наиболее эффективно средствами трубного транспорта — бетоно- и растворонасосами, бетоно- и растворонагнетателями. При транспортировании по трубам обеспечивается непрерывность перемещения смеси в горизонтальном и вертикальном направлениях, сохраняется качество смеси и сводятся к минимуму ее потери. Трубный транспорт позволяет доставлять смеси в труднодоступные места и вести работы по их укладке в стесненных условиях.

На качество смесей, перевозимых специализированным автотранспортом, влияют продолжительность перевозки, температура смеси и окружающей среды, состояние дорожного покрытия.

**Авторастворовозы** применяют для транспортирования со скоростью до 65 км/ч качественных строительных растворов различной подвижности (5...13 см) с механическим побуждением в пути следования и порционной выдачи смеси на строительных объектах в приемные емкости растворонасосов, штукатурных агрегатов и станций, промежуточные расходные бункера и бадьи. Перемешивание раствора в пути следования обеспечивается шнековыми или лопастными побудителями, порционная выдача раствора — шиберными отсекающими (заслонками). Побудители и отсекатели имеют гидравлический привод. Авторастворовозы оборудуются бортовым устройством промыва цистерны водой, подогреваемой выхлопными газами, что облегчает уход за цистерной и препятствует нарастанию

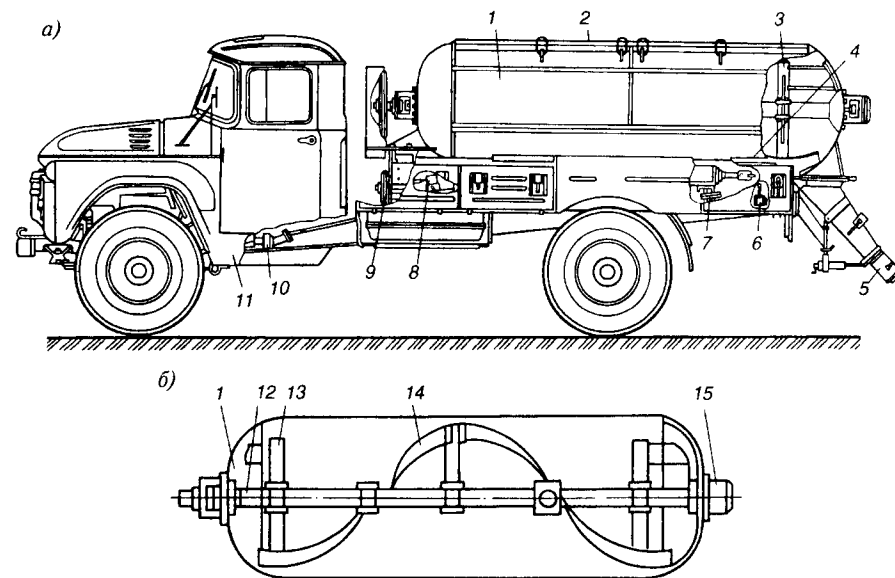


Рис. 6.10. Авторастворовоз:  
а — общий вид; б — цистерна с побудителем

скелетного остатка на ее стенках. Они работают при температуре окружающей среды от  $-20$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .

Главным параметром авторастворовозов является полезная вместимость цистерны (объем перевозимой смеси) в  $\text{м}^3$ .

Авторастворовоз (рис. 6.10, а) состоит из комплекта технологического оборудования, установленного на шасси автомобиля ЗИЛ. В комплект оборудования входит горизонтально установленная цистерна 1 полезной вместимостью  $2,5 \text{ м}^3$  с развернутой верхней лопастью, внутри которой имеется однолопастный лопастной побудитель 3 со спиралевидной лопастью 14 (рис. 6.10, б) для перемешивания раствора во избежание его расслаивания при транспортировке. Цистерна установлена на платформе 4.

Раствор в цистерну загружается сверху при открытых откидных двустворчатых крышках 2. Разгружается раствор через разгрузочное устройство 5, снабженное пневмоуправляемой шиберной заслонкой 7 и разгрузочными лотками. К разгрузочному устройству шарнирно прикреплен дополнительный поворотный лоток.

Лопастной вал 12 побудителя приводится во вращение с частотой  $5...15 \text{ мин}^{-1}$  от гидромотора 9 через закрытую зубчатую передачу. Привод насоса гидросистемы осуществляется от двигателя базовой машины 11 через коробку отбора мощности 10. При вращении вала побудителя по часовой стрелке осуществляется побуждение



растворной смеси, предупреждающее ее расслаивание. При вращении в обратную сторону побудитель обеспечивает подачу растворной смеси к разгрузочному устройству. Лопасть 14 крепится к стойкам 13 лопастного вала 12, вращающемуся в подшипниках 15.

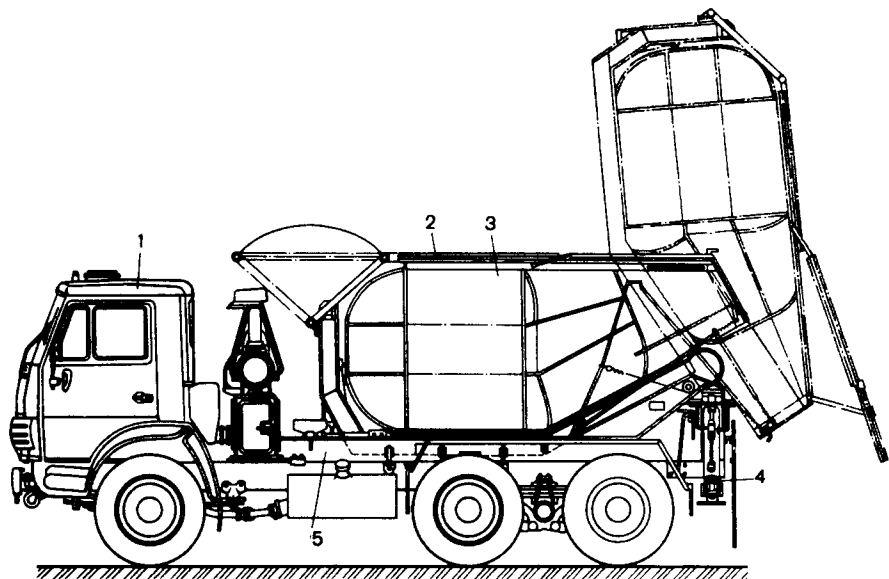
Управляют работой побудителя с помощью гидрораспределителей 8 как с панели управления 6, так и из кабины водителя.

Механическая система разгрузки цистерны с управляемой шиберной заслонкой позволяет выдавать раствор порциями и за один рейс машины обслуживать несколько строительных объектов.

Полезная вместимость цистерны автобетоновозов 2,5...4,6 м<sup>3</sup>.

**Автобетоновозы** применяют для перевозки товарных бетонных смесей на расстояния до 5...10 км. Рабочим органом автобетоновозов является опрокидной кузов каплеобразной формы с высокими бортами, наклоняемый назад гидроподъемником при разгрузке на угол до 90°. Автобетоновозы оборудуются устройствами для промывки кузова, обогрева кузова выхлопными газами, встряхивания кузова при разгрузке. Главным параметром автобетоновозов является полезная вместимость кузова (объем перевозимой бетонной смеси) в м<sup>3</sup>. Современные автобетоновозы конструктивно подобны и максимально унифицированы.

Автобетоновоз (рис. 6.11) смонтирован на базе шасси 1 автомобиля и оборудован кузовом 3 полезной вместимостью 4 м<sup>3</sup>. Кузов наклоняется назад при разгрузке относительно опорной рамы 5 на



Р и с. 6.11. Автобетоновоз

угол до 90° двумя телескопическими гидроцилиндрами. Для обеспечения устойчивости автобетоновоза при подъеме кузова и разгрузки заднего моста шасси машины оборудована двумя гидродомкратами 4. Гидроцилиндры и гидродомкраты работают от гидросистемы базового шасси. Кузов сужен к разгрузочному отверстию, расположенному выше уровня транспортируемой смеси, что практически исключает потери смеси в пути. Для полной выгрузки смеси без применения ручного труда кузов снабжен встроенным вибратором с гидравлическим приводом, встряхивающим кузов в любых положениях в процессе подъема и опускания. Для предохранения перевозимой смеси от воздействия атмосферных осадков, ветра и высоких температур кузов сверху закрывается крышкой 2, а для предохранения смеси от воздействия низких отрицательных температур кузов имеет двойные стенки, между которыми циркулируют выхлопные газы автомобиля. Рабочий цикл по доставке смеси автобетоновозом включает в себя следующие технологические операции: загрузку готовой смеси на заводе, закрывание кузова крышкой, собственно транспортирование, выгрузку смеси путем опрокидывания кузова, очистку внутренней поверхности кузова, возврат его в исходное положение и поездку за новой порцией смеси. Доставляемая автобетоновозами смесь разгружается непосредственно на месте укладки или в промежуточные емкости — бункера, бады и др.

Грузоподъемность автобетоновозов 4,0...10 т, объем перевозимой бетонной смеси 2,5...4,0 м<sup>3</sup>, продолжительность выгрузки бетонной смеси 1,5...2 мин.

**Автобетоносмесители** применяют для приготовления бетонной смеси в пути следования от питающих отдозированными сухими компонентами специализированных установок к месту укладки, приготовления бетонной смеси непосредственно на строительном объекте, а также транспортирования готовой качественной смеси с побуждением ее при перевозке. Они представляют собой гравитационные реверсивные бетоносмесители с индивидуальным приводом, установленные на шасси грузовых автомобилей.

Главным параметром автобетоносмесителей является объем готового замеса (в м<sup>3</sup>). Технологическое оборудование отечественных автобетоносмесителей имеет одинаковую конструкцию и максимально унифицировано. Автобетоносмесители работают при температуре окружающего воздуха от -30 до +40 °С.

Автобетоносмеситель (рис. 6.12) с объемом готового замеса 4 м<sup>3</sup> смонтирован на шасси 1 грузового автомобиля КамАЗ. Рабочее оборудование автобетоносмесителя включает раму 9, смесительный барабан 4 с загрузочно-разгрузочным устройством, механизм 3 вращения барабана, дозировочно-промывочный бак 2, водяной центробежный насос, систему управления оборудованием с рычагами 10, 12 и контрольно-измерительные приборы 11. Смеситель-

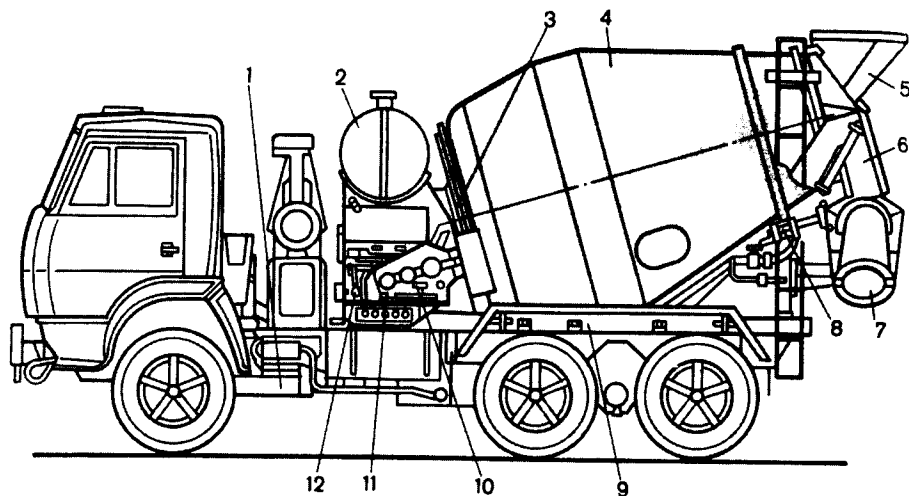


Рис. 6.12. Автобетоносмеситель

ный барабан имеет три опорные точки и наклонен к горизонту под углом  $15^\circ$ . Загрузочно-разгрузочное устройство состоит из загрузочной 5 и разгрузочной 6 воронок, складного лотка 7 переменной длины и поворотного устройства 8. Лоток может поворачиваться при разгрузке в горизонтальной плоскости на угол до  $180^\circ$  и в вертикальной плоскости на угол до  $60^\circ$ . На внутренней поверхности барабана укреплены две спиральные лопасти 11 (рис. 6.13), угол наклона которых подобран таким образом, что при вращении в одном направлении компоненты смеси направляются в нижнюю часть барабана, где происходит их гравитационное перемешивание, а при вращении в обратную сторону лопасти подают готовую

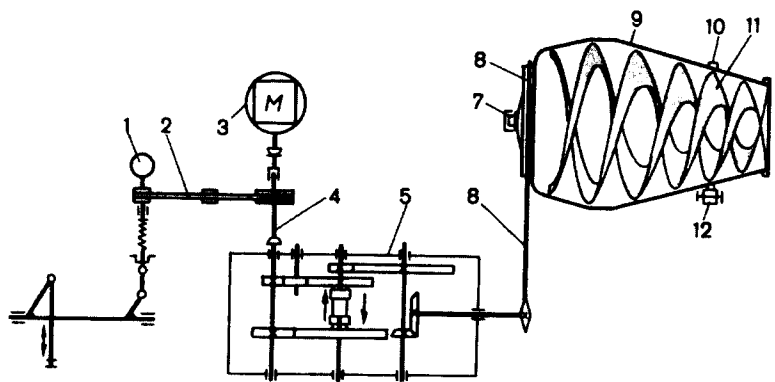


Рис. 6.13. Кинематическая схема автобетоносмесителя

смесь к приемному лотку, соединенному с поворотным разгрузочным желобом. Вращение барабану 9 сообщается от индивидуального дизельного двигателя 3 через реверсивный зубчатый редуктор 5 и цепную передачу 6, ведомая звездочка 8 которой жестко прикреплена к сферическому дну барабана. Барабан опирается спереди на раму шасси центральной цапфой 7, а сзади — гладким бандажом 10 на опорные ролики 12, установленные на шарикоподшипниках. Привод обеспечивает две частоты вращения барабана в обе стороны при загрузке, перемешивании и разгрузке. Частоту вращения при загрузке выбирают в зависимости от производительности питающей установки. Приготовление смеси в пути следования производят при дальности транспортировки не более 10...15 км, при этом отдозированные компоненты в смесительный барабан загружают одновременно. При перевозках на большие расстояния в барабан загружают сначала сухие компоненты (цемент и заполнители), а подачу воды и приготовление смеси производят непосредственно на объекте. Заданная порция воды подается в смесительный барабан из дозировочно-промывочного бака центробежным насосом 1 через сопло в загрузочной воронке. Через то же сопло производится промывка барабана водой после разгрузки. Привод насоса осуществляется от двигателя 3 через карданный вал 4 и клиноременную передачу 2. При транспортировке готовой бетонной смеси во избежание ее расслаивания барабан вращается с пониженной частотой, непрерывно перемешивая смесь.

Автобетоносмеситель с гидравлическим приводом и с объемом готового замеса барабана  $5 \text{ м}^3$  отличается от автобетоносмесителя с механическим приводом системой привода барабана и отбора мощности, а также возможностью бесступенчатого регулирования частоты вращения смесительного барабана в диапазоне  $0...20 \text{ мин}^{-1}$ . Вращение смесительному барабану сообщается от реверсивного гидромотора с рабочим давлением 25 МПа через планетарный редуктор. Питание гидромотора осуществляется от регулируемого реверсивного гидронасоса, получающего вращение от коробки отбора мощности через карданный вал.

Техническая часовая производительность автобетоносмесителя ( $\text{м}^3/\text{ч}$ )

$$P_T = 60VK_{об}K_{вых}/T_{ц}, \quad (6.4)$$

где  $V$  — вместимость барабана,  $\text{м}^3$ ;  $K_{об}$  — коэффициент использования геометрического объема, представляющего отношение объема сухих составляющих, загружаемых в барабан, к геометрическому его объему;  $K_{вых}$  — коэффициент, характеризующий выход смеси и определяемый отношением ее объема к объему сухих составляющих;  $T_{ц}$  — продолжительность цикла автобетоносмесителя, мин

$$T_{ц} = 60L(v_{гр} + v_{пор})/(v_{гр}v_{пор}) + t_3 + t_p + t_{п}, \quad (6.5)$$

где  $L$  — дальность перевозки смеси, км;  $v_{гр}$  и  $v_{пор}$  — скорость движения автобетоносмесителя в груженом и порожнем состояниях, км/ч;  $t_3$  — продолжительность загрузки барабана сухими составляющими, мин;  $t_p$  и  $t_{п}$  — продолжительность разгрузочных и промывочных операций, мин.

При перевозке автобетоносмесителем готовой бетонной смеси коэффициент  $K_{вых}$  в формуле (6.4) принимают равным единице.

**Автобетононасосы** предназначены для подачи свежеприготовленной бетонной смеси с осадкой конуса 6...12 см в горизонтальном и вертикальном направлениях к месту укладки при возведении сооружений из монолитного бетона и железобетона. Они представляют собой самоходные мобильные бетонотранспортные машины, состоящие из базового автошасси, бетононасоса с гидравлическим приводом и шарнирно сочлененной стрелы с бетоноводом для распределения бетонной смеси в зоне действия стрелы во всех ее пространственных положениях. Автобетононасосы конструктивно подобны и оборудуются двухцилиндровыми гидравлическими поршневыми и роторно-шланговыми бетононасосами.

Поршневой гидравлический бетононасос (рис. 6.14) состоит из двух бетонотранспортных цилиндров 6, поршни которых получают синхронное движение во взаимно противоположных направлениях от индивидуальных рабочих гидроцилиндров 10, осуществляя попеременно такт всасывания смеси из приемной воронки 3 и такт нагнетания ее в бетоновод 1. Движение поршней согласовано с работой поворотного бетонораспределительного устройства 2, по-

ворот которого на определенный угол осуществляется с помощью двух гидроцилиндров 12. Когда в одном из бетонотранспортных цилиндров бетонная смесь всасывается из воронки, во втором через поворотную трубу распределительного устройства смесь нагнетается в бетоновод 1.

В конце хода нагнетания распределительное устройство изменяет свое положение одновременно с переключением хода приводных гидроцилиндров с помощью следящей системы.

Приемная воронка оборудована в верхней части решеткой 4, а в нижней — лопастным побудителем с приводом 11.

Бетонотранспортные цилиндры помещены в корпус 5, имеющий резервуар 8 для промывочной воды и сообщающийся со штоковыми полостями бетонотранспортных цилиндров. При замене промывочную воду сливают через спускное отверстие, перекрываемое крышкой с рукояткой 7. Бетононасос снабжен электрогидравлическим блоком управления 9.

Гидравлический привод обеспечивает более равномерное движение смеси в бетоноводе, предохраняет узлы насоса от перегрузок и позволяет в широком диапазоне регулировать рабочее давление и производительность машины. Двухпоршневые бетононасосы с гидравлическим приводом обеспечивают диапазон регулирования объемной подачи от 5 до 65 м<sup>3</sup>/ч при максимальной дальности подачи до 400 м по горизонтали и до 80 м по вертикали.

Техническая производительность (м<sup>3</sup>/ч) поршневых бетононасосов

$$P_T = 3600AlnK_n, \quad (6.6)$$

где  $A$  — площадь поперечного сечения поршня, м<sup>2</sup>;  $l$  — длина хода поршня, м;  $n$  — число двойных ходов поршня, с<sup>-1</sup>;  $K_n = 0,8...0,9$  — коэффициент наполнения смесью бетонотранспортного цилиндра.

Главным параметром автобетононасосов является объемная подача (производительность) в м<sup>3</sup>/ч.

В беспоршневом роторно-шланговом бетононасосе с гидравлическим приводом (рис. 6.15) два обремененных ролика 3 ротора 4 прокатываются по участку эластичного шланга 1, заключенному в полукольцевой насосной камере 2, и выдавливают из него бетонную смесь в напорный рукав 5, соединенный с бетоноводом 6. Во всасывающем рукаве 9 за счет упругого восстановления формы шлангом создается разря-

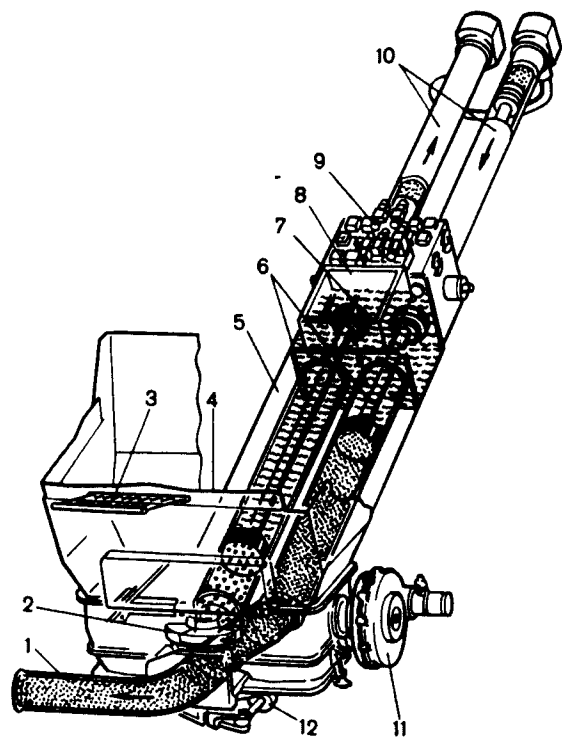


Рис. 6.14. Гидравлический поршневой бетононасос

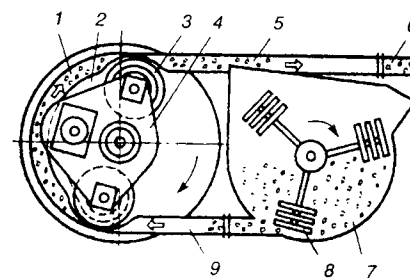


Рис. 6.15. Роторно-шланговый бетононасос

жение, необходимое для засасывания бетонной смеси из приемного бункера 7 с лопастным смесителем 8, непрерывно перемешивающим смесь. Современные роторно-шланговые бетононасосы имеют производительность 30...70 м<sup>3</sup>/ч и обеспечивают подачу бетонной смеси до 300 м по горизонтали и до 70 м по вертикали.

В качестве сборно-разборных бетоноводов бетононасосных установок используют стальные длиной до 3 м бесшовные трубы постоянного диаметра на всем его протяжении. Прочность и герметичность соединения труб на стыках обеспечивается специальными быстродействующими рычажными замками.

Насосы с гидравлическим приводом выпускают в стационарном и передвижном вариантах, включая модели на шасси автомобилей со стреловым оборудованием (автобетононасосы).

Автобетононасос (рис. 6.16) подает товарный бетон в горизонтальном и вертикальном направлениях к месту укладки с помощью распределительной стрелы 4 с бетоноводом 9 или инвентарного бетоновода. Распределительная стрела состоит из трех шарнирно сочлененных секций, движение которым в вертикальной плоскости сообщается гидроцилиндрами двустороннего действия 5, 7 и 11. На раме автобетононасоса смонтированы гидробак 6, бак для воды 10 и компрессор 12. Стрела монтируется на поворотной колонне 3, опирающейся на раму 15 шасси 1 через опорно-поворотное устройство 2, поворачивается в плане на 360° гидравлическим поворотным механизмом и имеет радиус действия до 19 м. Прикрепленный к стреле шарнирно сочлененный секционный бетоновод 9 заканчивается гибким шлангом 13. Бетонная смесь подается в приемную воронку 14 бетононасоса 8 из автобетоносмесителя или автобетоновоза. При работе автобетононасос опирается на выносные гидравлические опоры 16. Автобетононасосы имеют переносной пульт

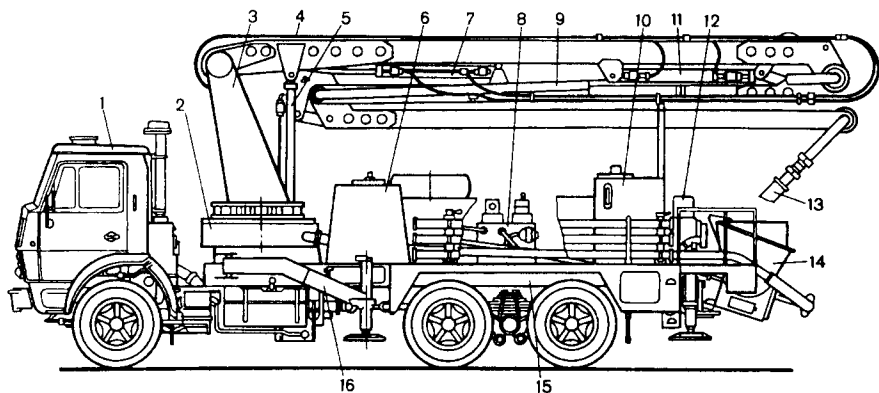


Рис. 6.16. Автобетононасос

дистанционного управления движениями стрелы, расходом бетонной смеси и включением-выключением бетононасоса, что позволяет машинисту находиться вблизи места укладки смеси.

### 6.3. МАШИНЫ ДЛЯ УКЛАДКИ И УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

При укладке бетонную смесь уплотняют с целью вытеснения содержащегося в ней воздуха и более компактного расположения составляющих. Уплотняют бетонную смесь вибрированием, сообщая ее частицам механические колебания, возбудителями которых являются вибраторы. При вибрировании бетонная смесь приобретает повышенную подвижность, способствующую вытеснению воздуха и заполнению всех пустот между арматурой и опалубкой. От качества уплотнения зависят прочность и долговечность сооружения или изделия.

Колебания в вибраторах создаются двумя способами: вращением закрепленной на валу неуравновешенной массы (дебаланса) и возвратно-поступательным направленным перемещением массы. Вращение неуравновешенной массе может сообщаться от различного рода двигателей: электрического (электромеханические вибраторы), пневматического (пневматические вибраторы), гидравлического (гидромеханические вибраторы), внутреннего сгорания (моторные вибраторы). Возвратно-поступательное движение массе сообщается электромагнитом (электромагнитные вибраторы). Одно- и многовалевые дебалансные и планетарные вибраторы возбуждают круговые колебания; дебалансные вибраторы с четным количеством валов, маятниковые одно- и многовалевые и электромагнитные вибраторы — направленные.

В строительстве наибольшее распространение получили электрические и пневматические вибраторы с круговыми колебаниями. По сравнению с электрическими пневматические вибраторы применяются реже, так как они нуждаются в компрессорной установке и при работе издадут шум. Электрические вибраторы в индексе модели имеют буквенное обозначение ИВ, пневматические — ВП. Цифровая часть индекса означает номер модели, буквы после цифрового индекса — порядковую модернизацию вибратора. Каждый вибратор характеризуется вынуждающей силой, статическим моментом дебалансов, частотой и амплитудой колебаний.

Частоту колебаний вибратора подбирают в зависимости от подвижности бетонной смеси и размера фракций ее заполнителей. Бетонные смеси с крупными фракциями заполнителей уплотняют вибраторами с низкой частотой и большой амплитудой колебаний, с мелкими фракциями — вибраторами с высокой частотой и малой амплитудой

колебаний. У большинства вибраторов частота колебаний соответствует средним фракциям заполнителей. Продолжительность работы вибратора на одной позиции должна быть такой, чтобы обеспечить достаточное уплотнение бетонной смеси; конец вибрирования определяют по внешним признакам уплотнения бетонной смеси — прекращение оседания смеси, появление цементного молока на ее поверхности и прекращение выделения воздушных пузырьков.

По способу воздействия на уплотняемую бетонную смесь различают поверхностные (рис. 6.17, а), наружные (рис. 6.17, б) и глубинные (рис. 6.17, в) вибраторы.

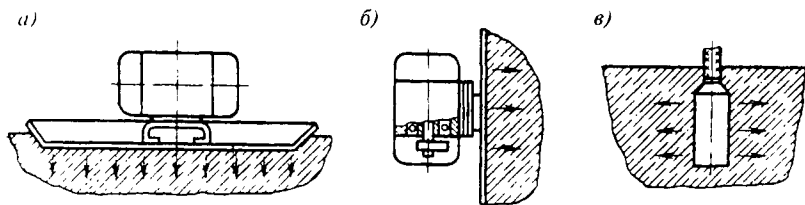


Рис. 6.17. Схемы вибраторов

**Поверхностные электрические вибраторы** передают колебания уложенной массе бетона через корытообразную прямоугольную площадку (площадочные вибраторы) или удлиненную балку-рейку (виброрейки). Такие вибраторы перемещают по уплотняемой поверхности в процессе работы вручную с помощью гибких тяг. Их применяют при бетонировании неармированных или армированных одиночной арматурой перекрытий, полов, сводов, дорожных покрытий, откосов каналов и других конструкций толщиной не более 0,25 м, выполняемых в монолите.

В качестве вибровозбудителей поверхностных вибраторов применяют однофазные электрические дебалансные вибраторы общего назначения с круговыми колебаниями и встроенным электродвигателем.

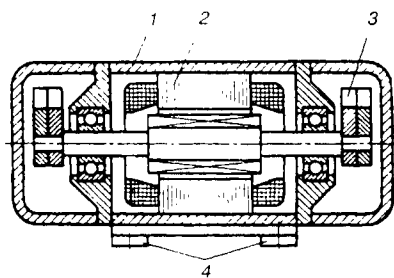


Рис. 6.18. Дебалансный мотор-вибратор

Поверхностные электрические вибраторы имеют одинаковые по конструкции однофазные вибрационные дебалансные механизмы со встроенным электродвигателем (мотор-вибраторы), возбуждающие круговые колебания. Составными элементами мотор-вибратора (рис. 6.18) являются трехфазный асинхронный электродвигатель 2 с короткозамкнутым ротором, на кон-

сольных концах вала которого жестко закреплены два дебаланса 3, симметрично расположенные относительно электродвигателя, и литой алюминиевый корпус 1 с четырьмя кронштейнами 4 для крепления с помощью болтов к основанию, передающему колебания уплотняемой смеси. Статический момент каждого дебаланса равен половине общего статического момента дебалансов вибратора. Дебалансы закрыты крышками. Вал ротора опирается на два ролико- или шарикоподшипника, установленных в подшипниковых щитах.

Возникающая при вращении дебалансов вынуждающая сила (Н)

$$F = Mw^2, \quad (6.7)$$

где  $M$  — статический момент дебаланса, кг-см;  $w$  — угловая скорость дебаланса, рад/с;

$$M = kme, \quad (6.8)$$

где  $k$  — общее число дебалансов вибратора;  $m$  — масса дебаланса, кг;  $e$  — эксцентриситет дебаланса, т. е. расстояние от центра тяжести дебаланса до оси его вращения, см.

Амплитуда колебаний поверхностного вибратора (см)

$$a = M/(m_m + m_v), \quad (6.9)$$

где  $m_m$  — масса частей машины, приводимых в колебания и жестко связанных с вибратором, кг;  $m_v$  — масса вибратора, кг.

Для регулирования величины вынуждающей силы, создаваемой вибратором, каждый дебаланс выполнен из двух скрепляемых между собой частей — поворотной и неподвижной относительно вала ротора, при изменении взаимного положения которых изменяется статический момент дебаланса и соответствующая ему величина вынуждающей силы. При настройке вибратора на определенную величину вынуждающей силы подвижные части обоих дебалансов поворачиваются относительно закрепленных на валу ротора неподвижных частей на одинаковый угол.

Частота вращения вала ротора электродвигателя равна частоте колебаний корпуса вибратора. По частоте возбуждаемых колебаний различают вибраторы *нормальной* частоты, оснащенные электродвигателями с синхронной частотой вращения вала ротора  $50 \text{ с}^{-1}$ , и вибраторы *низкой* и *высокой* частоты с синхронной частотой вращения меньше или больше  $50 \text{ с}^{-1}$ .

В конструкциях поверхностных вибраторов используются мотор-вибраторы с электродвигателями напряжением 36...42 В, мощностью 0,26...0,6 кВт. Они развивают вынуждающую силу 2...9 кН при частоте колебаний 50 Гц. Вибраторы подключают к электрической сети переменного тока напряжением 220/380 В, частотой 50 Гц через понижающий трансформатор.

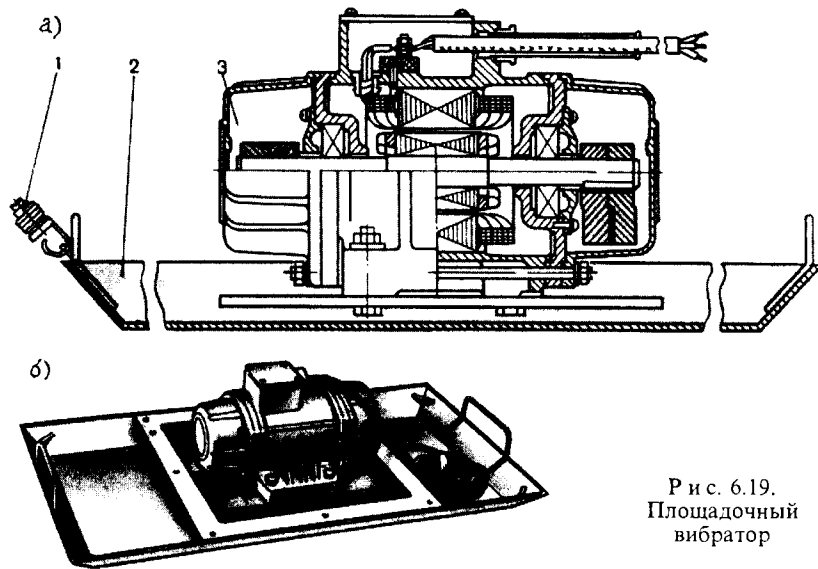


Рис. 6.19.  
Площадочный  
вибратор

**Площадочный вибратор** (рис. 6.19) передает колебания уложенной массе бетона через корытообразную прямоугольную в плане металлическую площадку 2, к которой болтами жестко прикреплен мотор-вибратор. При работе площадочный вибратор уплотняет отдельные участки заранее распределенного слоя бетонной смеси. Вибратор перемещают в процессе работы вручную с помощью тег 1 с рукоятками или с помощью легких грузоподъемных средств. Электродвигатель вибратора мощностью 0,6 кВт подключают к питающему кабелю через штепсельное соединение. Вибратор развивает вынуждающую силу 4,5...9,0 кН. Размеры опорной площадки вибратора (ширина × длина) составляют 600×1100 мм, масса 60 кг, амплитуда колебаний 0,2...0,3 мм.

**Виброрейки** применяют для разравнивания, уплотнения и предварительного заглаживания цементно-песчаных и бетонных стяжек, а также бетонных, мозаичных, полимерцементных и полимербетонных полов (см. гл. 7).

Продолжительность вибрирования с одной позиции для поверхностных вибраторов составляет 20...50 с.

Эксплуатационная производительность поверхностных вибраторов по объему уплотненной смеси ( $m^3/ч$ )

$$P_3 = 3600AhK_v/(t_1 + t_2), \quad (6.10)$$

где  $A$  — рабочая площадь основания вибратора,  $m^2$ ;  $h$  — толщина слоя, прорабатываемого вибратором,  $m$ ;  $t_1$  — продолжительность

вибрирования с одной позиции,  $s$ ;  $t_2$  — продолжительность перестановки вибратора с одной позиции на другую,  $s$ ;  $K_v$  — коэффициент использования вибратора по времени ( $K_v = 0,75...0,85$ ).

**Наружные вибраторы** передают колебания уплотняемой смеси через опалубку или форму, к которым прикрепляются снаружи с помощью специальных крепежных устройств. Такие вибраторы применяют при бетонировании тонких густоармированных и высоких монолитных сооружений, изготовлении различных элементов сборных железобетонных конструкций — колонн, балок и т. п. Их используют также для побуждения выгрузки сыпучих и вязких материалов из воронок, бункеров, бадей и лотков. В качестве наружных вибраторов используют электрические дебалансные вибраторы общего назначения с круговыми колебаниями, электрические маятниковые вибраторы с направленными колебаниями и пневматические прикрепляемые вибраторы с планетарно-фрикционными вибровозбудителями.

**Пневматические прикрепляемые вибраторы** выполнены по единой конструктивной схеме и состоят из планетарного возбудителя и гибкого резинового шланга с пусковым краном, подсоединяемого к источнику сжатого воздуха — компрессору или внешней воздухопроводной линии. Основными элементами планетарно-фрикционного вибровозбудителя (рис. 6.20) являются статор 4 с одной текстолитовой лопаткой 5, закрепленный неподвижно в боковых щитах корпуса 1, и полый неуравновешенный относительно собственной оси ротор 3. Ротор выполняет роль бегунка-дебаланса и планетарно обкатывается вокруг статора. Лопатка, помещенная в продольном пазу статора, разделяет пространство между статором и ротором на две полости — рабочую  $A$  и выхлопную  $B$ . Сжатый воздух, поступающий в рабочую полость через отверстие в статоре, приводит во вращение ротор, который планетарно обкатывается по цилиндрической поверхности статора, прижимаясь к ней под действием центро-

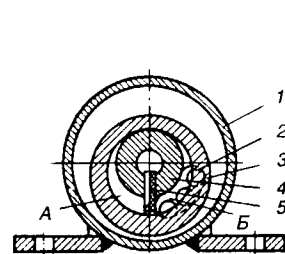


Рис. 6.20. Вибровозбудитель  
пневматического вибратора

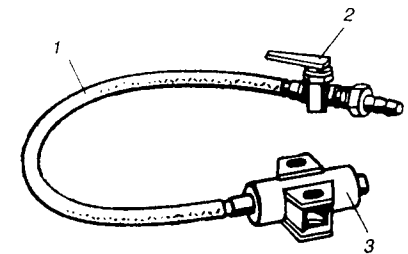


Рис. 6.21. Пневматический  
прикрепляемый вибратор

бежной силы. Отработанный воздух из выхлопной полости выбрасывается в атмосферу через выпускные отверстия 2 в щитах корпуса.

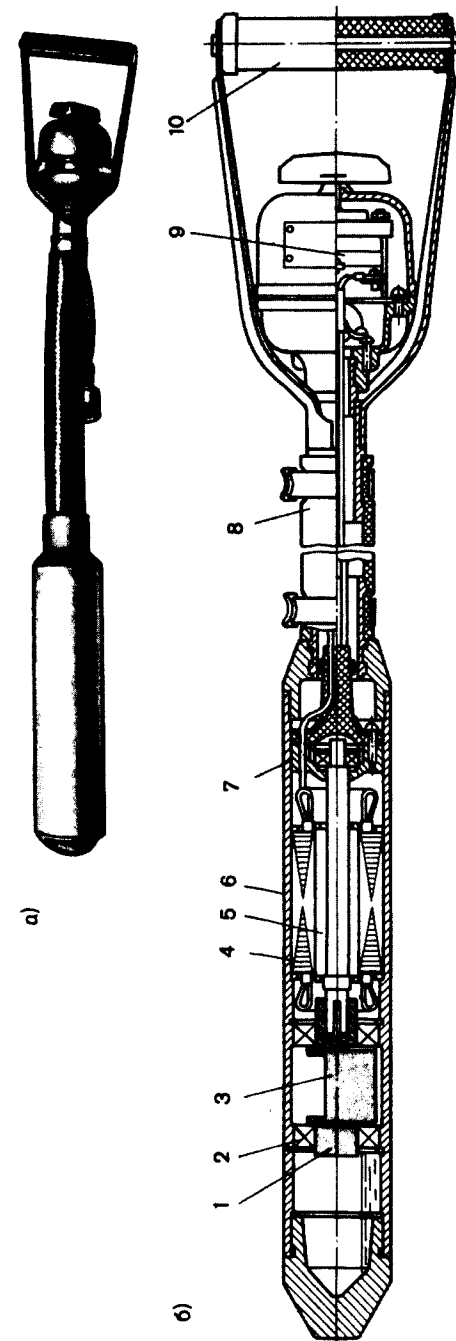
Лопатка постоянно прижата к бегунку-дебалансу под давлением воздуха во внутренней полости статора. За счет планетарной обкатки вибратор возбуждает колебания высокой частоты 133...200 Гц.

**Глубинные вибраторы** имеют рабочий орган в виде цилиндрического вибронаконечника, погружаемого в уплотняемую смесь. Такие вибраторы применяют для уплотнения бетонных смесей при укладке их в монолитные неармированные бетонные и железобетонные конструкции с различной степенью армирования (фундаменты, стены, колонны, сваи, балки и др.), а также при изготовлении крупных бетонных и железобетонных изделий для сборного строительства.

Наружный диаметр и длину вибронаконечника вибраторов подбирают такими, чтобы обеспечить ему беспрепятственное движение в зазорах между арматурой. Глубинные вибраторы выпускают с электрическим и пневматическим приводами. Они могут быть ручными (обслуживаются оператором) и навесными (подвешиваются на крюк гидropодъемного устройства).

Вибровозбудитель электрических глубинных вибраторов может приводиться в действие через гибкий вал от переносного и располагаемого на поверхности электропривода (вибраторы с гибким валом) или от встроенного в вибронаконечник электрического или пневматического двигателя (вибраторы со встроенным двигателем). Глубинные вибраторы имеют дебалансные и фрикционно-планетарные вибровозбудители.

*Глубинные ручные дебалансные вибраторы со встроенным электроприводом* (рис. 6.22) имеют единую конструктивную схему. Дебалансный вибровозбудитель представляет собой герметически закрытый стальной цилиндрический корпус 6, в который встроены высокочастотный трехфазный асинхронный электродвигатель 4 с короткозамкнутым ротором 5 и полый дебалансный вал 1 с дебалансом 3, вращающийся в двух подшипниках качения 2. Подшипники смазываются жидкой смазкой, поступающей через полый дебалансный вал из нижней полости наконечника. В корпус встроены подшипниковый узел 7, на который опирается консоль вала ротора. Вращающийся дебаланс создает непрерывно меняющую свое направление вынуждающую силу, благодаря чему вибронаконечник совершает круговые колебания, которые передаются уплотняемой смеси. Частота колебаний вибронаконечника равна частоте вращения электродвигателя. Вибронаконечник соединен с рукоятью 10 оператора виброизолирующим резинотканевым рукавом 8 или металлической штангой, внутри которых проходит питающий кабель электродвигателя. В рукоять вмонтирован пакетный выключатель 9 для включения и выключения электродвигателя вибратора. Элек-



Р и с. 6.22. Ручной глубинный электрический дебалансный вибратор

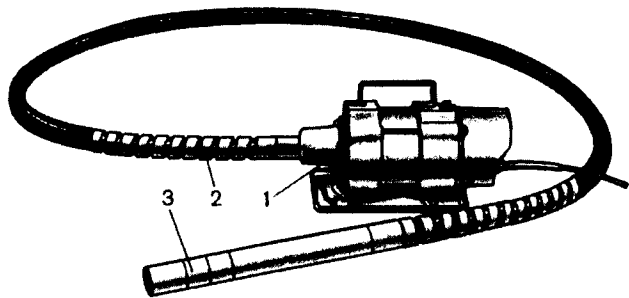


Рис. 6.23. Ручной глубинный электровибратор с гибким валом

тродвигатели вибраторов работают на токе повышенной частоты (200 Гц) при напряжении 36...42 В и подключаются к внешней электросети через преобразователь частоты.

Глубинные ручные электрические вибраторы с гибким валом (рис. 6.23) однотипны по конструкции и состоят из переносного электродвигателя 1 с рукояткой для переноса и выключателем сменного вибронаконечника 3 с планетарным механизмом возбуждения колебаний и гибкого вала 2 для передачи крутящего момента от электродвигателя к шпинделю вибронаконечника. Такие вибраторы характеризуются повышенной частотой колебаний (167...334 Гц), малыми размерами наконечника (диаметр 51...76 мм, длина 420...430 мм) и применяются для уплотнения бетонных смесей с мелким заполнителем при изготовлении густо- и среднеармированных железобетонных конструкций и изделий. Вибронаконечники вибраторов с гибким валом могут работать в вертикальном или наклонном положении.

Вибронаконечник (рис. 6.24) состоит из корпуса 4, шпинделя 1, опирающегося на шарикоподшипники, дебаланса-бегунка 5 и упругой муфты 2, позволяющей бегунку-дебалансу отклоняться от оси вращения шпинделя на расчетный угол. Колебания корпуса вибронаконечника создаются бегунком-дебалансом, планетарно обкатываемым по конусной поверхности неподвижной втулки или сердечника 6, жестко соединенных с корпусом. Бегунок-дебаланс выполнен заодно со штангой 3.

Различают вибронаконечники с *внутренней* (рис. 6.24, б) и *внешней* (рис. 6.24, а) обкаткой дебаланса. У первых бегунок своей внутренней конической поверхностью обкатывается по конической поверхности пальца, запрессованного в днище корпуса, у вторых бегунок своей наружной конической поверхностью обкатывается по внутренней конической поверхности втулки, приваренной к корпусу.

При пуске вибратора бегунок-дебаланс сначала вращается в воздухе, а затем под действием центробежной силы начинает откло-

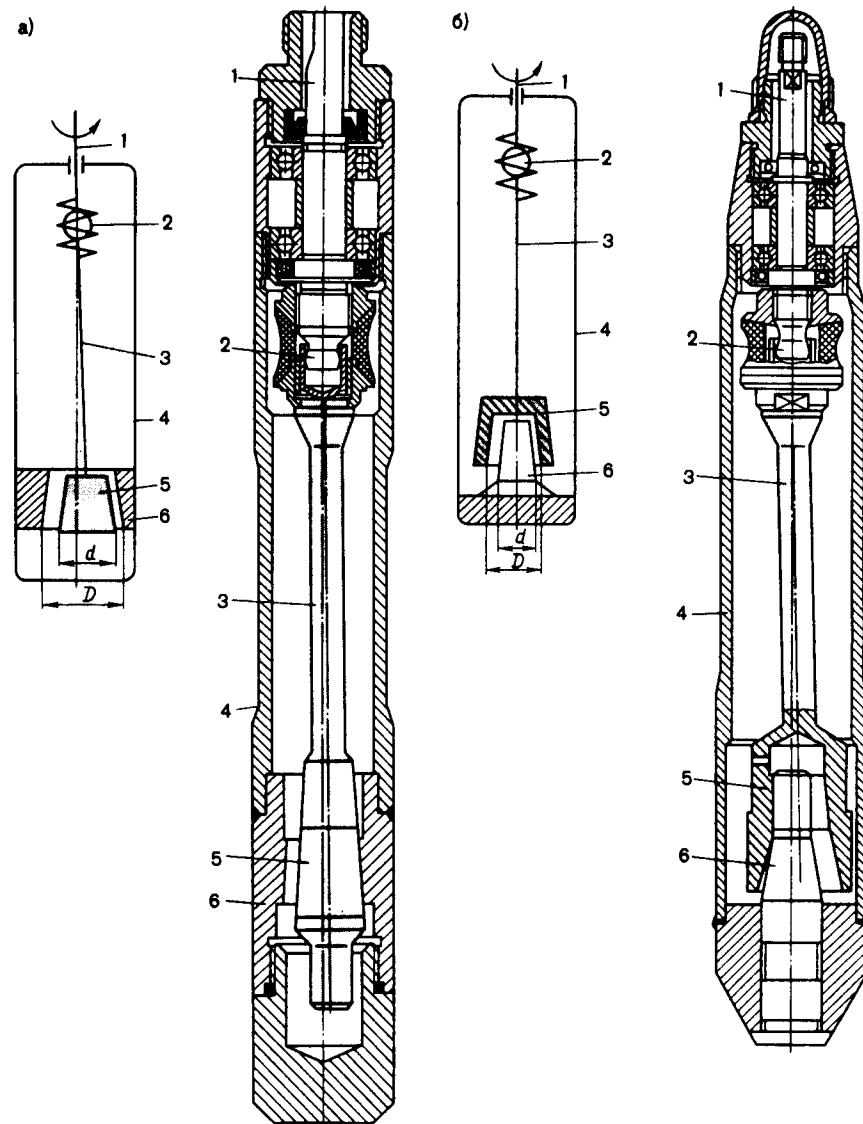


Рис. 6.24. Вибронаконечники с внешней (а) и внутренней (б) обкаткой бегунка-дебаланса

няться от геометрической оси вибронаконечника на угол до  $5^\circ$  и наносить удары по втулке или пальцу, возбуждая колебания корпуса наконечника. Соответствующим подбором соотношения диаметров втулки и бегунка-дебаланса можно получать высокую частоту коле-



баний корпуса вибратора при сравнительно небольшой частоте вращения вала электродвигателя.

Частота колебаний вибронаконечника  $n_b$  (Гц) зависит от угловой скорости планетарного движения бегунка-дебаланса.

При внутренней обкатке бегунка-дебаланса

$$n_b = n_{ш}/(1 - D/d), \quad (6.11)$$

при внешней обкатке

$$n_b = n_{ш}/(D/d - 1), \quad (6.12)$$

где  $n_{ш}$  — частота вращения шпинделя (вала),  $c^{-1}$ ;  $D$  — диаметр втулки или пальца, мм;  $d$  — диаметр бегунка-дебаланса, мм.

Вынуждающая сила, развиваемая бегунком-дебалансом при его вращении (Н),

$$F = mw^2R, \quad (6.13)$$

где  $m$  — масса бегунка-дебаланса, кг;  $w$  — угловая скорость центра масс бегунка-дебаланса, рад/с;  $R$  — расстояние от центра тяжести бегунка-дебаланса до оси втулки или пальца, м.

Статический момент массы бегунка-дебаланса (кг·м)

$$M = mR. \quad (6.14)$$

Вращение шпинделю с дебалансом сообщается от переносного электродвигателя через гибкий вал правого вращения (во избежание его раскручивания) диаметром 8...12 мм, заключенный в защитный резинометаллический шланг-броню. За гибкий вал вибратор удерживается при работе. На обоих концах гибкого вала имеются накопечники для присоединения к валу электродвигателя и шпинделю вибронаконечника. В качестве привода планетарных вибраторов используют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, работающие на токе нормальной частоты (50 Гц) при напряжении 36...42 В и подключаемые к внешней электросети через понижающий трансформатор. Электродвигатели монтируют на корытообразной подставке, позволяющей устанавливать привод на свежееуложенную смесь.

Отделочные работы представляют собой комплекс строительных процессов по наружной и внутренней отделке зданий и сооружений с целью повышения их защитно-эксплуатационных и архитектурно-эстетических качеств. Отделочные работы являются наиболее сложными и трудоемкими и составляют в настоящее время около 25...30% общих трудовых затрат, которые достигают 15...18% от общей стоимости строительства. Около 30% всех строителей, участвующих в сооружении зданий, занято на отделочных работах.

Основная часть отделочных работ в силу их специфики выполняется в сжатые сроки в условиях строительной площадки на завершающем этапе строительства. В состав отделочных входят штукатурные, облицовочные, малярные, обойные, стекольные и кровельные работы, а также работы по устройству и отделке полов. Отделочные работы характеризуются многообразием и технологической несхожестью операций. Для выполнения отделочных работ используется большое количество строительно-отделочных машин, различных по назначению и устройству.

Важное значение для повышения производительности и качества, снижения трудоемкости и доли ручного труда при выполнении отделочных работ имеют внедрение новых эффективных малооперационных технологических процессов и их комплексная механизация и автоматизация.

Номенклатура строительно-отделочных машин постоянно расширяется и пополняется более совершенными типами и моделями, отвечающими современным требованиям технологии строительного производства.

На все выпускаемые в нашей стране строительно-отделочные машины распространяется утвержденная Минстройдоромашем единая система индексации, в соответствии с которой каждой машине разработчиком присваивается индекс (марка), содержащий буквенное и цифровое обозначения. Основные буквы индекса — СО, располагаемые перед цифрами, обозначают вид машины — строительно-отделочная. Цифровая часть индекса обозначает порядковый номер разработки машины. После цифровой части в индекс маши-

ны могут быть включены дополнительные буквы, обозначающие порядковую модернизацию машины, вид ее специального исполнения и т. п.

## 7.1. МАШИНЫ ДЛЯ ШТУКАТУРНЫХ РАБОТ

Штукатурные работы выполняют для выравнивания и декоративного оформления поверхностей строительных конструкций, улучшения их санитарно-гигиенических качеств, а также уменьшения тепло-, звукопроводности и водопоглощения ограждающих конструкций, защиты их от атмосферных воздействий.

Трудоемкость штукатурных работ составляет 14...16% общей трудоемкости возведения зданий и сооружений, а их стоимость достигает 8...10% общей стоимости строительно-монтажных работ. В современном строительстве применяют два вида штукатурок — монолитную и сборную сухую. Монолитная штукатурка применяется при отделке внутренних и наружных поверхностей различных конструкций зданий и сооружений и создается нанесением на обрабатываемые поверхности сплошного слоя штукатурного раствора определенной толщины. Сухая гипсовая штукатурка (гипсокартонные листы) применяется для отделки внутренних поверхностей зданий в помещениях с сухим и нормальным влажностным режимом и создается облицовкой обрабатываемой поверхности отдельными листами сухой гипсовой штукатурки индустриального изготовления с последующей заделкой стыков. Листы сухой гипсовой штукатурки приклеивают к отделяемым поверхностям на мастике или крепят с помощью гвоздей, шурупов, самонарезающихся винтов к металлическим или деревянным каркасам, предварительно прикрепленным к облицовываемым поверхностям. При устройстве сухой гипсовой штукатурки широко используют ручные машины (см. гл. 8). Монолитную штукатурку выполняют путем нанесения на обрабатываемую поверхность в определенной технологической последовательности нескольких слоев штукатурного намета: слоя обрызга и одного слоя грунта (простая штукатурка); обрызга, одного слоя грунта и накрывочного слоя (улучшенная штукатурка); обрызга, одного или нескольких слоев грунта и накрывочного слоя (высококачественная штукатурка).

Все технологические операции по устройству монолитной штукатурки (приемка и подготовка раствора, процеживание и доведение его до рабочей подвижности, транспортирование раствора к месту производства работ, нанесение обрызга, грунта и накрывочного слоя и его затирка) комплексно механизированы с применением мобильных передвижных штукатурных и штукатурно-смесительных машин и агрегатов (при небольших объемах штукатурных

работ), высокопроизводительных передвижных штукатурных станций (при больших объемах работ).

Штукатурные агрегаты и станции выполнены на базе растворонасосов различных типов и комплектуются раствороводами, форсунками и штукатурно-затирочными машинами.

### 7.1.1. РАСТВОРОНАСОСЫ

Растворонасосы предназначены для транспортирования (перекачивания) строительных и штукатурных растворов подвижностью от 5 см и более по резиноканевым и металлическим раствороводам к месту производства работ, а также для нанесения на поверхности штукатурных слоев, отделочных и изоляционных материалов с помощью форсунки или бескомпрессорного сопла. Растворная смесь, перекачиваемая растворонасосами, должна быть свежеприготовленной и перед поступлением в растворонасос процежена через сито с ячейками 3×3...5×5 мм (в зависимости от крупности заполнителя раствора). Поэтому растворонасосы работают в комплекте с приемным бункером и виброситом для приема и процеживания раствора, всасывающим рукавом и сборным напорным раствороводом. Принцип работы растворонасосов основан на периодическом изменении объема их рабочей камеры, увеличивающегося при всасывании растворной смеси из приемного бункера и уменьшающегося при воздействии на смесь вытеснителя, выталкивающего раствор в напорную магистраль.

По способу воздействия вытеснителя на перекачиваемый раствор различают диафрагменные, поршневые и винтовые растворонасосы.

По направлению движения раствора в рабочей камере при всасывании различают противоточные (направление движения раствора при всасывании противоположно его силе тяжести) и прямоточные (направление движения раствора при всасывании совпадает с направлением его силы тяжести). В прямоточных растворонасосах выделяющийся при всасывании свободный воздух скапливается в верхней части камеры, тем самым ухудшая условия всасывания. Поэтому преимущественное распространение получили противоточные растворонасосы.

В диафрагменных растворонасосах перекачивание раствора осуществляется при периодических деформациях плоской резиновой диафрагмы, давление которой передается от движущегося возвратно-поступательно плунжера через промежуточную жидкость. Промышленность выпускает растворонасосы производительностью 2; 4 и 6 м<sup>3</sup>/ч, которые имеют одинаковую конструкцию и принцип работы, максимально унифицированы и монтируются на одноосных те-

лежках. Растворонасосы применяются в составе передвижных штукатурных агрегатов и станций.

Каждый диафрагменный растворонасос состоит из насосной части, привода, кривошипно-шатунного механизма с плунжером, предохранительных устройств, пульта управления и тележки с ходовыми колесами, на которой смонтированы все узлы растворонасоса. Насосная часть включает (рис. 7.1) рабочую 2 и насосную 15 камеры, резиновую диафрагму 16, всасывающий 1 и нагнетательный 4 самодействующие шаровые клапаны. Перекачивание раствора осуществляется подвижной плоской резиновой диафрагмой 16, давление которой передается от движущегося возвратно-поступательно плунжера 11 через промежуточную жидкость (воду) постоянного объема. Раствор в рабочую камеру 2 с диафрагмой и самодействующими клапанами поступает снизу вверх (т. е. противоточно) из приемного бункера с процеживающим виброситом под действием вакуума, попеременно создаваемого при рабочем ходе плунжера. Возвратно-поступательное движение плунжеру сообщается от электродвигателя через клиноременную передачу 13, одноступенчатый зубчатый редуктор 12 и кривошипно-шатунный механизм 14.

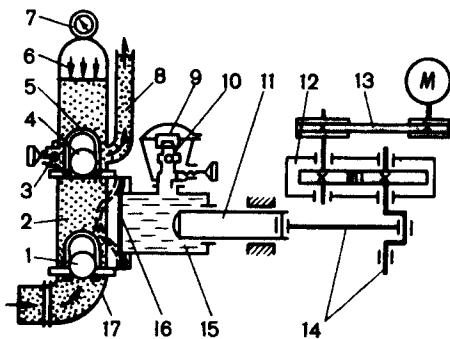


Рис. 7.1. Принципиальная схема диафрагменного насоса

При движении плунжера вправо промежуточная жидкость втягивает диафрагму до соприкосновения ее с ограничительной решеткой, и в рабочей камере создается вакуум, вследствие чего из приемного бункера через всасывающее колено 17 и всасывающий клапан 1 в рабочую камеру засасывается раствор. При движении плунжера влево промежуточная жидкость выгибает внутрь рабочей камеры диафрагму, которая выталкивает раствор через открытый (под давлением раствора) нагнетательный клапан 4 (впускной клапан 1 под действием собственной силы тяжести и противодействия раствора закрыт) в воздушный колпак 6, а затем в растворовод 8. Подъем клапанов во время работы насоса ограничивается скобами-ограничителями 5.

Воздушная подушка, образующаяся в воздушном колпаке в процессе работы насоса, выравнивает давление на раствор, поступающий в растворовод, уменьшая его пульсацию. Давление в воздушном колпаке контролируется манометром 7. Предохранительный клапан 10, отрегулированный на давление 1,5 МПа, сообщает по-

лость насосной камеры 15 с заливочным устройством 9 при повышении максимально допустимого рабочего давления в раствороводе. При кратковременных остановках растворонасоса и при работе по замкнутому циклу раствор выпускают через перепускной клапан 3. Управление работой растворонасоса осуществляется с пульта, установленного на насосе. На пульте смонтированы реле давления, магнитный пускатель, пакетные выключатели, колодка штепсельного разъема. Реле давления соединяется гибким рукавом с датчиком, установленным на воздушном колпаке, и осуществляет дистанционное управление насосом. Реле срабатывает на отключение привода растворонасоса при давлении 1,41 МПа; включение происходит при давлении 0,4 МПа.

Основными недостатками диафрагменных насосов являются: низкая долговечность резиновой диафрагмы (не более 100 маш-ч); снижение подачи (производительности) растворонасоса в результате неполного заполнения насосной камеры водой из-за ее утечек и испарения.

Производительность (подача) диафрагменных насосов 2...6 м<sup>3</sup>/ч, максимальное рабочее давление 1,5 МПа, число двойных ходов плунжера 165 мин<sup>-1</sup>, дальность подачи раствора по горизонтали 100...200 м, по вертикали 20...40 м.

**Поршневые растворонасосы** применяют для перекачивания растворов подвижностью не менее 5...7 см и крупностью фракции не более 5...12 мм. Перекачивание раствора осуществляется движущимся возвратно-поступательно поршнем, непосредственно воздействующим на раствор и осуществляющим его всасывание и нагнетание.

Поршневые насосы могут иметь один или два поршня.

Поршневые растворонасосы характеризуются: независимостью подачи от развиваемого напора и хорошей всасывающей способностью, высоким ресурсом цилиндрпоршневой группы (около 2000 маш-ч). Поршневые растворонасосы максимально унифицированы и предназначены для комплектации штукатурных агрегатов и станций. Они монтируются, как правило, на колесных тележках, что обеспечивает их высокую мобильность.

Каждый поршневой растворонасос состоит из привода, цилиндрпоршневой группы, рабочей и клапанной камер со всасывающим и нагнетательным шаровыми самодействующими клапанами, воздушного колпака (кроме двухпоршневых) для сглаживания пульсации давления, пульта управления и рамы, на которой смонтированы все узлы растворонасоса. Цилиндрпоршневая группа растворонасосов включает составной резиновый поршень и гильзу цилиндра с хромированной внутренней поверхностью, что обеспечивает высокий ресурс группы. В штоковую полость цилиндра заливается вода для смазки и охлаждения трущихся пар.

На рис. 7.2 показана кинематическая схема поршневого растворонасоса. Вращение от электродвигателя 1 передается через клиноременную передачу 2 и конический одноступенчатый редуктор 3 тихоходному валу, на обоих концах которого имеются эксцентрики 4. Вращательное движение эксцентриков преобразуется в возвратно-поступательное движение шарнирно соединенной с ними вилки 5, сообщающей возвратно-поступательное движение поршню 7 и качательное движение насосной камере 6. Благодаря креплению к эластичной диафрагме 8 насосная камера может отклоняться на угол  $\pm 5^\circ$  от горизонтальной оси. Диафрагма жестко зажата клапанной камерой 9 и опорной стойкой 10.

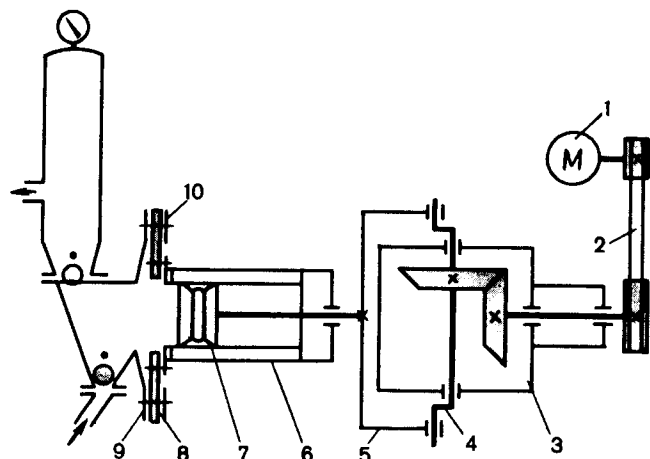


Рис. 7.2. Принципиальная схема поршневого насоса

Растворонасос снабжен реле давления, отключающим электродвигатель при превышении максимального рабочего давления на 0,1 МПа, и перепускным устройством, разгружающим напорный растворопровод при избыточном давлении раствора.

Растворонасос смонтирован на двухосной тележке с обрезиненными колесами и съемным дышлом и может перемещаться по строительной площадке вручную или транспортным средством.

Производительность (подача) однопоршневых насосов 2...4 м<sup>3</sup>/ч, максимальное рабочее давление 1,5...3,5 МПа, дальность подачи по горизонтали 60...250 м, по вертикали 30...60 м.

Растворонасосы с воздушным колпаком эффективно работают при давлении до 3,0 МПа. Для работы на больших давлениях применяют дифференциальные растворонасосы.

**Дифференциальный растворонасос** (рис 7.3) обеспечивает высокую равномерность подачи раствора подвижностью не менее 5 см за счет попеременной работы поршней 4 и 11, движущихся в двух параллельных цилиндрах — основном 5 и компенсационном 10. Длина хода основного поршня в 2 раза больше, чем у компенсационного. Штоки 3 и 12 этих поршней кинематически связаны через ролики 1 и 14 с кулачками торцового вала 2 и 15, расположенными на общем валу 13. Вращение вала с кулачками сообщается от электродвигателя через двухскоростную клиноременную передачу, редуктор и соединительную муфту 16.

При вращении кулачка 2 поршень 4 основного цилиндра 5 осуществляет ход всасывания и нагнетания. Во время хода всасывания раствор через всасывающий патрубок 6 поступает в основной цилиндр. При этом всасывающий клапан 7 открыт, а нагнетательный 8 закрыт. Во время хода нагнетания поршень основного цилиндра вытесняет одну половину порции раствора в нагнетательный патрубок 9, а другую — в компенсационный цилиндр 10. При движении основного поршня 4 на всасывание поршень 11 компенсационного цилиндра вытесняет порцию раствора в нагнетательный патрубок 9. На выходе из растворонасоса установлен перепускной кран, позволяющий изменить направление потока раствора из растворонасоса в приемный бункер или в нагнетательную магистраль. Растворонасос имеет двойную производительность (подачу) 2 и 4 м<sup>3</sup>/ч и перекачивает растворы на расстояние до 300 м (при подаче 2 м<sup>3</sup>/ч) по горизонтали и до 100 м по вертикали при максимальном рабочем давлении 4 МПа. Им комплектуют передвижные штабатурные станции.

Техническая производительность (подача) поршневого растворонасоса (м<sup>3</sup>/ч)

$$P_T = 900 \pi d_n^2 l_n n_n K_n, \quad (7.1)$$

где  $d_n$  — диаметр поршня, м;  $l_n$  — ход поршня, м;  $n_n$  — число двойных ходов поршня в 1 с, равное частоте вращения коленчатого вала привода, с<sup>-1</sup>;  $K_n$  — коэффициент объемного наполнения, оценивающий потери подачи растворонасоса.

Величина  $K_n$  зависит от подвижности перекачиваемого раствора. При изменении подвижности от 5 до 10 см  $K_n$  возрастает с 0,43 до 0,92.

Поскольку средняя скорость движения поршня (м/с)  $v_n = 2l_n n_n$  (откуда  $l_n n_n = 0,5v_n$ ), уравнение (7.1) можно представить в виде

$$P_T = 450\pi d_n^2 v_n K_n. \quad (7.2)$$

Для обеспечения нормального всасывания необходимо, чтобы скорость движения поршня (число двойных ходов поршня  $n_n$ ) снижалась с уменьшением подвижности перекачиваемого раствора, что позволяет сохранить стабильным коэффициент наполнения рабочей камеры  $K_n$ .

**Винтовые растворонасосы** в отличие от поршневых не имеют клапанов и применяются для перекачивания штукатурных растворов на гипсовых вяжущих, гипсовых замазках, шпаклевок, паст, мастик и малярных составов различной вязкости. В качестве вытеснителя у таких насосов используется винт, вращающийся в неподвижной обойме. Винтовые насосы характеризуются высокой равномерностью подачи, простотой конструкции и эксплуатации, компактностью и малой массой. Они развивают рабочее давление до 2 МПа и обеспечивают дальность подачи материала до 100 м по горизонтали и до 60 м по вертикали. Винтовыми насосами комплектуются передвижные штукатурные и малярные агрегаты и станции, передвижные агрегаты и станции для устройства сплошных наливных полов и мастичных кровель.

Насосный узел винтового насоса (рис. 7.4) включает чугунный или стальной однозаходный винт 5 с шагом  $S_v$  и резиновую обойму 4

с эластичной рабочей поверхностью, податливой в радиальном направлении. Обойма заключена в жесткий съемный корпус — стяжной хомут 6. К насосному узлу материал подается из приемного бункера 3 винтовым питателем 7. Винт и питатель соединены шарнирной муфтой и получают вращение от электродвигателя 1 через редуктор 2. Насос соединяется с нагнетательным раствором с помощью быстроразъемного соединения. Поперечное сечение винта — окружность диаметром  $d$ , центр которой смещен относительно оси винта на величину эксцентриситета  $e$ . Рабочая поверхность обоймы представляет собой двухзаходный винт с шагом  $S_o$ , в 2 раза большим шага винта ротора, т. е.  $S_o = 2S_v$ .

Оси обоймы и винта смещены также на величину эксцентриситета  $e$ . При вращении винта его геометрическая ось вращается вокруг оси обоймы по окружности радиусом  $e$ . Винт осуществляет планетарное движение относительно оси обоймы, а каждое его сечение участвует одновременно в двух вращениях относительно параллельных осей. Это сложное движение может быть представлено как результат качения без скольжения подвижной центроиды диаметром  $2e$  по неподвижной центроиде диаметром  $4e$ . В каждом положении винт и обойма контактируют между собой и образуют замкнутые камеры, заполняемые перекачиваемым материалом. При вращении винта камеры с материалом непрерывно перемещаются по винтовой линии вдоль оси обоймы от всасывающей полости насоса к нагнетательной, благодаря чему обеспечивается высокая равномерность подачи материала. Наличие эластичной обоймы позволяет перекачивать растворы с твердыми наполнителями и исключает заклинивание винта. Для обеспечения герметичности сопряженных поверхностей винта и обоймы размеры поперечного сечения винта выполняются несколько большими, чем у обоймы. Разница радиусов поперечных сечений винта и обоймы характеризуется первоначальным натягом  $\delta_0$ , величину которого выбирают с учетом размеров винтовой поверхности, развиваемого давления, точности изготовления винта и обоймы и модуля упругости материала обоймы.

В процессе работы насоса фактическое значение натяга между ротором и статором меняется за счет абразивного износа и деформации обоймы под действием внутреннего давления. Для изменения натяга в сопряженных поверхностях обоймы и винта, регулировки рабочего давления и производительности (подачи) насоса служит стяжной хомут 6. Рабочее давление контролируется манометром.

Основными параметрами, определяющими эксплуатационные характеристики винтовых растворонасосов, являются диаметр  $d$ , шаг  $s_v$  и эксцентриситет оси  $e$  винта и первоначальный натяг пары

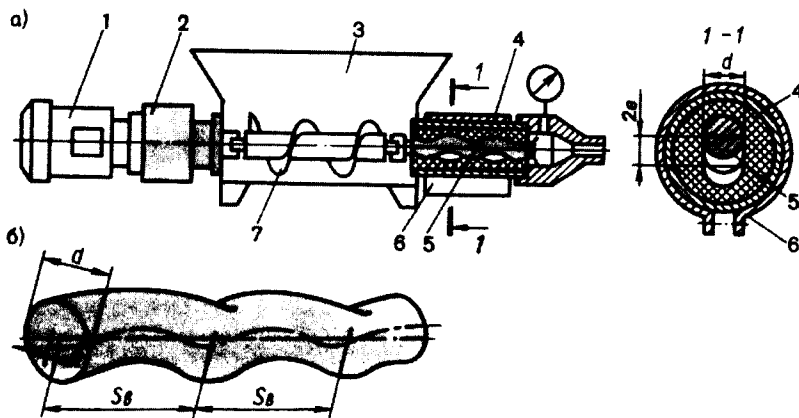


Рис. 7.4. Винтовой насос

винт—обойма  $\delta_0$ . Параметры  $d$ ,  $s_b$  и  $e$  определяют профиль рабочих органов и объемов замкнутых камер, а  $\delta_0$  — расходную, энергетическую и стойкостную характеристики насоса.

Теоретическая подача ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) винтового растворонасоса

$$Q_T = 8eds_b n, \quad (7.3)$$

где  $n$  — частота вращения винта,  $\text{с}^{-1}$ .

Действительная подача насоса  $Q_d$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) меньше теоретической на величину утечек  $q_{\text{ут}}$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ):

$$Q_d = Q_T - q_{\text{ут}}. \quad (7.4)$$

Величина  $q_{\text{ут}}$  зависит от разности давлений в полостях нагнетания и всасывания и от размера зазоров в местах контактирования винта и обоймы.

### 7.1.2. ШТУКАТУРНЫЕ ФОРСУНКИ

Штукатурные форсунки предназначены для нанесения на подлежащую поверхность штукатурных растворов подвижностью не менее 7 см с фракцией заполнителя не более 5 мм и устанавливаются на свободном конце растворовода. Форсунки представляют собой устройство с жестким или эластичным наконечником (соплом) для дробления струи раствора на отдельные мелкие частицы, придания ему необходимой формы и скорости для обеспечения плотного прилегания раствора к обрабатываемой поверхности. Форсунки изготовляют двух типов: ФШП — пневматического действия и ФШМ — механического действия (бескомпрессорные). В форсунках пневматического действия раствор дробится и выбрасывается из наконечника с большой скоростью сжатым воздухом, подаваемым от компрессора под давлением 0,2...0,6 МПа. В форсунках механического действия дробление и нанесение раствора осуществляются за счет использования кинетической энергии потока раствора, поступающего в форсунку под давлением, создаваемым растворонасосом. Наибольшее распространение получили форсунки пневматического действия, которыми наносят штукатурные растворы подвижностью от 7 см и более. Различают форсунки пневматического действия с кольцевой и центральной подачей сжатого воздуха.

Форсунки с кольцевой подачей воздуха (рис. 7.5, а) имеют кольцевую камеру смешивания 1, проходя через которую сжатый воздух 4 смешивается с раствором 5 и с силой выбрасывает его через эластичный наконечник 2 на оштукатуриваемую поверхность в виде распыленной струи — факела длиной 1...1,5 м. При работе форсунка наклоняется к оштукатуриваемой поверхности на 45...60°.

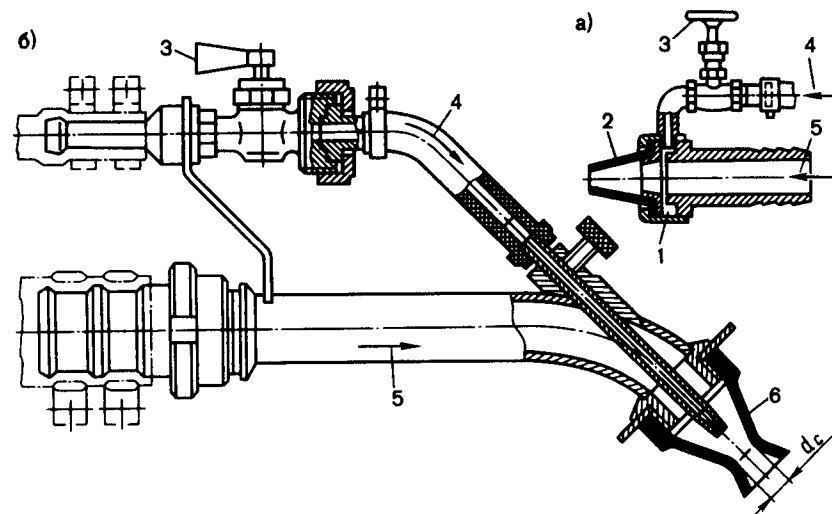


Рис. 7.5. Штукатурные форсунки пневматического действия

В форсунках с центральной подачей воздуха (рис. 7.5, б) раствор дробится сжатым воздухом на выходе из жесткого или эластичного сопла 6. Такие форсунки выпускаются трех типоразмеров — с расходом раствора 1,0; 2,0 и 4  $\text{м}^3/\text{ч}$  и диаметрами отверстия сопел (соответственно расходу раствора) 13, 20 и 25 мм и подбираются в зависимости от подачи (производительности) растворонасоса. Удельный расход сжатого воздуха — отношение расхода воздуха ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) к расходу раствора ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) — составляет для сопел с отверстием диаметром 13 мм — 12; 20 мм — 6; 25 мм — 3.

В обоих типах форсунок регулирование скорости выхода раствора (во избежание излишнего распыления раствора и увеличения его потерь) достигается изменением подачи сжатого воздуха с помощью вентиля 3.

Скорость движения растворной смеси ( $\text{м}/\text{с}$ ) на выходе из сопла форсунки

$$v_p = \sqrt{2\Delta p_f / \rho_p}, \quad (7.5)$$

где  $\Delta p_f$  — перепад давления на входе и выходе из сопла форсунки, Па;  $\rho_p$  — плотность раствора,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Величина перепада давлений  $\Delta p_f$  зависит от подвижности раствора и составляет 0,2...0,5 МПа для его подвижностей 12...7 см, причем большие значения перепада соответствуют меньшей подвижности раствора.

Расход раствора ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) через сопло форсунки

$$Q_{\text{ф}} = \mu \nu_{\text{р}} A_{\text{с}} \rho g, \quad (7.6)$$

где  $\mu$  — коэффициент расхода, учитывающий сужение струи раствора и уменьшение действительной скорости истечения по сравнению с теоретической;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  — ускорение свободного падения;  $A_{\text{с}} = \pi d_{\text{с}}^2 / 4$  — площадь поперечного сечения отверстия сопла форсунки,  $\text{м}^2$ ;  $d_{\text{с}}$  — диаметр отверстия сопла форсунки,  $\text{м}$ .

Значения коэффициента расхода  $\mu$  зависят от отношения  $d/D$ , где  $D$  — диаметр входного отверстия форсунки,  $\text{м}$ . Для  $d/D = 0,3$   $\mu = 0,64$ ; для  $d/D = 0,5$   $\mu = 0,67$ ; для  $d/D = 0,7$   $\mu = 0,71$ .

В форсунках механического действия применяют щелевые сопла, формирующие плоский факел. Форсунками наносят штукатурные растворные смеси подвижностью от 9 см и более. Их выпускают двух видов — с регулируемой и нерегулируемой щелью (напором).

В форсунках с нерегулируемой щелью-напором (рис. 7.6, а) применяется плоское резиновое сопло 1 (диафрагма) с плоской прорезью (щелью) длиной  $l$ . Раствор под давлением проходит через прорезь в диафрагме и благодаря упругому сопротивлению диафрагмы дробится и выбрасывается в виде плоского веерообразного факела, форма и длина факела раствора в таких форсунках зависят от упругих свойств материала диафрагмы. Основное достоинство форсунок с нерегулируемой щелью — простота конструкции, недостаток — невозможность формирования формы факела при изменении подвижности штукатурного раствора. Этот недостаток устранен в форсунках с регулируемой щелью.

Форсунки с регулируемой щелью (напором) выпускаются трех типоразмеров: с расходом раствора 1,0; 2,0 и 4  $\text{м}^3/\text{ч}$  и длиной щели  $l$  соответственно расходу раствора 35, 40 и 45 мм и подбираются по производительности растворонасоса.

Форсунка с регулируемой щелью (рис. 7.6, б) состоит из трубчатого резинового наконечника 6, пережимаемого на выходе (с щелью изменения длины щели  $l$ ) двумя плоскими пластинами 5, шарнирно закрепленными на упругих проволочных рамках 4. Рамки шарнирно прикреплены к корпусу 2 форсунки. Для регулировки щели сопла на корпусе форсунки имеется регулировочная гайка 3, которая при вращении и перемещении вдоль корпуса форсунки поджимает проволочные рамки, в результате чего изменяются длина и ширина щели.

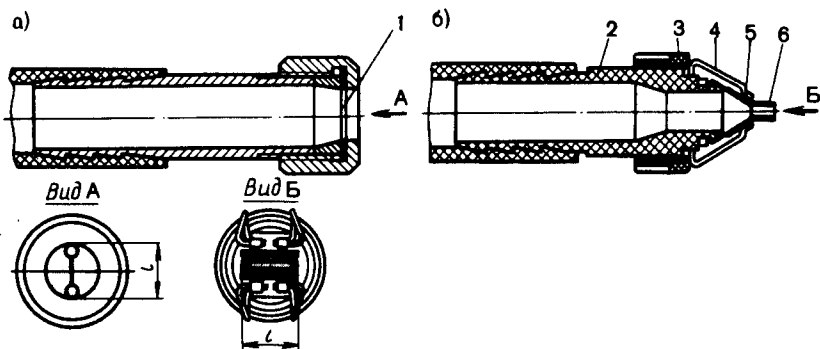
### 7.1.3. ШТУКАТУРНЫЕ АГРЕГАТЫ, МАШИНЫ И УСТАНОВКИ

Они предназначены для приема (или приготовления), переработки (перемешивания), подачи и нанесения на подготовленные поверхности штукатурных растворов и отделочных составов с помощью форсунок, сопел и насадок.

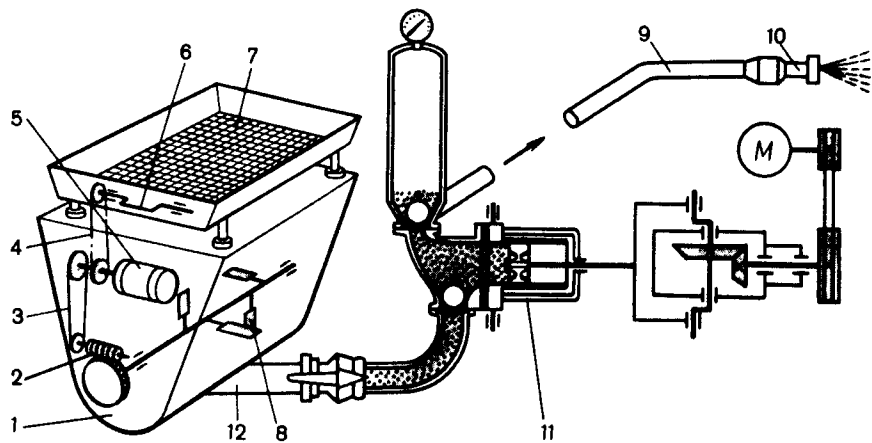
Штукатурные агрегаты и машины базируются на диафрагменных, поршневых и винтовых насосах. Различают агрегаты типа АШ (агрегат штукатурный), работающие только с привозным готовым штукатурным раствором, и агрегаты типа АШС (агрегат штукатурно-смесительный), в технологическую цепь которых включен циклический растворосмеситель для приготовления штукатурного раствора непосредственно на объекте или перемешивания (переработки) готового товарного раствора. Штукатурные машины на базе винтовых насосов работают на сухих смесях и снабжены смесителями непрерывного действия.

Производительность машин и агрегатов определяется производительностью базового растворонасоса.

**Штукатурный агрегат на базе поршневого насоса** с качающимся цилиндром производительностью 1  $\text{м}^3/\text{ч}$  (рис. 7.7, а) предназначен для приема, процеживания, побуждения, подачи и нанесения штукатурных растворов на обрабатываемые поверхности. Он состоит из двух легко монтируемых и демонтируемых основных узлов, смонтированных на самостоятельных рамах с колесами — растворонасоса и приемного бункера с виброситом, соединенных между собой резиноканевым рукавом с быстроразъемным соединением. В комплект агрегата (рис. 7.7, б) входят смонтированные в технологической последовательности: приемный бункер 1 с побудителем 8 для предупреждения расслаивания растворной смеси и виброситом 7 для процеживания раствора, поршневой растворонасос 11, подающий раствор к месту укладки, разборные раствороводы 9 с набором форсунок 10 для нанесения раствора на обрабатываемую поверхность. Привод побудителя осуществляется от электродвигателя 5 через клиноремennую передачу 3 и червячный редуктор 2.



Р и с. 7.6. Штукатурные форсунки механического действия



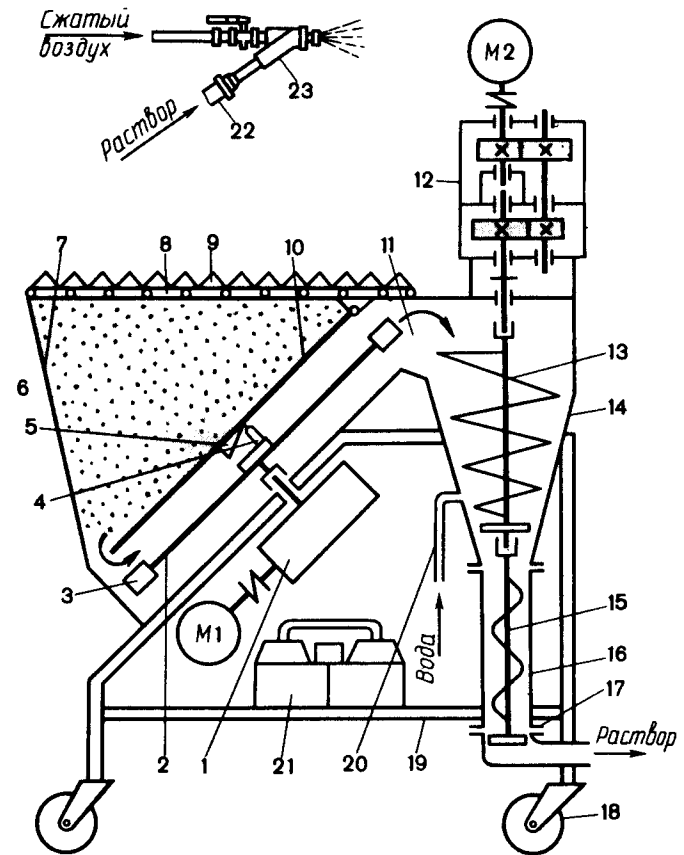
Р и с. 7.7. Штукатурный агрегат на базе поршневого насоса

Работа штукатурного агрегата производится следующим образом. Готовый раствор, доставленный самосвалом или авторастворовозом, выгружают на вибросито 7 бункера. Эксцентриковый вал 6 вибросита сообщает колебания с частотой 50 Гц подвижной раме с ситом и приводится во вращение электродвигателем 5 через цепную передачу 4. Процеженный виброситом раствор поступает в приемный бункер 1 с побудителем 8, откуда по всасывающему рукаву 12 засасывается в рабочую камеру растворонасоса 11 и затем подается по напорному раствороводу 9 к форсунке 10 и наносится на обрабатываемую поверхность.

**Штукатурные машины и агрегаты на базе винтовых насосов** представляют собой мобильные малогабаритные высокопроизводительные машины и предназначены для приготовления, подачи и нанесения на обрабатываемые поверхности штукатурных растворов из сухих смесей и декоративных отделочных составов.

Штукатурная машина (рис. 7.8) состоит из приемного бункера 7, дозатора для приема и непрерывного дозирования сухой гипсовой смеси 6, смесительной камеры 14 с лопастным валом 13, смешивающим подаваемую из бункера дозатором сухую смесь с водой и транспортирующим готовый раствор к винтовому насосу 16 напорного шланга 22 с пневматической форсункой 23 для нанесения раствора, систем дозирования и подачи воды в затворитель и сжатого воздуха к форсунке, двухдиафрагменного компрессора 21, электрошкафа, аппаратуры управления и набора воздушных, водяных и напорных материальных шлангов. Машина смонтирована на тележке 20 с четырьмя обрезиненными колесами 19.

Дозатор представляет собой вращающийся обод 2 с лопатками 3. Вращение ободу сообщается от электродвигателя М1 через редук-



Р и с. 7.8. Штукатурная машина на базе винтового насоса

тор 1. На ободу эксцентрично расположен штырь 4, который контактирует с косым выступом крышки 10, закрепленной шарнирно на корпусе приемного бункера 7. При вращении дозатора лопатки подхватывают внизу сухую смесь и переносят ее к люку 11, через который она непрерывным и равномерным потоком попадает в смесительную камеру 14. При вращении обода штырь перемещается по косому выступу 5, сообщая крышке 10 колебательное движение, что способствует перемещению сухой смеси к днищу бункера. Верхняя часть приемного бункера закрыта ограждающей решеткой 8, на которой размещен нож-пила 9 для вспарывания мешков с сухой смесью при загрузке вручную. В смесительной камере установлен смесительный вал 13 со спиралевидными лопастями, приводимый во вращение от электродвигателя М2 через двухступенчатый зубчатый редуктор 12. Смесительный вал соединен шарнирной муфтой с вин-



том 15 винтового насоса. На конце винта установлено дополнительное перемешивающее устройство 17 в виде рамки. Домешивание раствора позволяет повысить его однородность на выходе из машины.

Вода в зону смешивания поступает через систему контроля расхода и давления по трубе 18. К насосу с помощью быстроразъемного соединения присоединяется напорный рукав 22 с форсункой 23. Сжатый воздух к форсунке пневматического действия подается от компрессора 21. Сжатый воздух используется также для дистанционного выключения привода машины при перекрытии воздушного крана на форсунке.

Система контроля и регулирования расхода и давления воды предназначена для получения штукатурного раствора необходимой подвижности и качества в зависимости от свойств и состояния сухих смесей. Она включает в себя реле давления с пределами регулирования 0,25...0,4 МПа, манометр контроля давления, вентиль с электромагнитным приводом, дроссель, гидроуказатель линии входа и выхода воды, пробкоспускной кран и линию дренажа. Реле давления настраивается на пропуск воды при давлении более 0,2 МПа, дросселем регулируют необходимый расход воды по гидроуказателю. В случае падения давления в системе ниже 0,2 МПа реле давления дает команду электромагнитному вентилю и последний перекрывает водную магистраль. Остатки воды сливаются в дренажную линию открытием пробкоспускного крана.

Производительность машины 2 м<sup>3</sup>/ч, дальность подачи по горизонтали 45 м, по вертикали 30 м.

**Машины и установки для торкретирования** применяют при отделке помещений и сооружений, подвергающихся сильному увлажнению. Их поверхности покрывают водонепроницаемым защитным слоем специальной торкретной штукатурки. Торкретная штукатурка получается набрызгиванием (торкретированием) на поверхность цементно-песчаной и затворенной водой растворной или мелкозернистой бетонной смеси под давлением через сопло или штукатурную форсунку. Смесь, вылетающая из сопла (форсунки), с силой ударяется о покрываемую поверхность и нарастает на ней плотным слоем, который после затвердевания приобретает водонепроницаемость и повышенную механическую прочность.

Различают сухое и мокрое торкретирование. При сухом торкретировании сухая торкретная смесь подается сжатым воздухом по материальному шлангу к соплу, где затворяется водой, подводимой к соплу по водяному шлангу. При мокром торкретировании к штукатурной форсунке пневматического или механического действия подается под давлением готовая смесь. Мокрое торкретирование осуществляется пневмонагнетателями, винтовыми и поршневыми

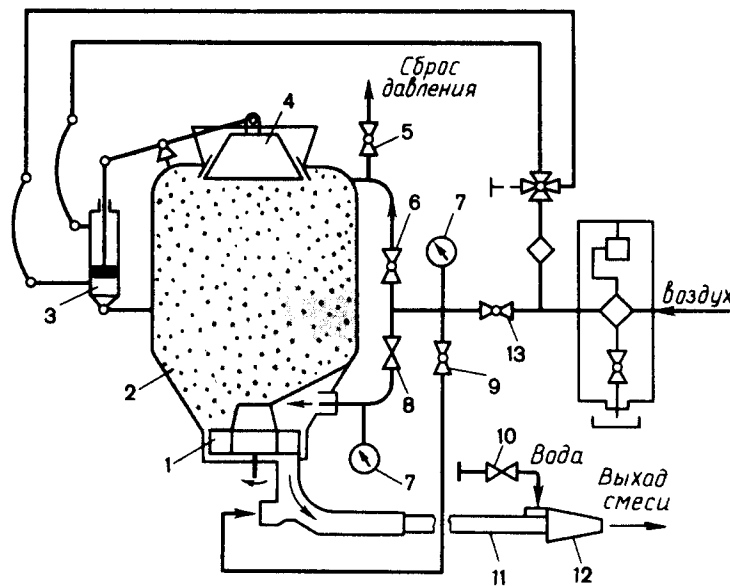


Рис. 7.9. Принципиальная схема установки для набрызга бетонной смеси

растворонасосами. Для сухого торкретирования применяют передвижные камерные установки и роторные машины.

На рис. 7.9 показана принципиальная схема передвижной однокамерной торкретной установки, которая применяется для гидроизоляции поверхностей строительных конструкций и сооружений (резервуаров, тоннелей и др.), а также безопалубочного бетонирования. В комплект установки входят: рабочая камера, лопастный дозатор с приводом, механизм подъема бункера, материальный рукав с соплом, водяной и воздушный рукава, пневморазводка, пульт управления, ходовая часть с двумя пневмоколесами и дышлом для прицепа к автомобилю при транспортировке.

Рабочий процесс установки осуществляется следующим образом: сухая бетонная смесь через приемную воронку и открытый с помощью пневмоцилиндра 3 впускной конусный клапан 4 загружается в рабочую камеру 2, куда после закрытия впускного клапана подается сжатый воздух при открытом кране 6. Одновременно приводится во вращение лопастный дозатор 1, равномерно переносящий смесь к выходному патрубку корпуса дозатора, где она подхватывается струей сжатого воздуха и переносится по материальному рукаву 11 к соплу 12, в котором смачивается водой и с большой скоростью выбрасывается на бетонную поверхность.

Подача сжатого воздуха к дозатору по материальному рукаву регулируется соответственно муфтовым вентилями 8 и пробковым

краном 9. Давление воздуха в воздушных магистралях (0,3...0,4 МПа) контролируется манометрами 7. Подача воды к соплу осуществляется от источника водоснабжения под давлением не более 1 МПа и регулируется вентилем 10. По окончании цикла работы подача сжатого воздуха в пневмосистему прекращается с помощью крана 13, а из рабочей камеры сжатый воздух выпускается в атмосферу через кран 5, после чего камера вновь готова к приему очередной порции смеси.

Струя смеси к торкретируемой поверхности направляется перпендикулярно. Во время работы сопло держат на расстоянии около 1 м от обрабатываемой поверхности, перемещая его по спирали. Торкретирование производят в два, три или четыре слоя толщиной по 10...20 мм; каждый последующий слой наносят после схватывания предыдущего.

С помощью установки производят также подготовку поверхности, подлежащей торкретированию. Сначала поверхность тщательно очищают от грязи и наплывов бетона сухим песком, а затем обдувают сжатым воздухом и промывают водой под давлением.

**Машины для приготовления и подачи жестких растворов** (пневмонагнетатели). Они предназначены для приготовления и подачи к месту укладки цементно-песчаных растворов подвижностью 3...5 см, а также для приема, побуждения и подачи готовых жестких растворов при оштукатуривании и устройстве стяжек под полы и кровлю. Составными частями пневмонагнетателей (рис. 7.10) являются: смеситель 1 с лопастным валом 2, система подачи сжатого воздуха с впускными 5, 8, предохранительным 7 и перепускным 9 клапанами, напорный патрубок 12 с материальным краном 11 и растворовод 10.

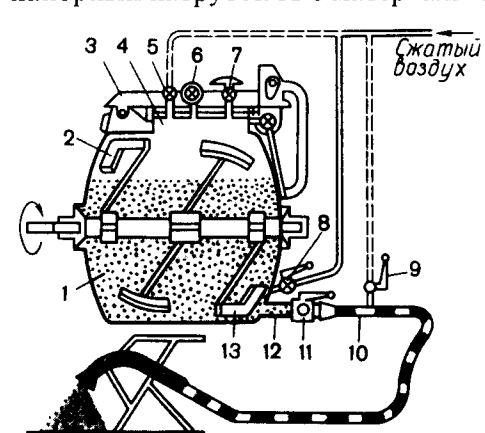


Рис. 7.10. Принципиальная схема пневмонагнетателя для приготовления и подачи жестких растворов

Сухую смесь загружают в бак через загрузочный люк 4, герметично закрываемый при работе нагнетателя крышкой 3, которая фиксируется быстродействующим замком. На крышке загрузочного люка установлен кран для сброса давления, заблокированный с быстродействующим замком крышки люка.

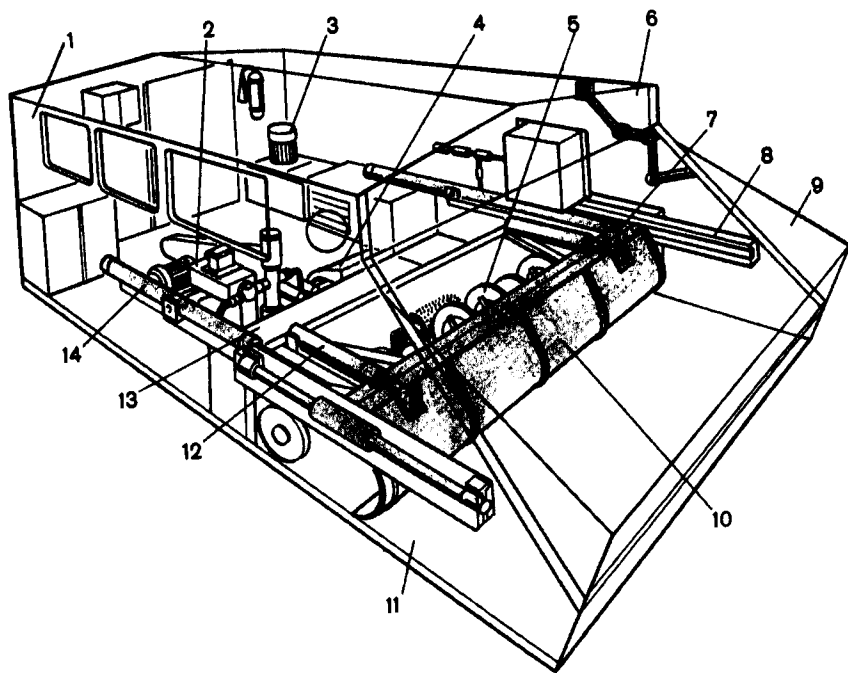
Лопастной вал с приводом от электродвигателя через редуктор перемешивает постоянно раствор, что способствует насыщению его воздухом. Одновременно с началом перемешивания в

смеситель и растворовод через краны 5 и 8 подается от компрессора сжатый воздух под давлением 0,6...0,7 МПа (в зависимости от дальности и высоты транспортирования), который через открытый материальный кран 11 вытесняет готовую смесь по резиноканевому раствороводу к месту укладки. На конце напорного растворовода установлена насадка. Раствор из смесителя в напорный растворовод подается порциями. Порционность подачи раствора обеспечивается периодическим перекрытием отверстия выходного патрубка отсекающей лопастью 13 смесителя, в результате чего в напорном раствороводе образуются участки, заполненные сжатым воздухом, который снижает сопротивление движению малоподвижного раствора. Перепускной клапан 9 дополнительно подает воздух в растворовод при превышении допустимого рабочего давления, в результате чего уменьшается количество материала в раствороводе. Рабочее давление контролируется манометром 6. Перемешивание и транспортирование раствора с избыточным давлением воздуха способствует повышению качества смеси.

#### 7.1.4. ШТУКАТУРНЫЕ СТАНЦИИ

Такие станции обычно работают с готовым товарным раствором и применяются на объектах со средними и большими объемами внешних и внутренних штукатурных работ. С помощью штукатурных станций осуществляют высокопроизводительный комплексно-механизированный непрерывный процесс подачи и нанесения раствора. Они представляют собой комплект оборудования для приемки, побуждения, просеивания, перекачивания и нанесения штукатурных растворов, смонтированного в технологической последовательности внутри металлического утепленного кузова, установленного на полозьях, в кузове автоприцепа или на пневмоколесном шасси. Обычно штукатурные станции комплектуются машинами серийного производства. Доставляют станции на объекты грузовыми автомобилями.

Штукатурные станции различают по конструкции и производительности растворонасоса, способу загрузки приемного бункера, типу побудителя-смесителя в приемном бункере. Основным параметром станций является производительность установленных на них растворонасосов. При загрузке приемных бункеров станций раствором транспортные средства (авторазвоз, автосамосвал) располагаются на уровне стоянки станции или на подъездном пандусе. В качестве побудителей-смесителей, устанавливаемых в приемных бункерах станций, применяют винтовые конвейеры и роторные устройства. Штукатурные станции выпускаются небольшими сериями.



Р и с. 7.11. Штукатурная станция

**Штукатурная станция** (рис. 7.11) применяется на объектах промышленного, гражданского и сельского строительства, обеспеченных системами электро- и водоснабжения и подъездными путями. Кузов *1* станции совмещен с приемным бункером *11* вместимостью 4 м<sup>3</sup> для приемки товарного раствора из транспортных средств, размещенных на уровне стоянки станции. Бункер снабжен крышкой *9*, управляемой гидроцилиндром *6*. Высота приемной части бункера позволяет работать без пандусов. Внутри кузова размещены поршневой растворонасос *2* двойной производительности (2 и 4 м<sup>3</sup>/ч), поворотный струг *10*, шнек *5*, силовое оборудование, гидросистема, системы водоснабжения, вентиляции и отопления, электрооборудование и пульт управления *4*.

Шнек-смеситель со встречной двойной навивкой служит для побуждения и подачи раствора к просеивающему устройству, состоящему из сита, двух катков-щеток и скребков, расположенных в центре задней стенки бункера. Просеивающее устройство принудительно протирает раствор через сито и очищает сито от отходов. В боковых стенках приемного бункера предусмотрены люки для удаления высевок. Люки имеют систему привода, позволяющую

управлять их открыванием или закрыванием с рабочего места оператора. На верхней части бункера расположены направляющие *8* для перемещения каретки *7*. Последняя соединяется со стругом с помощью двух гидроцилиндров *12*. Перемещение каретки в направляющих обеспечивается двумя гидроцилиндрами *14*. Струг, предназначенный для порционного перемещения раствора в смесительную зону к шнеку-смесителю, представляет собой сварную конструкцию, заканчивающуюся в нижней части ножевой кромкой.

Гидросистема штукатурной станции приводит в действие каретку и струг. Она включает в себя насос *3* с электродвигателем, бак для масла, распределитель, гидроцилиндры. Растворонасос и шнек приводятся в действие от индивидуальных электродвигателей.

Работа станции осуществляется следующим образом. Загруженный в приемный бункер раствор поворотным стругом подается порциями к шнеку-смесителю, при вращении которого осуществляется побуждение раствора и подача его через просеивающее устройство в накопительный бак *13*, откуда поршневым насосом *2* раствор транспортируется по раствороводу в поэтажные раздаточные бункера или непосредственно к рабочим местам штукатуров и форсунками наносится на поверхность. При побуждении раствора струг является подвижной стенкой, образуя закрытую смесительную камеру. В накопительном баке создается запас раствора, достаточный для бесперебойной работы растворонасоса в период подачи стругом очередной порции раствора из бункера в зону перемешивания. При необходимости в замес добавляется порция воды для доведения раствора до готовности подвижностью не менее 7 см. Очистка смесительной зоны бункера осуществляется путем реверса шнека, при этом отходы перемещаются к боковым стенкам и через люки удаляются наружу.

Станция комплектуется напорными резиноканевыми рукавами диаметром 38 и 50 мм. Станция оборудована системами водоснабжения, отопления и вентиляции, а также средствами пожаротушения. Обслуживает станцию один оператор. Недостатком станции является отсутствие виброактивной зоны на сетке сита и отсутствие побудителя в накопителе раствора.

#### 7.1.5. РУЧНЫЕ ШТУКАТУРНО-ЗАТИРОЧНЫЕ МАШИНЫ

Ручные штукатурно-затилочные машины применяют для выравнивания и затирки различных штукатурных и других покрывочных составов, нанесенных на горизонтальные, наклонные и вертикальные поверхности. Эти машины используют также для затирки це-

ментных стяжек оснований под полы и кровли из мягких рулонных материалов, при однослойном выравнивании гипсобетонных перегородок, затирке поверхностей при изготовлении железобетонных сборных элементов строительных конструкций, для шлифования прошпаклеванных и мозаичных поверхностей, облицовок фасадов зданий и т. п.

Штукатурно-затирочные машины выпускают с электрическим приводом, который может быть встроен в машину или приводить во вращение рабочий орган (затирочный диск) через гибкий вал.

Штукатурно-затирочные машины со встроенным электроприводом выпускают однодисковыми и двухдисковыми — с наружным и внутренним дисками. В качестве привода этих машин используют асинхронные трехфазные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, работающие на токе повышенной частоты 200 Гц при напряжении 42 В. Машины подключают к внешней сети переменного тока напряжением 220/380 В, частотой 50 Гц через преобразователь частоты тока или к специальной трехфазной сети переменного тока с частотой 200 Гц и напряжением 42 В. Низкое напряжение обеспечивает электробезопасность оператора. Машины комплектуются токоподводящим кабелем, который подсоединяется к источнику питания с помощью вилки штепсельного соединения.

У двухдисковой машины (рис. 7.12, а, б) двухступенчатый редуктор 3 обеспечивает раздельный привод от электродвигателя 4 наружного 1 и внутреннего 2 затирочных дисков, которые вращаются в противоположные стороны и жестко соединены с выходными валами редуктора. Равнодействующая моментов вращающихся наружного и внутреннего дисков равна нулю, что делает машину устойчивой, уменьшает нагрузку на руки оператора, благодаря чему увеличивается производительность труда и повышается качество работ.

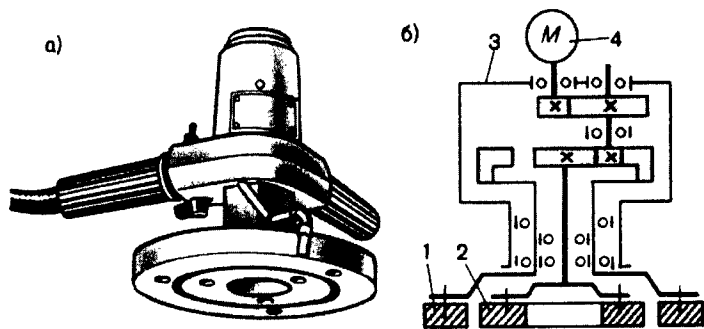


Рис. 7.12. Двухдисковая штукатурно-затирочная машина

Для улучшения качества затирки к машинам может подаваться вода, смачивающая затираемую поверхность. Количество воды, подаваемой в зону обработки под давлением 10...30 кПа, зависит от состояния затираемой поверхности и регулируется с помощью переключателя подачи воды. Вода к машинам подается от водопровода по тонкому резиновому рукаву. Переключатель подачи воды и выключатель привода установлены у правой рукоятки управления.

Затирка штукатурной поверхности затирочными машинами выполняется во время процесса схватывания раствора, когда прочность накрывочного слоя достигает 0,05...0,1 МПа, и должна быть закончена до начала его твердения. При затирке штукатурного покрытия штукатурно-затирочной машиной происходят пластическая деформация верхнего слоя и частичное его уплотнение. Одновременно с этим осуществляется выравнивание поверхности по всей площади посредством переноса частиц раствора в плоскости обработки.

При работе штукатурно-затирочную машину плавно перемещают вручную, прижимая диски с определенным усилием к обрабатываемой поверхности.

Производительность затирочных машин до 50 м<sup>2</sup>/ч.

## 7.2. МАШИНЫ ДЛЯ МАЛЯРНЫХ РАБОТ

Малярные работы являются завершающим этапом всей отделки зданий и сооружений (как вновь строящихся, так и реконструируемых и ремонтируемых) и выполняются для придания им эстетичного внешнего вида, оформления интерьера, увеличения их долговечности, создания нормальных санитарно-гигиенических условий эксплуатации внутренних помещений. К малярным относят также обойные работы. Все основные технологические операции малярных и обойных работ в современном строительстве механизированы, однако их трудоемкость составляет около 10% общих трудовых затрат на строительные-монтажные работы. Малярные работы характеризуются сложностью и многооперационностью технологического процесса, многообразием красочных составов, материалов, машин, механизмов, аппаратуры и приспособлений.

Комплекс производства малярных работ в городском строительстве включает в себя централизованное приготовление малярных составов и полуфабрикатов в специализированных заготовительных колерных цехах и заводах, централизованную доставку готовой товарной продукции на строительные объекты и нанесение малярных составов (с предварительной переработкой полуфаб-

рикатов) на обрабатываемые поверхности механизированным способом.

Приготовление малярных составов из полуфабрикатов и подача их к рабочим местам осуществляются передвижными малярными станциями и агрегатами. Выполнение малярных работ непосредственно на строительном объекте включает подготовку поверхностей и их окрашивание.

Для механизированного окрашивания различных поверхностей масляными, синтетическими и водными составами широко применяют переносные и передвижные окрасочные агрегаты, работающие по принципу распыления красочных составов. В таких агрегатах красочный состав из резервуара силой сжатого воздуха или с помощью насоса подается под давлением к распылительному устройству (соплу, форсунке), дробящему состав на мельчайшие частицы и наносящему его тонким слоем на окрашиваемую поверхность. Различают окрасочные агрегаты воздушного (пневматического) распыления, предназначенные для нанесения на поверхности шпаклевок, нитроэмалей, масляных и клеевых красок, и механического (безвоздушного) распыления, используемые для нанесения на поверхности лакокрасочных материалов, водно-меловых и водно-известковых красочных составов.

### 7.2.1. ОКРАСОЧНЫЕ АГРЕГАТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Такие агрегаты разделяются на переносные и передвижные.

**Переносные окрасочные агрегаты** применяют при малых объемах работ для окраски лакокрасочными материалами вязкостью 15...25 с по ВЗ-4 поверхностей в труднодоступных местах. Агрегат (рис. 7.13, а) состоит из переносного диафрагменного компрессора 1, пневматического пистолета-краскораспылителя 3, рукава-воздуховода 2 и питающего кабеля.

**Передвижные окрасочные агрегаты** применяют для выполнения окрасочных работ средних и больших объемов. В комплект агрегата (рис. 7.13, б) входят компрессор, красконагнетательный бак 4, ручной пневматический краскораспылитель 5 и набор материальных 6 и воздушных 2 гибких рукавов.

**Красконагнетательные баки** предназначены для перемешивания и подачи к краскораспылителям под давлением сжатого воздуха красочных составов вязкостью до 60 с по вискозиметру ВЗ-4.

Красконагнетательный бак (рис. 7.14) вместимостью 20 л имеет цилиндрический корпус 1, внутри которого помещены сменная емкость 2 для краски, лопастной смеситель 12 с ручным приводом и фильтр 13. Сменная емкость обеспечивает удобство заправки бака при изменении цвета красочного состава. Сверху бак герметично

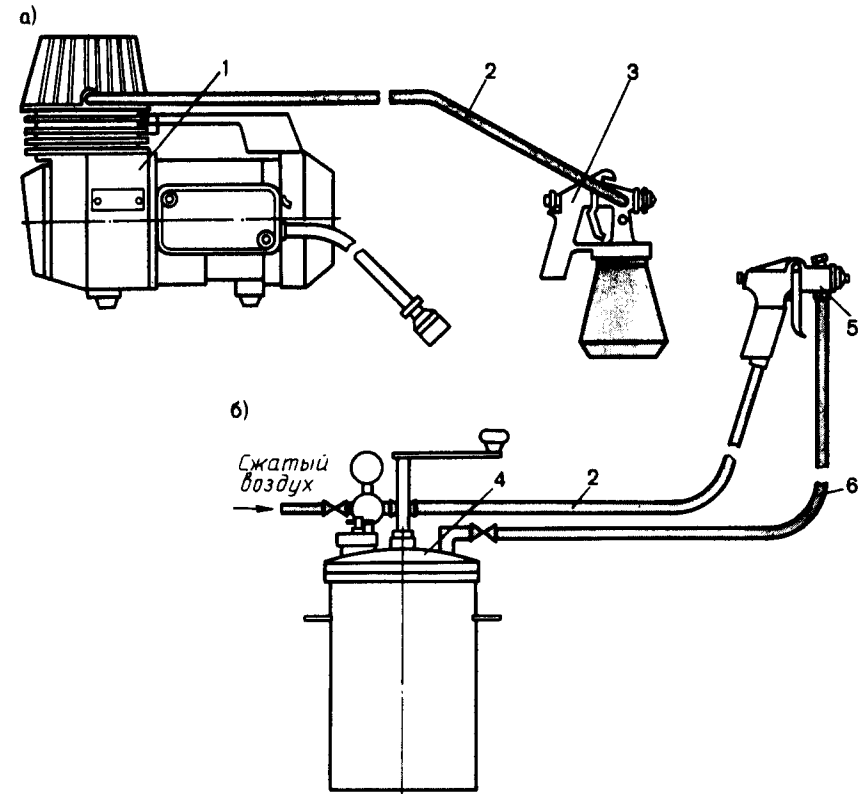


Рис. 7.13. Окрасочные агрегаты пневматического распыления:  
а — переносной; б — передвижной

закрыт крышкой 11, на которой смонтированы кран 4 для сжатого воздуха, регулятор давления воздуха — редуктор 5 для подачи воздуха и выдачи краски, манометр 6 для контроля давления, клапан 8 сброса давления, загрузочное устройство 9, кран 10 для подачи краски, рукоятка 7 привода смесителя. Крышка имеет уплотнения и крепится к баку с помощью накладных скоб 3 с винтами. Красочный состав заливают в бак через горловину загрузочного устройства и перемешивают ручным смесителем. Сжатый воздух от сети подается в редуктор красконагнетательного бака, из которого одна часть воздуха поступает по шлангу к краскораспылителю, а другая, проходя после редуцирования в красконагнетательный бак, вытесняет краску, которая через фильтр, двухходовой кран и напорный рукав поступает к краскораспылителю.

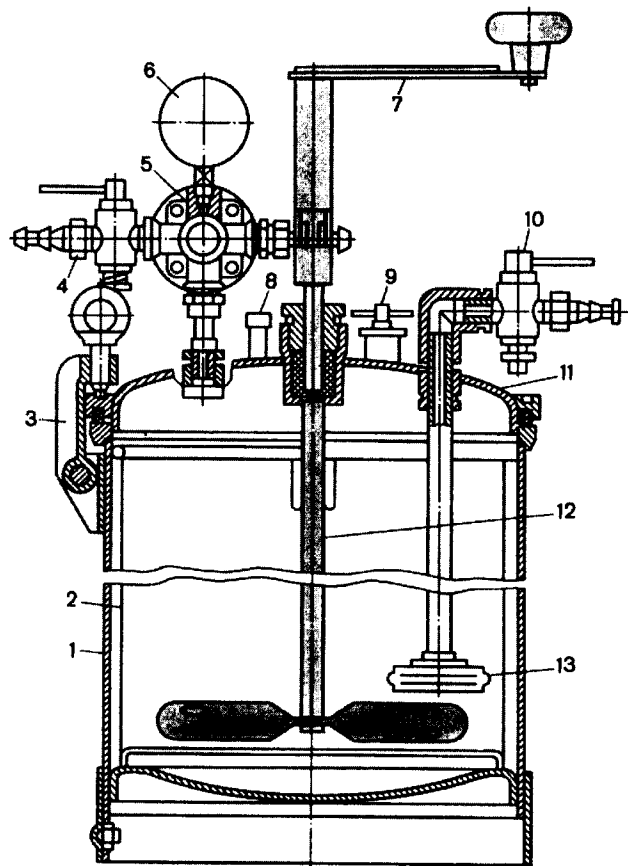


Рис. 7.14. Красконагнетательный бак

Вместимость красконагнетательных баков 20 и 60 л, рабочее давление 0,4 МПа.

Пневматические ручные краскораспылители применяют для распыливания сжатым воздухом и нанесения на поверхности красочных составов и шпаклевок. Основной частью каждого пневматического краскораспылителя является распылительная головка, к которой подводится красочный состав и сжатый воздух. Различают три типа распылительных головок — наружного, внутреннего и комбинированного смешивания, обеспечивающих дробление красочного состава струей сжатого воздуха соответственно снаружи, головки (рис. 7.15, а), внутри головки (рис. 7.15, б) как внутри, так и снаружи головки (рис. 7.15, в). В зависимости от скорости струи воздуха на выходе из головки распыленная краска образует узкий

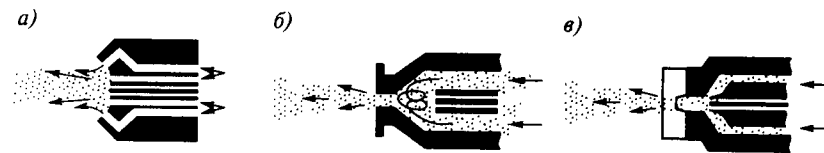


Рис. 7.15. Принципиальные схемы распылительных головок

круглый или широкий плоский факел. Подача воздуха в головку регулируется с помощью регулятора давления. Круглым факелом окрашивают мелкие предметы, плоским — большие плоские поверхности.

Универсальный пневматический краскораспылитель (рис. 7.16) предназначен для распыления красочных составов вязкостью 30...35 с (по ВЗ-4) при выполнении больших и средних ра-

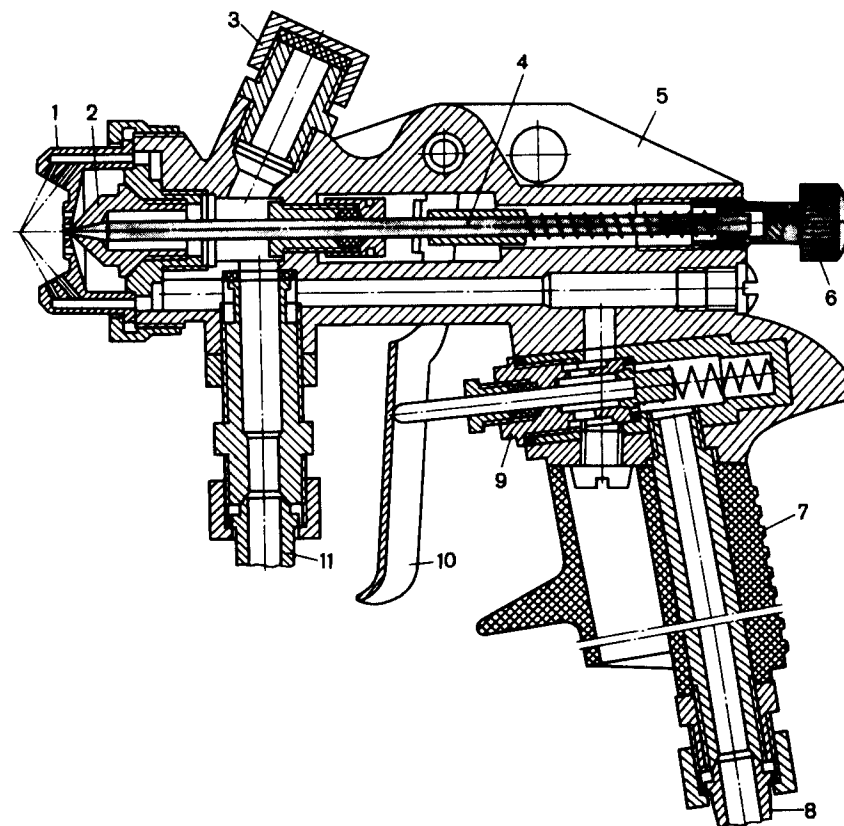


Рис. 7.16. Пневматический краскораспылитель

бот и способен работать с красконагнетательным баком или со съемным наливным бачком. Краскораспылитель состоит из следующих основных частей: корпуса 5 с рукояткой 7 и штуцерами 8 и 11 воздуха и краски, заглушки 3, головки 2, насадки 1, иглы 4, курка 10, воздушного клапана 9 и регулятора иглы 6. Сжатый воздух под давлением 0,3...0,5 МПа от источника питания поступает в краскораспылитель по резиновому рукаву через штуцер 8. Краскораспылитель включают в работу нажатием на курок 10. При этом сержень открывает воздушный клапан 9, и сжатый воздух по каналам корпуса поступает в головку 2. При дальнейшем нажатии на курок отходит вправо игла 4, открывая отверстие насадки для прохода краски. При выходе из головки струя воздуха увлекает за собой краску и дробит ее на мельчайшие частицы, нанося на окрашиваемую поверхность. Количество краски, выходящей из насадки, устанавливается регулятором 6 хода иглы. С увеличением хода иглы повышается расход краски. Головка краскораспылителя позволяет получать факелы различных форм и размеров в зависимости от консистенции окрасочных материалов и объема выполняемых работ.

Способ пневматического распыления красочных составов имеет ряд недостатков, основными из которых являются: высокая степень туманообразования, приводящая к значительным потерям красочных материалов до 25... 30% в окружающую среду, ухудшение санитарно-гигиенических условий труда из-за большого количества аэрозоли, значительный расход растворителей для разведения красочных составов до рабочей консистенции, потребность в компрессорах и т. п. Поэтому в настоящее время все большее распространение получает способ механического (бескомпрессорного) распыления красочных составов с применением агрегатов высокого давления и нанесения составов нагретым воздухом с помощью агрегатов низкого давления.

### 7.2.2. ОКРАСОЧНЫЕ АГРЕГАТЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ СОСТАВОВ НАГРЕТЫМ ВОЗДУХОМ

Такие агрегаты используют для нанесения с помощью сжатого сухого горячего воздуха низкого давления окрасочных составов, шпаклевок и грунтовок, а также декоративных жестких, содержащих крошку составов. Агрегаты низкого давления состоят из турбовоздуходувки, вырабатывающей в большом объеме сухой горячий воздух низкого (0,03...0,06 МПа) давления, пневматического пистолета-краскораспылителя, соединительных рукавов, устройства для подачи краски (наливного бачка к пистолету-распылителю или красконагнетательного бака), питающего кабеля и выпускаются переносными и передвижными. Для работы с различными материалами агрегаты комплектуются набором различных распылителей.

Турбовоздуходувка представляет собой многоступенчатую турбину (от 3 до 6 ступеней), приводимую в действие электродвигателем, и вырабатывает от 0,5 до 2,5 м<sup>3</sup>/мин горячего воздуха.

Принцип работы агрегатов заключается в следующем. При включении электродвигателя начинают вращаться подвижные лопасти турбины с большой частотой (до 250 с<sup>-1</sup>) и происходит разрежение в первой ступени. Вследствие этого воздух через фильтры и окна поступает в первую, а затем в последующие ступени нагнетания. За счет последовательного соединения ступеней происходит многократное сжатие воздуха до давления 0,03...0,06 МПа, при котором объем его уменьшается, а температура повышается до 60...80 °С на выходе из турбовоздуходувки. При этом воздух осушается на 60...70%. Сжатый горячий воздух по рукаву подается от турбовоздуходувки к пистолету-распылителю. При низком давлении на выходе из сопла отсутствует внезапное расширение воздуха, что способствует спокойному истечению струи и малому туманообразованию.

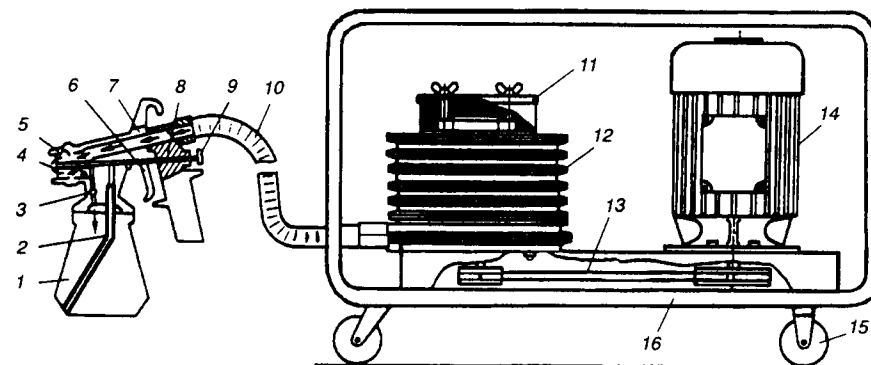
Степень сжатия воздуха в каждой ступени турбовоздуходувки

$$\tau = \sqrt{p_k / p_n},$$

где  $z$  — число ступеней;  $p_k$  и  $p_n$  — соответственно абсолютные давления воздуха на выходе и входе.

Передвижной агрегат (рис. 7.17) смонтирован на трехколесной тележке 16 с колесами 15 и укомплектован четырехступенчатой турбовоздуходувкой 12 с фильтром 11 производительностью 1,0 м<sup>3</sup>/мин. Турбовоздуходувка приводится в действие электродвигателем 14 через клиноременную передачу 13 и соединяется с пистолетом-распылителем термостойким рукавом 10.

Турбовоздуходувка относится к классу турбинных компрессоров и состоит из алюминиевого корпуса, внутри которого проходит приводной вал, оборудованный подвижными дисками с лопатками,



Р и с. 7.17. Окрасочный агрегат низкого давления с подогревом краски

чередующимися с неподвижными дисками и выполняющими роль направляющих элементов. При работе турбовоздуходувки воздух всасывается через центральное отверстие подвижного диска, отбрасывается лопатками к периферии, подвергается сжатию и по направляющим лопаткам неподвижного диска поступает в следующую ступень.

Степень сжатия составляет 1,08.

В результате трения воздуха о материал турбовоздуходувки, а также за счет расширения и сжатия в каждой ступени воздух нагревается до температуры 60 °С и по термостойкому шлангу поступает к пистолету-распылителю. Пистолет-распылитель состоит из алюминиевого корпуса 7 с рукояткой, нижнего полиэтиленового бачка 1 для краски, форсунки 5, материальной сопла 4, воздушного клапана (регулятора воздуха) 3, материальной трубки 2 для подачи

краски, курка 6, иглы 8 в сборе и регулятора хода иглы 9.

В распылителе часть воздуха поступает в форсунку для распыления краски и формирования факела, а другая часть по каналу в корпусе через регулятор — в бачок для вытеснения материала. Поворотом форсунки на угол 45° осуществляется перевод круглого факела на плоский. Для работы на материалах различной вязкости и в зависимости от площади окрашиваемой поверхности краскораспылитель комплектуется сменными соплами диаметрами 1,5; 2,5; 3,5 мм и иглами диаметрами 1,2; 2,2; 2,8 мм.

Для нанесения декоративных жестких составов, содержащих

крошку, агрегаты комплектуются крошкетом-распылителем (рис. 7.18), состоящим из алюминиевого корпуса 5, головки 1, пластмассового расходного бункера 3 с рукояткой 4, подпружиненной трубки 2, курка 7 и регулятора хода 6 трубки. При использовании крошкетом-распылителя сжатый воздух через канал распылителя поступает в головку. При нажатии на курок трубка отходит вправо, и материал из бункера под собственным весом поступает в головку, в которой он подхватывается струей сжатого воздуха и наносится на обрабатываемую поверхность. Консистенция декоративного состава должна составлять 8...15 см по стандартному конусу.

Для выполнения больших объемов работ применяют передвижные агрегаты низкого давления с пяти- и шестиступенчатыми турбовоздуходувками.

Способ напыления красочных составов подогретым воздухом низкого давления по сравнению с обычным способом пневматического распыления имеет следующие преимущества:

- возможность напыления красочных составов, шпаклевок и грунтовок различной вязкости, в том числе высоковязких (до 200 с по ВЗ-4);
- уменьшенный расход растворителя (на 30...40%), сокращенную (на 20...30%) продолжительность сушки покрытий в результате снижения вязкости и поверхностного натяжения при подогреве красочных составов;
- меньшее число слоев покрытия за счет увеличения их толщины;
- уменьшение (на 20...40%) потерь напыляемого материала на «туманообразование» вследствие отсутствия резкого перепада давлений на выходе из распылителя, сокращения времени распыления и уменьшенного содержания растворителя в напыляемом материале;
- более высокое качество отделки окрашиваемых поверхностей;
- возможность работы агрегатов при низких температурах окружающего воздуха;
- более высокую экономичность;
- меньшую опасность для здоровья обслуживающего персонала.

Указанные преимущества определяют широкое распространение агрегатов низкого давления у нас в стране и за рубежом. К недостаткам таких агрегатов следует отнести повышенный шум при их работе.

### 7.2.3. ОКРАСОЧНЫЕ АГРЕГАТЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Окрасочные агрегаты высокого давления применяют для окраски поверхностей лаками, дисперсиями, масляными и полимерными красками вязкостью до 200...300 с по вискозиметру ВЗ-4. Основным узлом таких агрегатов является насос высокого давления (до

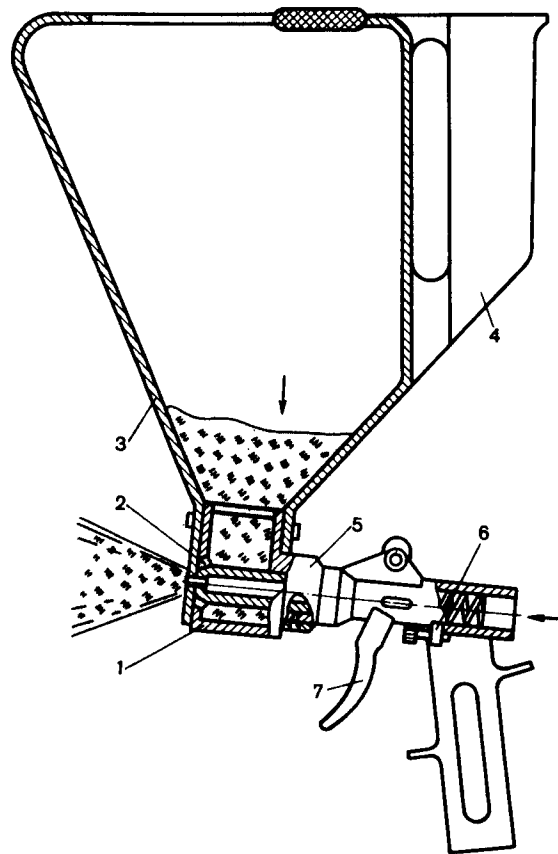


Рис. 7.18. Крошкетом-распылитель



30 МПа), подающий красочный состав к распылительному устройству. Распыление красочного состава осуществляется под высоким давлением без участия сжатого воздуха (безвоздушное распыление) в результате резкого перепада давления краски при истечении ее в воздушную среду с большой (до 100 м/с) скоростью через сопло пистолета-краскораспылителя.

По сравнению с пневматическим безвоздушный способ распыления красочных составов под высоким давлением способствует:

- снижению потерь лакокрасочных материалов за счет уменьшения туманообразования;
- повышению производительности труда и качества окраски, получению высокой равномерности покрытия угловых поверхностей и кромок;
- возможности сокращения числа слоев покрытий за счет увеличения их толщины;
- уменьшению загрязненности и загазованности окружающей среды и улучшению санитарно-гигиенических условий труда.

К недостаткам безвоздушного способа распыления красочных составов относятся: необходимость тщательной фильтрации лакокрасочных материалов; невозможность в процессе работы изменять форму и размеры красочного факела; трудность окраски поверхностей сложной конфигурации, узких или решетчатой формы. При окраске под высоким давлением можно использовать лакокрасочные материалы как в холодном, так и в горячем состоянии.

У нас в стране выпускаются по лицензии фирмы «Вагнер» (Швейцария) передвижные окрасочные агрегаты высокого давления 2600НА, 7000НА, 7000Н-1, «Финиш-207» и «Финиш-211» с электрогидравлическими насосами мембранного типа. Эти агрегаты выполнены и работают по единой принципиальной схеме и различаются между собой в основном конструктивным исполнением, типом и мощностью приводного электродвигателя. Агрегаты наиболее эффективны при выполнении малярных работ большого объема.

Распыливающие устройства агрегатов имеют сопла с круглым или эллиптическим отверстием. Сопло с круглым отверстием обеспечивает получение факела в виде конуса с малым углом при вершине с эллиптическим отверстием — факела плоской формы. Выпускается около 40 типоразмеров распыливающих устройств с условным диаметром отверстия сопла 0,28...0,79 мм, с расходом 0,38...3,5 л/мин и углом распыления 20...80° для работы как с маловязкими составами тонкого перетира, так и с высоковязкими составами грубого перетира.

**Агрегаты высокого давления 7000Н-1 и 7000НА** состоят из двухколесной тележки со съемными рукоятками, на которой смонтиро-

ваны насос высокого давления с электродвигателем, защитно-отключающее устройство, фильтр высокого давления, электрокабель и пистолет-краскораспылитель. Они могут распылять красочные составы вязкостью до 150...300 с по вискозиметру ВЗ-4 с крупностью твердых частиц до 0,14 мм. Агрегаты обеспечивают дальность подачи маловязких материалов на высоту до 90 м.

Гидравлическая схема агрегата 7000НА показана на рис. 7.19, а. При вращении маховика 2 с наклонной поверхностью, соединенного с валом взрывозащищенного трехфазного электродвигателя 15

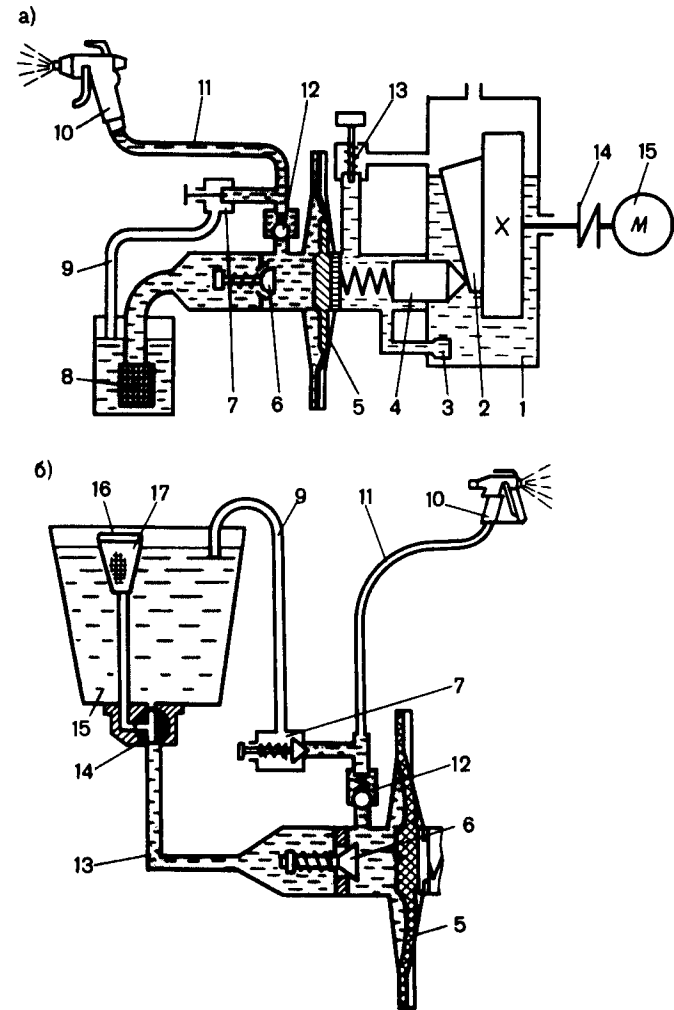


Рис. 7.19. Принципиальные схемы агрегатов высокого давления

#### 7.2.4. АГРЕГАТ ДЛЯ ОКРАСКИ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ

упругой муфтой 14, совершает возвратно-поступательное движение подпружиненный плунжер 4 гидropередачи, который через буферную жидкость (масло) сообщает колебания мембране 5. Возврат плунжера и мембраны в исходное положение обеспечивается пружинами. Мембрана отделяет гидравлическую полость насоса от красконагнетательной.

Жидкость в буферную зону поступает из корпуса 1 насоса через сменный сетчатый фильтр 3. Для дисперсий и лаков применяют фильтр с ячейками 0,08 мм, для грубой очистки — с ячейками 0,4 мм, для тонкой очистки — с ячейками 0,2 мм. В процессе возвратно-поступательного движения мембраны осуществляется всасывание материала через всасывающий клапан 6 по шлангу низкого давления с фильтром 8 из расходной емкости и его нагнетание через нагнетательный клапан 12 и фильтр по полимерному шлангу высокого давления 11 к пистолету-распылителю 10 с металлокерамическим соплом. Частота колебаний мембраны постоянна и соответствует частоте вращения электродвигателя. Давление нагнетания изменяется бесступенчато от нуля до максимума с помощью регулятора давления 13, перепускающего часть масла из зоны расположения плунжера и мембраны в другую часть насоса. При перекрытом канале пистолета-краскораспылителя и работающем насосе красочный состав возвращается в расходную емкость через перепускной клапан 7 по шлангу 9 обратного слива.

Окрасочный агрегат 7000Н-1 (рис. 7.19, б) отличается от агрегата 7000НА наличием бака 15, из которого красочный состав поступает к насосу через всасывающий трубопровод 13 при открытом перепускном кране 14. Красочный состав заливается в бак через воронку 16, снабженную ситом 17. Один насос может обслуживать несколько краскораспылителей.

У агрегатов 7000НА и 7000Н-1 максимальное давление нагнетания 24,5 МПа, рабочее давление распыления 15,7 МПа, частота колебаний мембраны 23,5 Гц, мощность электродвигателя 2,0 кВт.

Агрегаты высокого давления укомплектованы пистолетами со сменными насадками — стандартной и быстроразъемной. Пистолет присоединяется к шлангу высокого давления через шарнирное соединение рукоятки. В корпусе пистолета имеется запорный клапан, пусковая скоба с фиксатором и сменный фильтр.

При нанесении покрытий на фасады зданий агрегаты доукомплектовывают краскоподающими шлангами высокого давления, распыливающими устройствами с нужными параметрами распыления, пистолетами и удочками-удлинителями.

Для окраски фасадов зданий водными, синтетическими и другими фасадными красками вязкостью до 60 с по ВЗ-4 используется передвижной двухкамерный агрегат воздушного распыления.

Агрегат состоит из двух красконагнетательных баков вместимостью по 50 л, компрессора производительностью 30 м<sup>3</sup>/ч, барабана для намотки воздушного и материального рукавов, воздухораспределителя и пульта управления. Все механизмы агрегата смонтированы на раме одноосного пневмоколесного шасси, снабженной четырьмя винтовыми аутригерами и дышлом.

Работа агрегата осуществляется следующим образом. Перед началом работы оба бака 8 (рис. 7.20) заполняются красочным составом и герметично закрываются крышками 10. По мере заполнения каждого из баков всплывают пустотелые шар-клапаны 1. Ход шаров-клапанов ограничивают ограничительные дуги 7. Затем включается компрессор 14 и сжатый воздух из ресивера 13 поступает по трубопроводу в золотниковое устройство 23, а из него в соответствии с заданием оператора подается по одному из трубопроводов 21 в соответствующий красконагнетательный бак, из которого будет производиться подача красочного состава. Под давлением сжатого воздуха красочный состав, нажимая на диафрагму 5, отводит шток 18 с золотником 19, поступает в трубопровод 20 и, пройдя через распределительный коллектор 22, попадает по материальному рукаву 17 к малярным удочкам 16. Сжатый воздух к удочкам подается от компрессора по рукаву-воздуховоду 24.

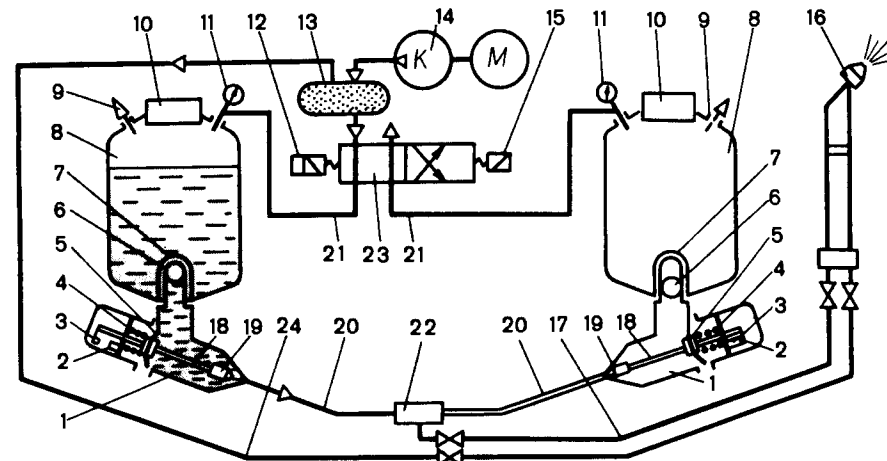
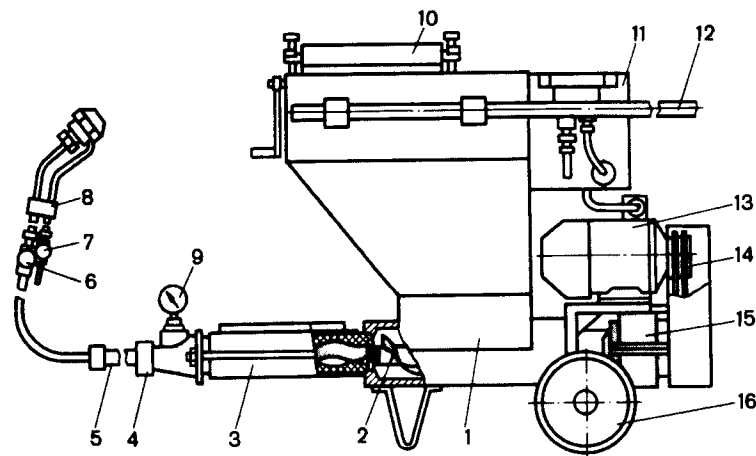


Рис. 7.20. Принципиальная схема агрегата для окраски фасадов зданий

После полного израсходования красочного состава в первом баке шар-клапан 6 плотно закрывает нагнетательное отверстие в дне бачка, в результате чего давление в рабочей камере 1 падает и нажимная пружина 4 возвращает диафрагму со штоком в первоначальное положение, при котором перекрывается трубопровод 20. Одновременно с этим пластина-рычаг 3, закрепленная на штоке через микровыключатели 2 и 12, включает электромагнитный воздухораспределитель 15, который перемещением золотника золотникового устройства 23 переключает подачу сжатого воздуха по трубопроводу 21 во второй бак. По окончании работы второго бака процесс переключения работы на первый бак повторяется автоматически. Оба бака оборудованы предохранительными клапанами 9 и контрольными манометрами 11. Агрегат обеспечивает высоту подачи до 40 м при рабочем давлении 0,4 МПа.

Производительность агрегата при двух малярных удочках 500 м<sup>2</sup>/ч.



Р и с. 7.21. Шпаклевочный агрегат

#### 7.2.5. ПЕРЕДВИЖНЫЕ МАЛЯРНЫЕ АГРЕГАТЫ НА БАЗЕ ВИНТОВЫХ НАСОСОВ

Такие агрегаты применяют для подачи и нанесения на обрабатываемые поверхности шпаклевок, грунтовок, замазок, водно-клеевых, масляных и синтетических красок с содержанием твердой фазы до 50%, с крупностью отдельных фракций до 3 мм и подвижности составов более 7 см по конусу СтройЦНИЛ. Использование в малярных агрегатах винтовых насосов обеспечивает равномерную подачу материалов к распылительному устройству и высокое качество окрасочных работ.

**Агрегат шпаклевочный** (рис. 7.21) предназначен для поэтажной подачи и нанесения на обрабатываемые поверхности шпаклевочных составов подвижностью от 7 см и более, а также грунтовок и водно-клеевых красочных составов. Агрегат состоит из загрузочного бункера 1, рукоятки 12 для транспортировки, шнекового винтового побудителя 2, винтового насоса 3 с приводом, напорного рукава 4, удочки 8, двухколесного ходового устройства 16, электрошкафа 11 и аппаратуры управления.

В верхней части бункера вместимостью 60 л смонтировано выжимное устройство 10 для извлечения шпаклевки из полиэтиленовых мешков при загрузке, а в нижней — шнековый побудитель, перемешивающий и подающий материал во всасывающую полость винтового насоса. Шнек и соединенный шарнирно с ним винт насоса получают вращение от двухскоростного электродвигателя 13 через клиноременную передачу 14 и редуктор 15. К наконечнику насоса с помощью быстроразъемного соединения 4 крепится материалный рукав 5 с удочкой 8. На удочку вынесено

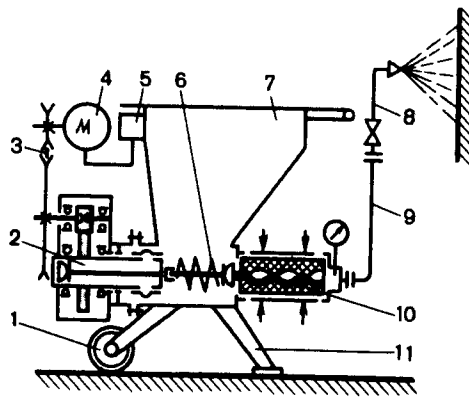
дистанционное пневмоуправление агрегатом от воздушного крана распылителя.

Шпаклевка наносится распылением с помощью сжатого воздуха, подаваемого к удочке по воздушному шлангу от компрессора под давлением 0,5...0,7 МПа. Расход материала и сжатого воздуха регулируется соответственно кранами 6 и 7. При нанесении грунтовок и красочных составов потребность в сжатом воздухе отпадает, так как для распыления достаточно давления 2 МПа, развиваемого насосом. Давление насоса контролируется манометром 9.

Производительность шпаклевочного агрегата 0,72 м<sup>3</sup>/ч, дальность подачи по горизонтали 70 м, по вертикали 35 м, давление подачи 2 МПа.

**Малогобаритные малярные агрегаты** применяют для выполнения небольших объемов малярных работ на рассредоточенных объектах. Агрегат (рис. 7.22) предназначен для транспортировки и нанесения на обрабатываемую поверхность различных видов малярных составов: клеевых шпаклевок, грунтово-клеевых составов, водно-клеевых и синтетических красок и других материалов под давлением, создаваемым винтовым насосом. Агрегат может работать и с помощью сжатого воздуха, для чего в распылительном инструменте предусмотрен подвод сжатого воздуха и набор сменных сопел.

Составными частями агрегата являются (рис. 7.22): приемный бункер 7 вместимостью 30 дм<sup>3</sup>, винтовой насос 10, шнековый побудитель 6, привод побудителя и насоса, ходовое устройство с двумя обрешеченными колесами 1 и опорной стойкой 11, напорный рукав



Р и с. 7.22. Малогабаритный малярный агрегат

9 с форсункой 8, пусковая аппаратура 5. Привод побудителя и винта насоса, соединенных между собой шарнирной муфтой, осуществляется от электродвигателя 4 мощностью 0,55 кВт через клиноременную передачу 3 и одноступенчатый редуктор 2. Агрегат комплектуется набором напорных рукавов диаметром 16, 25, 32 мм. Винтовой насос, развивающий максимальное давление 2 МПа, обеспечивает высоту подачи до 30 м при рукаве диаметром 32 мм, до 15 и 10 м при

рукавах соответственно диаметрами 25 и 16 мм. Производительность агрегата до 250 м<sup>3</sup>/ч.

### 7.2.6. МАЛЯРНЫЕ СТАНЦИИ

Передвижные малярные станции являются в настоящее время основным высокопроизводительным и эффективным средством переработки, транспортировки и нанесения малярных составов на объектах промышленного, гражданского и сельского строительства с большими объемами малярных работ. Они предназначены для приема товарных полуфабрикатов малярных составов, приготовления, механизированной подачи к рабочим местам и нанесения на обрабатываемые поверхности водных, водно-клеевых и масляных красок, грунтовок, клеевых и масляных шпаклевок при централизованном приготовлении малярных составов. Малярные станции используют на объектах строительства, обеспеченных электроснабжением и подъездными путями и устанавливаются в непосредственной близости (5...10 м) от здания, где ведутся малярные работы.

Оборудование передвижных малярных станций размещается в утепленном кузове-фургоне, смонтированном на двухосном автомобильном прицепе-шасси. Различаются станции между собой в основном комплектующими машинами и оборудованием, которые подбираются в зависимости от видов исходного сырья, поставляемого на строительный объект, технологии и способов отделки.

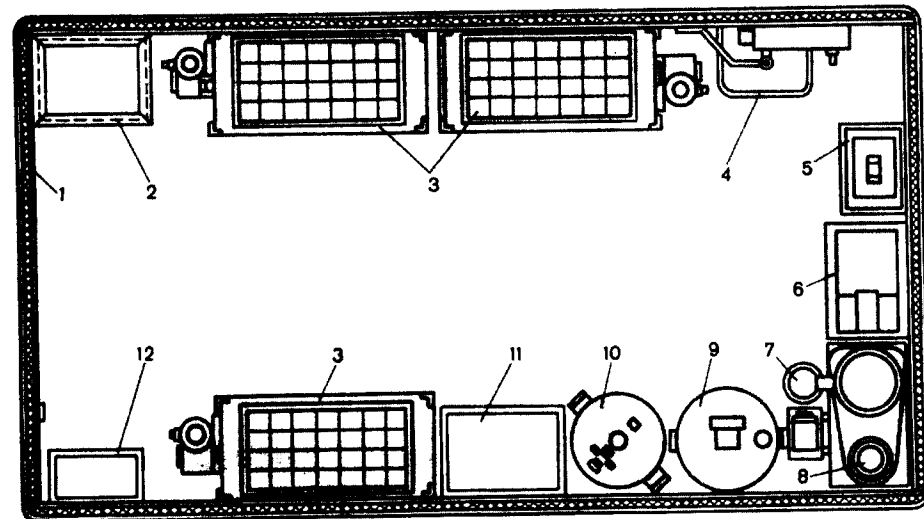
В состав основного технологического оборудования малярных станций входят, как правило, серийно выпускаемые строительно-от-

делочные и ручные машины: мелотерки, краскотерки, электроклеварки, смесители, вибросита, малярные агрегаты, дозирующее оборудование, поршневые и винтовые насосы, красконагнетательные баки, компрессоры, краскораспылители, расходные и приемные для готовой продукции емкости, загрузчики расходных емкостей, рукава, инструмент и т. п.

Кроме технологического оборудования в состав станций входят системы электрооборудования, автоматики, управления, вентиляции, отопления и водоснабжения. Станции могут работать круглогодично.

В кузове 1 станции (рис. 7.23) смонтированы три технологические линии: 1) водных, водно-клеевых красок и грунтовок, клеевых красок; 2) клеевых и масляных шпаклевок; 3) масляных и эмалевых красок. В состав линии масляных красок входят жерновая краскотерка 8 для перетиравания жидких и пастообразных малярных материалов, вибросито 7 для процеживания малярных составов и красконагнетательные баки 9 и 10. Остальные две линии однотипны, универсальны, взаимозаменяемы и укомплектованы малярными агрегатами 3 на базе винтовых насосов для перемешивания, процеживания, транспортирования и нанесения малярных составов, электроклеваркой 5 для приготовления клея и двумя дозаторами.

Полуфабрикаты загружаются в малярные агрегаты загрузчиком, выполненным на базе винтового насоса и развивающим давление 0,5 МПа. Производительность загрузчика до 0,6 м<sup>3</sup>/ч и его можно размещать на расстоянии до 15 м от малярной станции. Это позволяет при работе в зимних условиях устанавливать за-



Р и с. 7.23. Схема передвижной малярной станции

грузчик в утепленном помещении и обеспечивать непрерывную загрузку малярных составов. Полуфабрикаты загружаются в бункер загрузчика и по рукаву перекачиваются в бункера смесителей малярных агрегатов. Туда же из водопровода и дозатора поступает вода (а при необходимости другие компоненты) или клей из клееварки.

В комплект оборудования станции входит также набор материальных рукавов, воздушных шлангов и распылительных устройств для нанесения малярных составов на поверхности. Потребность станции в сжатом воздухе обеспечивается двумя компрессорами. В кузове смонтированы также инструментальный шкаф 2 для хранения инструмента, электроводоподогреватель 4, весы 6, лабораторный стол 11, электрошкаф 12. При работе с масляными красками красконагнетательный бак и компрессор снимаются со станции и устанавливаются непосредственно на объекте.

Станция оборудована системами обогрева и вентиляции кузова, системой водоснабжения (холодной и горячей водой) и рассчитана на круглогодичную эксплуатацию. Электрооборудование станции включает электрошкаф и пускорегулирующую аппаратуру. Станцию обслуживают три человека.

Производительность технологических линий, м<sup>3</sup>/ч:

водных, водно-клеевых и клеевых красок, грунтовок . . . . .	500
клеевых и масляных шпаклевок . . . . .	380
масляных и эмалевых красок . . . . .	250

Малярный агрегат станции (рис. 7.24) укомплектован механизмами для приготовления из полуфабрикатов, процеживания, транспортирования к рабочим местам и нанесения на обрабатываемые поверхности клеевых, масляных и синтетических шпаклевок, грунтово-очных составов, водно-клеевых, масляных и синтетических красок.

Агрегат включает смонтированные на общей раме с колесным ходовым устройством лопастьной смеситель 7 циклического действия с бункером 6, вибросито 9, бункер-накопитель 10, шнек-питатель 14, винтовой насос 13, электрооборудование, напорный рукав 12 с удочкой 11, пусковую аппаратуру. Привод винтового насоса со шнеком-питателем осуществляется от электродвигателя 3, через клиноремennую передачу 2 и зубчатый редуктор 1. Лопастьной вал смесителя приводится во вращение электродвигателем 4 через редуктор 5. Колебания сменным плоским ситам вибросита сообщаются от дебалансного вибровозбудителя, приводимого во вращение гибким валом от электродвигателя 15. Агрегат комплектуется двумя удочками с набором форсунок для нанесения малярных составов как с помощью сжатого воздуха, так и бескомпрессорным способом.

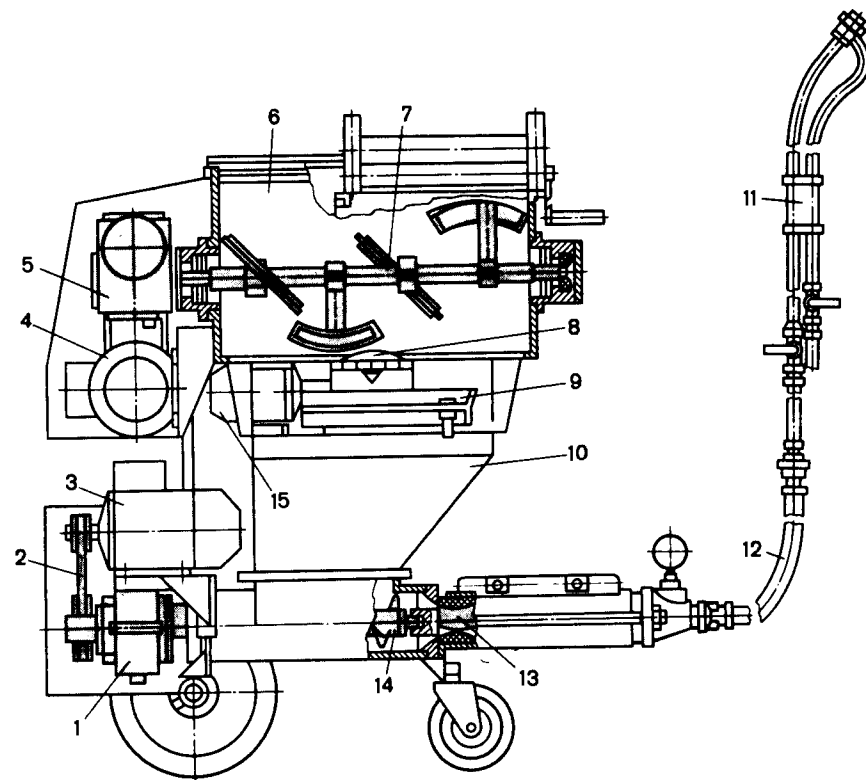
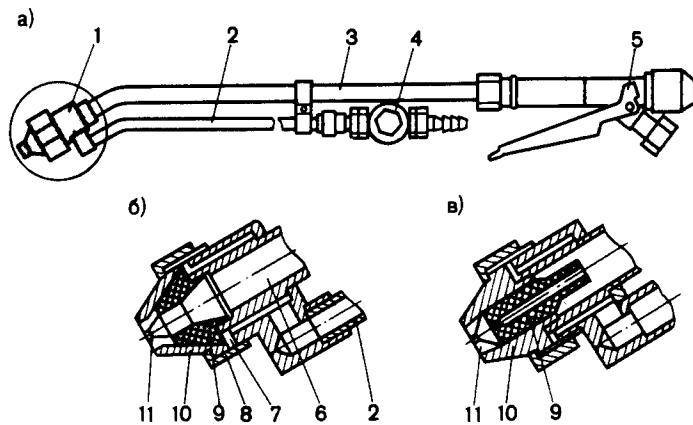


Рис. 7.24. Малярный агрегат станции

Полуфабрикаты загружаются в смеситель загрузчиком, выполненным на базе винтового насоса. Туда же добавляются необходимые компоненты, после чего малярный состав доводится перемешиванием до нужной консистенции. Готовый малярный состав через открытый шибер 8 поступает из смесителя на вибросито 9, а затем в бункер-накопитель 10 шнека-питателя 14 винтового насоса 13, которым подается к рабочим местам.

Вибросито комплектуется набором сменных сит с ячейками различных размеров, позволяющими процеживать побелку, грунтовку, шпаклевку и другие малярные составы.

Малярные агрегаты комплектуются универсальными малярными удочками (рис. 7.25, а) с набором форсунок воздушного (рис. 7.25, б) и безвоздушного (рис. 7.25, в) распыления. Удочки присоединяются к материальному рукаву с помощью штуцера. Составными частями удочки являются корпус 1 распылителя, воздухопровод 2 с воздушным краном 4, материалопровод 3 с пусковой скобой 5.



Р и с. 7.25. Универсальная удочка для нанесения малярных составов

К корпусу распылителя сменные форсунки крепятся накладными гайками 8.

Форсунка воздушного распыления состоит из сопла 10 со сменной износостойкой вставкой 11 и завихрителя воздуха 9 со сквозным осевым каналом для подачи материала в зону смешивания и спиральными канавками на наружной конической поверхности. Сжатый воздух из воздушной камеры 7 по спиральным канавкам завихрителя подается в зону смешивания, где он насыщает поступающий из камеры 6 материал и осуществляет закрутку аэрированного состава. Образующийся при выходе из сопла насыщенный факел переносится на отделываемую поверхность. Составными частями форсунки безвоздушного распыления являются сопло со сменной калиброванной вставкой и цилиндрический завихритель с центральным и периферийными каналами. Центральный канал насыщает материал центральную часть факела, а периферийные каналы осуществляют закрутку поступающего в сопло материала.

Передвижные малярные станции являются в настоящее время основным и эффективным средством переработки, транспортировки и нанесения малярных составов на объектах городского строительства с большими объемами малярных работ. На объектах со сравнительно малыми объемами работ применяют передвижные малярные агрегаты на базе винтовых насосов.

### 7.3. МАШИНЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА И ОТДЕЛКИ ПОЛОВ

На объектах жилищного, гражданского и промышленного строительства сооружают несколько видов полов (сплошные монолитные, дощатые и паркетные, из штучных, рулонных и ковровых

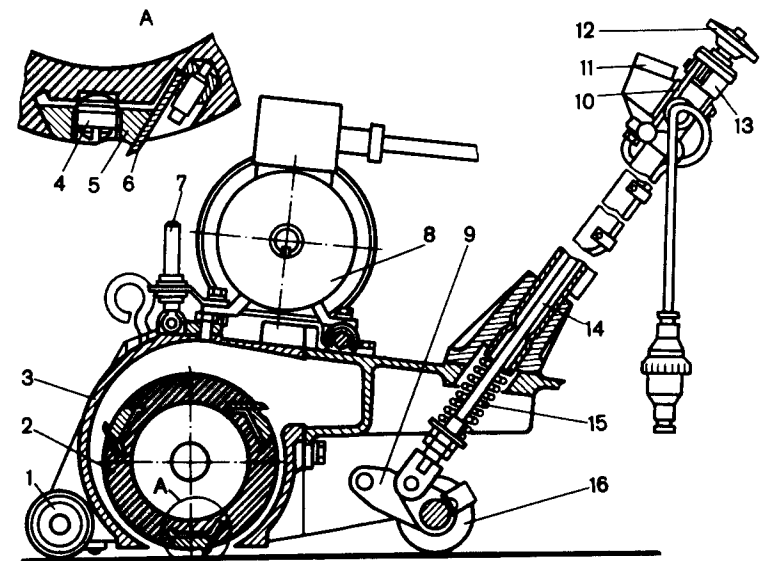
материалов), для устройства и отделки которых применяют широкую номенклатуру машин, различных по конструкции и назначению.

#### 7.3.1. МАШИНЫ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ДОЩАТЫХ И ПАРКЕТНЫХ ПОЛОВ

Для механизации работ по обработке дощатых и паркетных полов используют строгальные и шлифовальные машины, передвигаемые на колесах по обрабатываемой поверхности оператором вручную. Строжку полов непосредственно у стен, на участках небольшой площади и в труднодоступных местах осуществляют ручными электрическими рубанками (см. гл. 8).

Машина для строжки деревянных полов (рис. 7.26) состоит из корпуса, ножевого барабана, электродвигателя, клиноременной передачи, узла управления, ходовых колес и вентилятора.

Рабочим органом машины служит ножевой барабан 2, приводимый во вращение от асинхронного трехфазного электродвигателя 8 на напряжении 380 В через клиноременную передачу. На цилиндрической поверхности ножевого барабана имеются три продольных паза, в которых с помощью сухарей 5 и винтов 4 закреплены сменные плоские ножи 6. Возвышение режущих кромок ножей относительно поверхности барабана не превышает 3 мм. Барабан тщательно сбалансирован во избежание вибрации при вращении и установлен внутри корпуса 3 машины так, что может обрабатывать



Р и с. 7.26. Машина для строжки деревянных полов

полы в непосредственной близости от стен. Натяжение клинового ремня регулируется винтом 7. Для отвода стружки из зоны строгания на валу барабана установлен вентилятор, создающий воздушный поток, которым стружка отводится через отверстие, расположенное в задней части корпуса.

Машина опирается на передний ролик 1 и задние колеса 16. Узел управления 13 имеет стойку с рукоятками для перемещения машины, устройство для регулировки глубины строгания и быстрого отвода барабана из зоны резания. Глубина строгания регулируется поднятием и опусканием задних колес 16, установленных на траверсе 9. Перемещение траверсы осуществляется гайкой 12 через тягу 14 с пружиной 15. Быстрый отвод ножевого барабана из зоны резания осуществляется рукояткой 10 винтового механизма, связанного с тягой. Пуск и остановка электродвигателя производятся магнитным пускателем с помощью кнопочного поста управления 11.

Некоторые модели строгальных машин оборудуются ножевыми барабанами, на которых ножи расположены в шахматном порядке. Перед началом работы пол очищают от загрязнений и увлажняют водой. Строгание ведется вдоль волокон древесины путем плавного передвижения машины вперед. Строгание выполняют прямыми полосами, перекрывая каждый раз на 50...100 мм предыдущую, уже обработанную полосу. Основными параметрами строгальных машин являются глубина и ширина строгания за один проход.

Производительность строгальных машин 45...65 м<sup>3</sup>/ч, частота вращения ножевого барабана 47 с<sup>-1</sup>, ширина полосы строгания 280...310 мм, максимальная глубина строгания 3 мм.

Эксплуатационная производительность строгальной машины (м<sup>3</sup>/с)

$$P_3 = BHv_n K_y K_v, \quad (7.6)$$

где  $B$  и  $H$  — соответственно ширина и глубина строгания, м;  $v_n$  — скорость подачи рабочего органа, м/с;  $K_y$  — коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки древесины;  $K_v$  — коэффициент использования машины по времени.

**Паркетшлифовальные машины** предназначены для шлифования паркетных и дощатых полов после строгки, а также могут быть использованы при ремонте деревянных покрытий полов для снятия мастики и лакокрасочных покрытий. Различают два типа паркетшлифовальных машин: с барабанным рабочим органом — для шлифования больших открытых площадей полов и дисковым рабочим органом — для шлифования небольших участков полов и сложных по конфигурации в плане и в труднодоступных местах (в нишах, узких проходах, углах, вдоль стен, под радиаторами отопления и т. п.). На рабочих поверхностях барабанов и дисков крепят шлифовальные шкурки на саржевой основе средней плотности с различ-

ными абразивными материалами (электрокарборундом, карборундом, кремнием и др.).

Паркетное покрытие шлифуют за 2...3 прохода, заменяя шлифовальную шкурку. При первом проходе (грубое шлифование) используют шкурку зернистостью 24...36. Для второго прохода при чистовом шлифовании применяют шлифовальные шкурки зернистостью 60...80. Все паркетшлифовальные машины оборудованы пылеотсасывающим устройством, состоящим из вентилятора, пылеотводной трубы и пылесборника — съемного мешка из специальной ткани для сбора отходов шлифования.

В строительстве используются конструктивно подобные унифицированные машины с барабанным рабочим органом, а также машина с дисковым рабочим органом.

Машина с барабанным рабочим органом (рис. 7.27) состоит из корпуса 13 шлифовального барабана 1, электродвигателя 7, системы клиноременных передач, пылесоса с вентилятором 15 для удаления древесной пыли из рабочей зоны, пылеотводной трубы с мешком-пылесборником, механизма управления, ходовых колес, комплекта электрооборудования.

Шлифовальный барабан покрыт губчатой резиной, которая обеспечивает плотное прилегание шлифовальной шкурки к обрабатываемой поверхности пола по всей ширине. Концы шкурки заправляются в прорезь барабана и зажимаются там двумя эксцентриковыми валиками. Барабан смонтирован в корпусе машины таким образом, что может шлифовать поверхность пола непосредственно у стены.

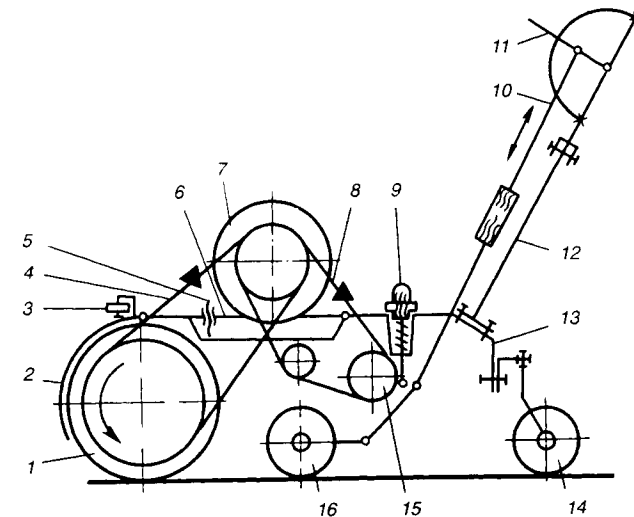


Рис. 7.27. Принципиальная схема паркетшлифовальной машины

Спереди шлифовальный барабан огражден крышкой 2 с ограничительным роликом 3 и резиновым амортизатором.

Привод шлифовального барабана и вентилятора 15 осуществляется соответственно через клиноременные передачи 4 и 8 от асинхронного однофазного электродвигателя 7 мощностью 2,2 кВт, установленного на специальной платформе 6 с винтом 5 для регулирования натяжения клиновых ремней. Машина передвигается на ходовых колесах 16 и 14. Колеса 14 связаны с винтовым механизмом 9, регулирующим давление барабана на обрабатываемую поверхность. Узел управления машиной смонтирован на рукояти 12 и включает две ручки управления, пакетный выключатель для пуска и останова электродвигателя, фиксатор 11 и тягу 10, с помощью которых осуществляется подъем и опускание барабана при шлифовании и транспортировке машины. При работе барабан должен соприкасаться с обрабатываемой поверхностью по всей длине. Для достижения ровной и гладкой поверхности пола шлифование выполняют дважды — в направлениях, перпендикулярных друг другу. Производительность и качество шлифования полов во многом определяются правильным подбором зернистости шлифовальной шкурки и ее качеством.

Паркетшлифовальные машины выпускаются в двух исполнениях: с питанием от одно- и трехфазной сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 220 и 380 В с питанием от трехфазной сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 380 В с глухозаземленной нейтралью.

Производительность паркетшлифовальных машин 40...48 м<sup>2</sup>/ч, ширина обрабатываемой полосы 200 мм, диаметр барабана 185 мм, частота вращения 23...30 с<sup>-1</sup>.

### 7.3.2. МАШИНЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПОЛОВ ИЗ РУЛОННЫХ И ПЛИТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При устройстве полов с покрытиями из рулонных материалов в жилых, общественных и промышленных зданиях выполняют механизированным способом подготовку поверхности оснований (заглаживание бетонных оснований и их железнение, окончательную затирку цементных стяжек и т. п.), продольную прирезку кромок полотнищ линолеума, сварку полотнищ линолеума в ковры и приклейку их к основанию по всей площади клеями и мастиками с последующей прикаткой катками статического действия и виброкатками. Особое внимание уделяют качественной подготовке основания, поскольку рулонные материалы обладают свойством «отпечатывать» все неровности основания даже при самой тщательной приклейке покрытия.

Двухдисковая машина для затирки цементных стяжек (рис. 7.28) предназначена для окончательной затирки цементных стяжек под укладку полов из синтетических ковров, линолеума, плитки ПВХ и других материалов. Затирка осуществляется двумя дисками 4 из древесностружечного материала, вращающимися в разные стороны с частотой 9 с<sup>-1</sup> от электродвигателя 2 через редуктор 3. Противовращение дисков обеспечивает прямолинейное поступательное движение машины. Во время работы машины в зону затирки по шлангу подводится вода, что облегчает затирку. Диски диаметром 200 мм крепятся к выходным валам редуктора через резиновые мембраны, что обеспечивает самоустановку дисков, равномерность их износа и плавную работу машины.

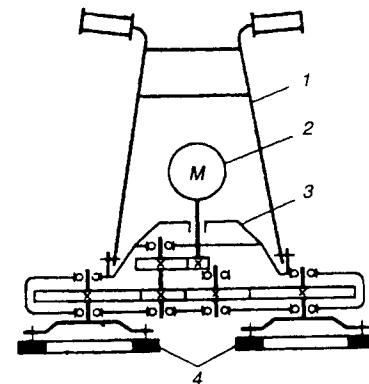


Рис. 7.28. Машина для затирки цементных стяжек

К корпусу редуктора прикреплена рукоятка управления 1, на которой установлен пакетный выключатель для пуска и останова электродвигателя и кран для подачи воды в зону обработки поверхности. За один проход машина шлифует полосу шириной 425 мм. Электродвигатель машины на напряжение 42 В подключается к электросети переменного тока напряжением 220/380 В, частотой 50 Гц через преобразователь частоты тока. Перед пуском электродвигателя машину сначала поднимают на рукоятке управления так, чтобы затирочные диски не касались поверхности пола; затем включают электродвигатель и медленно опускают машину на обрабатываемую поверхность. Износ рабочих дисков в процессе работы не должен превышать  $\frac{1}{3}$  их высоты. Изношенные диски заменяют одновременно во избежание их разновысотности.

Сварку полотнищ линолеума с прирезанными друг к другу кромками осуществляют тепловым и холодным методами. Тепловой метод применяют для сварки полотнищ поливинилхлоридного линолеума, в котором содержится не менее 40% по массе поливинилхлоридной смолы. При нагревании до температуры 200°С такой материал переходит в вязкотекучее состояние, а при охлаждении основа затвердевает, приобретая первоначальную прочность. Холодный метод сварки применяют для нетермопластичных линолеумов (релина, нитролинолеума и др.), которые невозможно сваривать тепловым методом. Холодная сварка заключается в склеивании торцов кромок стыкуемых полотнищ линолеума специальными составами, обеспечивающими прочное клеевое соединение.



При тепловом методе сварку стыков полотнищ осуществляют горячим воздухом и инфракрасными лучами.

Наибольшее распространение получила сварка инфракрасными лучами, источником которых являются аппараты инфракрасного излучения, выполненные по единой конструктивной схеме в виде нагревательного утюжка. Они обеспечивают непрерывный процесс сварки линолеума и перемещаются оператором вдоль стыка вручную.

Аппарат (рис. 7.29) состоит из корпуса 1 со смотровым окном, формирующей пластины 9 с продольной прорезью, в которой расположены поперечные перемычки 12, двух галогенных ламп 4, установленных в отражателях 5, П-образного формирующего элемента 11, подпружиненного прижимного ролика 10, вентилятора 6, регулятора напряжения 8 и питающего кабеля.

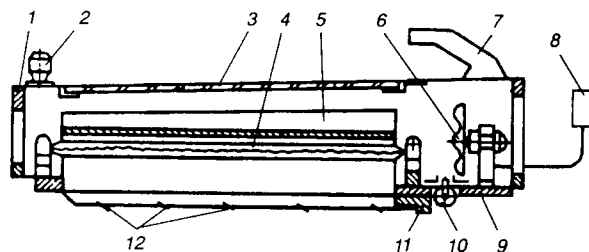


Рис. 7.29. Аппарат для сварки линолеума

рез продольную прорезь формирующей пластины на свариваемые кромки. При перемещении аппарата вручную с помощью ручек 2 и 7 вдоль стыка шва происходит его заделка разогретой (до 140...160°C) массой под воздействием поперечных перемычек 12 П-образного формирующего элемента и прижимного ролика 10.

Для наблюдения за ходом сварки в корпусе имеется смотровое окно со стеклофильтром 3. Встроенный в корпус вентилятор 6 служит для обдува потоком воздуха формирующей пластины и охлаждения корпуса и ручек в процессе сварки. Регулятор напряжения поддерживает напряжение на заданном уровне, соответствующем типу свариваемого линолеума.

Производительность аппарата 50...80 м/ч, потребляемая мощность не более 2,0 кВт.

При централизованном изготовлении ковров размером «на комнату» из поливинилхлоридного линолеума в заводских условиях для сварки в полуавтоматическом режиме отдельных полотнищ используют машины и установки, в состав которых входит инфракрасный излучатель, смонтированный на самоходной каретке с электромеханическим приводом, движущимся по направляющим.

Принцип работы аппарата состоит в нагревании до вязкотекучего состояния свариваемых кромок линолеума инфракрасными излучателями — галогенными лампами, создающими тепловой поток, который направляется отражателями через

Свежеуложенный на клеевую или мастичную прослойку линолеум прикатывают виброкатками. Под воздействием вибрации осуществляется равномерное перераспределение материала прослойки, удаление воздуха и плотное прижатие линолеума к поверхности основания. Виброкатки используют также для втапливания керамических плиток в жесткий цементно-песчаный раствор при устройстве плиточных полов и прикатке плиток из синтетических материалов.

**Виброкаток** для прикатки линолеума и синтетических плиток (рис. 7.30, а) состоит из вибратора 3 с круговыми колебаниями и регулируемым статическим моментом дебалансов, плиты 2, опирающейся на 12 роликов 1, объединенных в два ряда (по 6 шт. в каждом), и рукоятки управления 4 с переключателем 5, прикрепленной к плите через амортизационные подкладки. Вынуждающая сила от вибратора передается на опорные ролики. Прикатка линолеума и синтетических плиток осуществляется при медленном перемещении катка с включенным вибратором по поверхности пола. Каток имеет ширину захвата 520 мм и прикатывает 150 м<sup>2</sup>/ч.

**Каток для вибровтапливания керамических плиток** (рис. 7.30, б) состоит из двух рядов роликовых опор 1 (по 8 шт. в каждом ряду), объединенных с помощью осей в парные секции, плиты 2, на которой установлен вибратор 3 с круговыми колебаниями, и рукоятки управления 4 с переключателем 5, шарнирно закрепленной к плите на амортизационных подкладках. Парные секции роликов шарнирно закреплены на плите. Конструкция виброкатка обеспечивает независимую самоустановку всех роликов на поверхность плиточных полов.

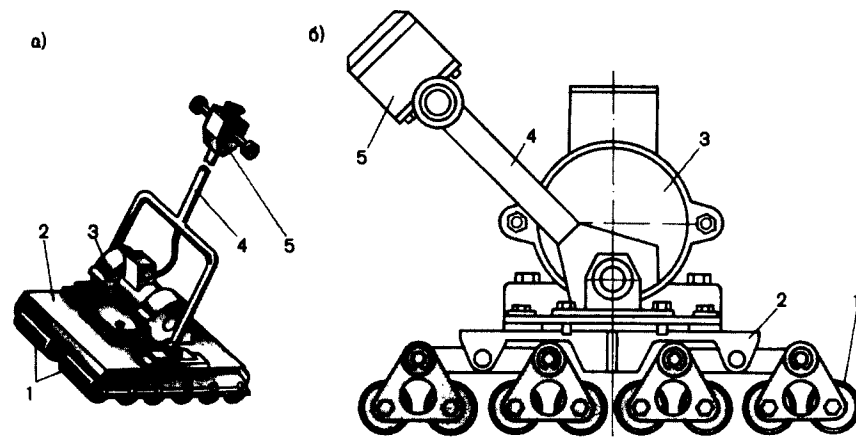


Рис. 7.30. Виброкатки:

а — для прикатки линолеума; б — для втапливания керамических плиток

Использование виброрейки позволяет ликвидировать ручную операцию по заполнению швов между плитками цементным раствором. Виброрейка работает в комплекте с устройством для резки керамических плиток и с шаблонами барабанного или секционного типа для раскладки керамических плиток по прослойке из жесткого раствора перед их вибровтапливанием. Шаблоны барабанного типа используют в помещениях большой площади и протяженности, секционного типа — при малых объемах работ. При работе каток с включенным в сеть вибратором медленно перемещают по поверхности пола. Окончанием работы следует считать полное заполнение раствором стыков между плитками и появление на поверхности цементного молока.

Производительность виброрейки  $150 \text{ м}^2/\text{ч}$ , ширина захвата 540 мм.

### 7.3.3. МАШИНЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА И ОТДЕЛКИ МОНОЛИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ПОЛОВ

При устройстве цементно-песчаных и бетонных стяжек, бетонных и мозаичных полов для подачи и нанесения готовых жестких цементно-бетонных смесей (осадка конуса 3...5 см) используют машины-пневмонагнетатели.

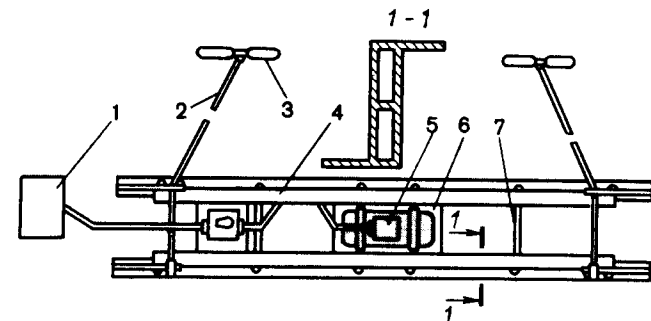
Для выравнивания, уплотнения и предварительного заглаживания стяжек и полов применяют электромеханические поверхностные вибраторы — виброрейки и площадочный вибратор (при малых объемах работ), которые передвигают по уплотняемой поверхности с помощью гибких тяг.

Для заглаживания и железнения бетонных и цементно-песчаных полов используют универсальную машину. При устройстве и отделке монолитных бетонных полов методом вакуумирования применяют вакуумный комплекс. Предварительную обработку (обдирку) бетонных полов осуществляют фрезерными машинами (серийно не выпускаются), последующее чистовое шлифование поверхности пола — мозаично-шлифовальными машинами: ручными при небольших объемах работ и самоходными (крупными партиями не выпускаются) при больших объемах работ. Для очистки обработанной мозаично-шлифовальными машинами поверхности используют шламоуборочную машину.

Для устройства наливных полов применяют передвижные станции.

**Виброрейки** однотипны по конструкции, максимально унифицированы и различаются между собой шириной обрабатываемой полосы (1,5; 3,0 и 4,0 м), габаритами, массой и производительностью. Они обеспечивают проработку слоя бетонной смеси на глубину до 150 мм и оснащаются одинаковыми мотор-вибраторами мощностью 0,25 кВт и регулируемой вынуждающей силой 2...5,6 кН.

Каждая виброрейка (рис. 7.31) состоит из двух параллельных алюминиевых Z-образных пустотелых рабочих профилей 4, мотор-вибратора 5 с регулируемым статическим моментом дебалансов, пусковой электроаппаратуры и органов управления. Рабочие профили, передающие колебания от мотор-вибратора непосредственно бетону, уплотняют бетонную смесь и жестко связаны между собой стяжками 7 и основанием 6, на котором крепится мотор-вибратор. Для обеспечения жесткости рабочие профили имеют специальное поперечное сечение. Для предотвращения их прогиба при установке на направляющие и в процессе работы предусмотрено специальное натяжное устройство. Для переноса виброрейки на концах рабочих профилей закреплены скобы, к которым с помощью карабинов крепятся тросы-тяги 2 с обрешиненными рукоятками управления 3. Рукоятки управления крепятся к тягам через резиновые втулки, что обеспечивает защиту обслуживающего персонала от вибрации. Виброрейки подключаются к трехфазной электрической сети переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц посредством гибкого кабеля.



Р и с. 7.31. Схема виброрейки

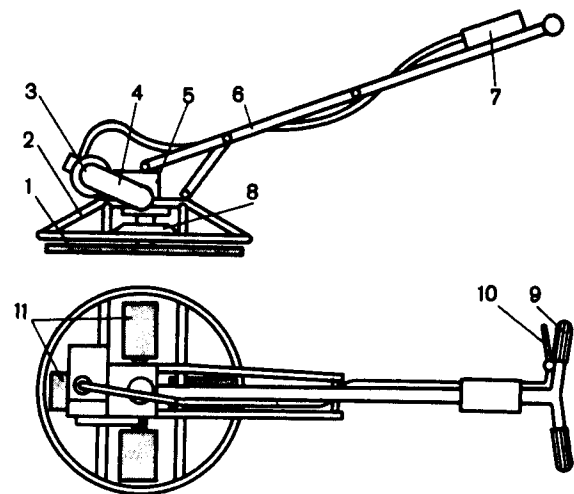
В комплект электрооборудования виброреек входят: понижающий трансформатор с защитно-отключающей аппаратурой, размещенной в специальном передвижном шкафу 1, и пакетный выключатель, установленный непосредственно на виброрейке. При работе виброрейку перемещают со скоростью 0,5...1,0 м/мин по кромкам смежных полос уложенной бетонной смеси (раствора) или по направляющим (маячным) рейкам. Скорость перемещения выбирают исходя из того, что время вибрации малой толщины слоя уплотняемой смеси должно быть минимальным во избежание ее расслоения и оседания крупного заполнителя.

**Машины для отделки поверхностей бетонных и цементно-песчаных полов.** Окончательную отделку поверхностей полов после про-

цесса уплотнения смеси виброрейками осуществляют с помощью универсальных заглаживающих машин, укомплектованных затирочными дисками для предварительного (грубого) заглаживания и лопастями для окончательного (чистового) заглаживания поверхности пола.

Универсальная заглаживающая машина (рис. 7.32) укомплектована чугунным диском 1 диаметром 880 мм для предварительного заглаживания и железнения бетонных и цементных полов и лопастным рабочим органом диаметром 800 мм для чистовой отделки пола с четырьмя (тремя)

металлическими заглаживающими лопастями 11, расположенными в одной плоскости под углом  $90^\circ$  ( $120^\circ$ ) друг к другу. Лопастной рабочий орган крепится на выходном валу червячного редуктора 5 привода и состоит из планшайбы 8, в направляющих втулках которой установлены оси с лопастедержателями и заглаживающими лопастями, и механизма регулирования угла наклона лопастей, обеспечи-



Р и с. 7.32. Универсальная заглаживающая машина

вающего плавное изменение угла наклона лопастей к заглаживаемой поверхности при работе в пределах от  $0$  до  $10^\circ$ .

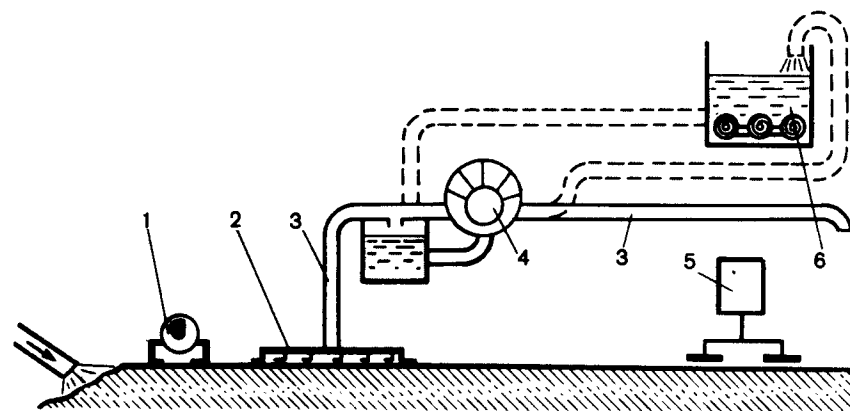
При необходимости диск с помощью лопастедержателей крепится на лопастном рабочем органе, который превращается в дисковый. Привод рабочего органа состоит из двухскоростного электродвигателя 3, клиноременной передачи 4 и червячного редуктора 5. Двухскоростной электродвигатель обеспечивает вращение дискового рабочего органа с частотой  $1 \text{ с}^{-1}$  и лопастного с частотой  $2 \text{ с}^{-1}$ . Рабочий орган имеет защитное ограждение 2.

Для передвижения машины оператором служит складная рукоять 6 (складывается в транспортном положении) с двумя ручками 9 управления, регулируемая по высоте. На верхней части рукояти установлены механизм управления приводом и электропусковая аппаратура 7, состоящая из пакетного переключателя, пускателя, микропереключателя и защитно-отключающего устройства.

Механизм управления приводом состоит из ручной педали 10, шарнирно установленной на правой ручке и связанной с помощью тросика с нажимным рычагом, воздействующим на микровыключатель, который при нажатии на ручную педаль замыкает цепь управления приводом, осуществляя пуск электродвигателя. Машина подключается к трехфазной сети переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц через защитно-отключающее устройство с помощью кабеля и штепсельных разъемов.

Вакуумный комплекс (рис. 7.33) предназначен для устройства монолитных бетонных полов и их обработки методом вакуумирования. Сущность вакуумирования заключается в удалении избыточной воды затворения в смеси с воздухом (водовоздушной смеси) из свежеложенного и виброуплотненного слоя бетона под воздействием вакуума. Удаляемая из бетона водовоздушная смесь увлекает за собой частицы цемента, которые заполняют поры и скапливаются на поверхности. Это приводит к повышению прочности вакуумированного бетона по сравнению с обычным на 20...25%, уменьшению усадки и ускорению твердения бетона, увеличению водонепроницаемости, морозо- и износостойкости его поверхностного слоя, а также позволяет производить окончательную обработку поверхности пола заглаживающими машинами практически сразу же после завершения процесса вакуумирования.

В состав комплекса входят: набор виброреек 1 различной длины (1,5; 3,0; 4,5 м) с опорами и направляющими; вакуумный агрегат 4 с набором шлангов; отсасывающие маты (вакуум-маты) 2 различного размера; две заглаживающие машины 5 с набором дисковых и лопастных рабочих органов для черновой и чистовой обработки поверх-



Р и с. 7.33. Вакуумный комплекс для устройства монолитных бетонных полов

ности пола; ванна 6 для промывки фильтровально-дренажного слоя вакуум-матов; комплект шлангов 3 и соединительные устройства для соединения вакуум-агрегата с вакуум-матами в процессе работы; передвижной шкаф управления; контейнер для хранения и перевозки оборудования.

Технологический процесс устройства чистых бетонных полов с применением вакуумного комплекса осуществляется отдельными и повторяющимися циклами, включающими следующие последовательно выполняемые и взаимосвязанные операции:

- подготовку поверхности основания пола;
- прием и укладку бетонной смеси с осадкой конуса 9...11 см;
- уплотнение бетонной массы и выравнивание поверхности пола виброрейками;
- вакуумирование уложенной бетонной смеси с помощью вакуум-агрегата;
- окончательную отделку поверхности пола универсальными заглаживающими машинами.

Вакуум-агрегат смонтирован на одноосной двухколесной тележке и состоит из водокольцевого вакуумного насоса с приводным электродвигателем для создания разрежения (не менее 0,095 МПа) и отсасывания водовоздушной смеси из уложенного слоя бетона, водяного бака со всасывающей и нагнетательной камерами, быстроразъемных переходников для подсоединения отсасывающего и сливного рукавов и пульта управления.

Вакуум-мат выполнен в виде эластичного ковра, накладываемого перед вакуумированием на уплотненную бетонную поверхность и состоящего из двух слоев — нижнего фильтрующего, через ячейки которого вода равномерно отсасывается из бетона, и верхнего герметизирующего из водонепроницаемой ткани для изоляции вакуума от атмосферы. В среднюю часть герметизирующего слоя встроен коллектор для сбора отсасываемой воды с патрубком для подсоединения отсасывающего рукава вакуум-агрегата.

Вакуумирование проводят при разрежении 0,07...0,08 МПа. Продолжительность процесса вакуумирования зависит от толщины обрабатываемого слоя бетона, т. е. на 1 см толщины слоя затрачивается примерно 1...1,5 мин. Процесс вакуумирования считается законченным, если прекращается движение воды через прозрачный участок трубопровода, а бетон наберет прочность порядка 0,2...0,3 МПа. Жесткость смеси после вакуумирования 30...40 с. После вакуумирования готовая поверхность затирается и заглаживается машинами через 3...4 ч в зависимости от толщины слоя, температуры окружающего воздуха и т. п.

Вакуумный комплекс подключается к сети переменного тока с глухозаземленной нейтралью напряжением 380 В, частотой 50 Гц.

Производительность комплекса 340...360 м<sup>2</sup>/смен при укладке пола толщиной до 200 мм. Комплекс обслуживает специализированная бригада из 6 человек. Масса комплекса 440 кг.

Техническая производительность комплекса (м<sup>2</sup>/ч)

$$P_T = A/T_c, \quad (7.7)$$

где  $A$  — общая площадь обработанной поверхности, м<sup>2</sup>;  $T_c$  — суммарное время работы виброрейки, вакуум-агрегата и двух заглаживающих машин, ч.

Технологический процесс отделки бетонных и мозаично-террацевых покрытий полов включает обдирку, чистовое шлифование и полирование обрабатываемой поверхности. Механизированную отделку поверхности мозаично-террацевых и бетонных покрытий полов производят с помощью ручных и самоходных мозаично-шлифовальных машин.

Ручные мозаично-шлифовальные машины предназначены для шлифования поверхностей монолитных бетонных и мозаично-террацевых полов. Конструкции этих машин имеют мало различий.

Мозаично-шлифовальная машина (рис. 7.34, а) может работать как с абразивными сегментами 6С9Д, так и алмазными фрезами. Машина состоит из шлифовальной головки 1 с двумя противоротационными траверсами, двух сменных пригрузов 2, электродвигателя 3 с защитой от перегрузок и коротких замыканий, механизма

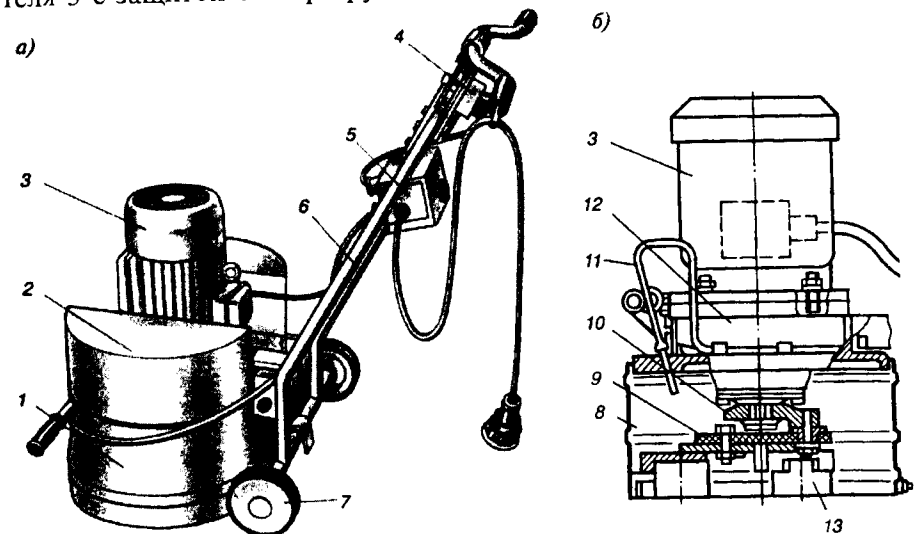


Рис. 7.34. Ручная мозаично-шлифовальная машина:  
а — общий вид; б — шлифовальная головка

пуска под нагрузкой 4, электрооборудования 5, рукоятки управления 6 и опорной оси с двумя обрешинными колесами 7.

Рабочим органом машины (рис. 7.34, б) служат противовращающиеся планшайбы 9, на каждой из которых в державках установлены по три абразивных сегмента 13 типа 6С или алмазные фрезы для шлифования обрабатываемой поверхности. Абразивы установлены в державках и удерживаются пружинами. Каждая планшайба крепится через плоский резиновый амортизатор к соответствующей траверсе 10. Амортизаторы обеспечивают равномерный нажим на каждый абразивный сегмент, их равномерный износ и самоустановку по обрабатываемой поверхности, а также плавную работу машины.

Вращение траверсам передается от электродвигателя 3 через зубчатый редуктор 12 в разные стороны, что обеспечивает прямолинейное поступательное движение машины. К корпусу редуктора с помощью оси и кронштейнов крепится узел управления 6 и ходовое устройство с двумя обрешинными колесами.

Рабочий орган может перемещаться в пазах кронштейнов относительно ходового устройства вертикально вниз по мере износа абразивов. Рабочий орган защищен кожухом 8, который постоянно соприкасается с обрабатываемой поверхностью. На раме ходового устройства закреплен пластмассовый бак вместимостью 20 л, вода из которого подается в зону обработки через шланг 11 и кран с ручным управлением. Пуск и остановка электродвигателя осуществляются с помощью пакетного выключателя с усиленной электрозащитой. Электробезопасность машины обеспечивается защитно-отключающим устройством. Машины подключаются к трехфазной сети переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц с помощью гибкого кабеля.

Самоходные мозаично-шлифовальные машины предназначены для выполнения средних и больших объемов работ. Они выпускаются мелкими партиями и характеризуются довольно большим разнообразием конструктивных решений.

Распространение получили самоходные мозаично-шлифовальные машины и агрегаты на базе специальных шасси с индивидуальным гидравлическим и электрическим приводом ходовых колес, способных обеспечивать получение и бесступенчатое регулирование «ползучих» рабочих скоростей передвижения в диапазоне 1...10 м/мин, при которых достигается высокое качество обработки поверхности пола при минимальном количестве проходов машины по одному участку. Машины оборудуются двумя или тремя шлифовальными головками с индивидуальным электрическим приводом, оснащенными абразивным или алмазным инструментом. Шлифовальные головки могут быть унифицированы с серийными ручными шлифовальными машинами. Подъем и опускание головок осуществ-

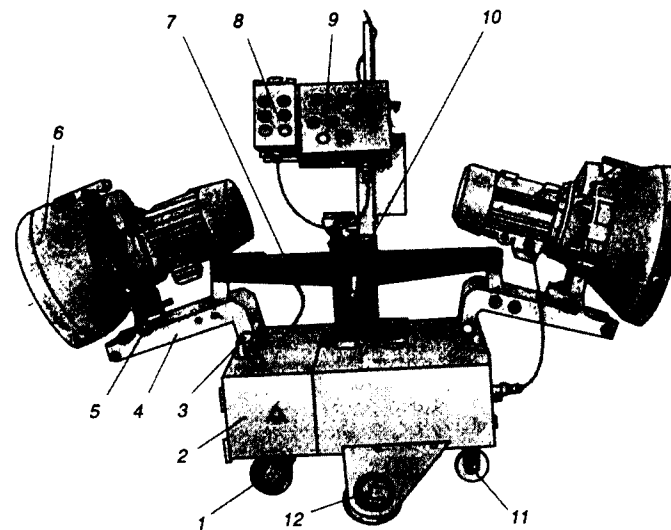


Рис. 7.35. Самоходная шлифовальная машина

ляется гидравлическим или электромеханическим подъемным механизмом. Вода в зону шлифования подводится либо от водяной магистрали через рукав с регулирующим краном, либо от водяного бака, установленного на машине.

Самоходная мозаично-шлифовальная машина (рис. 7.35) состоит из двух шлифовальных головок 6, ходовой тележки 2, механизма 10 подъема головок с траверсой 7, пускозащитной аппаратуры и пульта управления.

Шлифовальные головки, унифицированные с головкой ручной шлифовальной машины, крепятся к ходовой тележке с помощью осей 3 и кронштейнов 4. Паза в кронштейнах позволяют шлифовальным головкам по мере износа абразивного инструмента опускаться относительно ходовой тележки. Ходовая тележка имеет два ведущих колеса 1 с отдельным приводом, опорное 12 и поворотное (рояльное) 11 колеса. Привод каждого колеса включает электродвигатель, червячный редуктор, цепную передачу и кулачковую муфту для отключения привода при перекатывании машины вручную. Механизм 10 подъема-опускания шлифовальных головок при переводе их в рабочее и транспортное положения встроены в корпус ходовой тележки и состоят из электродвигателя, клиноременной передачи, червячного редуктора и кулачковой муфты для отключения привода механизма при подъеме шлифовальных головок вручную.

В крайних положениях головок при подъеме и опускании привод выключается микровыключателями. Вода в зону шлифования

подается от водопроводной магистрали, а ее расход регулируется краном. При небольших объемах работ каждая из головок может быть снята с машины и после дооборудования их рукоятками серийных ручных машин трансформируются в ручную шлифовальную машину. Самоходная шлифовальная машина обеспечивает ширину шлифования 600 мм, производительность при затирке 80 м<sup>2</sup>/ч, при шлифовании 90 м<sup>2</sup>/ч (180 м<sup>2</sup>/ч с алмазными дисками) и движется при шлифовании со скоростью 9,1 м/мин. Установленная мощность двигателей машины 12,3 кВт. С помощью выносного пульта 8 осуществляется дистанционное управление машиной.

#### Передвижные станции для устройства наливных покрытий полов.

В современном строительстве процесс устройства наливных поливинилацетатных полов комплексно механизирован за счет применения высокопроизводительных передвижных механизированных станций, укомплектованных взаимно увязанными по производительности машинами и механизмами для приготовления (переработки), подачи и нанесения мастичных составов, средствами механизации для подготовки основания пола, а также приборами и приспособлениями для контроля качества производимых работ. Передвижные станции, как правило, комплектуются серийно выпускаемыми строительно-отделочными машинами и механизмами.

На рис. 7.36 показана схема передвижной станции для устройства наливных поливинилацетатных полов и приготовления поливинилацетатных составов выравнивающего слоя с выгрузкой их в транспортную емкость. Технологическое оборудование станции размещено в металлическом кузове 3 прицепа и обеспечивает выполнение комплекса технологических операций: подготовку основания пола; подачу исходных сыпучих и жидких компонентов мастичных составов в станцию и их дозирования; приготовление мастичных составов, их транспортирование и нанесение на подго-

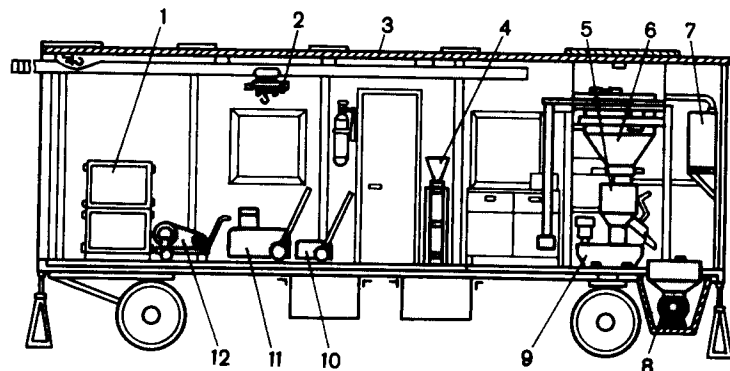


Рис. 7.36. Станция для устройства наливных поливинилацетатных полов

товленное основание пола. При подготовке основания пола его поверхность очищают от мусора и пыли подметальной машиной 11, а механизированную шлифовку полимерацетатной шпатлевки осуществляют ручной шлифовальной машиной 10.

Сыпучие компоненты (песок, маршалит) из приемных емкостей подаются к весовому дозатору 6 пневмомагнететалями, которые обслуживаются компрессором 12 и могут быть размещены в кузове станции или рядом с ней. Работа дозатора сыпучих материалов и пневмомагнетелей заблокирована так, что при достижении заданной массы поданного материала в дозатор пневмомагнетели автоматически отключаются. Разгрузочный лоток дозатора сыпучих материалов подведен к загрузочному отверстию турбулентного растворосмесителя 5 с объемом готового замеса 80 л. Наполнение приемной емкости, подача и дозирование ПВА-эмульсии или полистирольного латекса обеспечиваются насосом-дозатором. Отдозированные ПВА-эмульсию или латекс по трубопроводу подают в дозирочную емкость 7 или непосредственно в растворосмеситель.

Для дозирования и измельчения красящих пигментов служат соответственно весы и жерновая краскотерка 4. Готовые порции пигмента загружают в смеситель вручную. Воду в смеситель подают из дозирочной емкости. Приготовленный в растворосмесителе мастичный состав выгружается на вибросито 9 и после процеживания поступает в приемный бункер винтового насоса 8. Насосом мастичные составы подаются по трубопроводу к месту производства работ, где наносятся на поверхность с помощью пневматической удочки, питаемой сжатым воздухом от второго компрессора.

Станция оборудована электрической галью 2 для погрузки контейнеров с полуфабрикатами, погрузки-разгрузки передвижных машин, входящих в комплект технологического оборудования станции.

Электрооборудование станции состоит из электрошкафа 1, пультов управления, электродвигателей, нагревателей для обогрева станции в зимнее время и светильников. Оно питается от сети переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц. Станция обслуживается одним оператором.

Сменная эксплуатационная производительность (м<sup>2</sup>/смен) передвижной станции

$$P_{э.с} = P_{э.н} T_{см} K_{в} 1000/h, \quad (7.8)$$

где  $P_{э.н}$  — часовая эксплуатационная производительность винтового насоса по объему выдаваемой мастики, м<sup>3</sup>/ч;  $T_{см}$  — продолжительность смены, ч;  $K_{в} = 0,4...0,5$  — коэффициент использования станции по времени;  $h$  — толщина наливного слоя, мм.

Производительность станции при однослойном покрытии 500 м<sup>2</sup>/смен, дальность подачи мастичных составов по горизонтали 60 м, по вертикали 30 м, установленная мощность 40 кВт.

## 7.4. МАШИНЫ ДЛЯ КРОВЕЛЬНЫХ РАБОТ

Устройство кровельных покрытий в общем комплексе строительно-монтажных работ занимает одно из важных мест, их трудоемкость составляет 14...16% общей трудоемкости возведения зданий, а стоимость 8...12% общей стоимости зданий. Различают кровли ковровые (многослойные) из рулонных материалов, мастичные (однослойные) — из мастик и эмульсий и штучные из листовых, плитных и других материалов. В настоящее время основными видами кровельного покрытия в строительстве являются рулонные и безрулонные мастичные кровли, удельный вес которых составляет более 90%.

### 7.4.1. МАШИНЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА РУЛОННОЙ КРОВЛИ

Рулонные кровли разделяют на два вида: устраиваемые из рулонных материалов, для приклейки которых к основанию применяют заранее приготовленные горячие и холодные битумные мастики; кровли, устраиваемые из рулонных материалов с наплавленным в заводских условиях слоем битумной мастики. Способ устройства кровель из рулонных материалов, приклеиваемых к основанию на битумных мастиках, называют мастичным, из наплавленных рулонных материалов — безмастичным.

Технологический цикл устройства рулонной кровли мастичным способом включает в себя следующие операции:

- подготовку основания кровли;
- очистку рулонных материалов от защитной минеральной посыпки и их перемотку для устранения деформаций;
- подъем доставленных на объект материалов для устройства кровли на основание крыши;
- устройство гидроизоляционного кровельного ковра.

При механизированном способе производства работ готовый двух-, трех- или четырехслойный гидроизоляционный ковер наклеивается на подготовленное основание кровли с помощью горячих и холодных битумных мастик.

При устройстве гидроизоляционного кровельного ковра мастичным способом наиболее трудоемкими операциями являются приготовление, транспортирование на объект, подача на кровлю и нанесение битумных мастик на основание, при выполнении которых

используется довольно большая номенклатура машин, оборудования и приспособлений. При этом способе устройства кровли довольно высока доля ручного труда, сложен контроль за толщиной наносимого на основание кровли слоя битумной мастики при укладке гидроизоляционного ковра, что приводит к снижению качества работ и перерасходу клеящих материалов.

Поэтому все большее применение при устройстве гидроизоляционного кровельного ковра получают наплавляемые рулонные материалы, на поверхность которых в период изготовления в заводских условиях нанесен с обеих сторон утолщенный слой (0,6...4 мм в зависимости от марки) битумной мастики.

Применение наплавляемых кровельных рулонных материалов, производство которых непрерывно растет, позволяет значительно упростить технологию и продолжительность устройства кровельного гидроизоляционного ковра, исключить необходимость приготовления на объектах клеящих материалов, в 2...2,5 раза снизить затраты ручного труда и себестоимость кровельных работ, уменьшить расход битумных материалов, сократить до 2...3 единиц номенклатуру кровельных машин и автоматизировать их работу, обеспечить высокое качество кровли, повысить культуру производства кровельных работ и производительность труда, улучшить условия труда рабочих.

Непосредственно перед наклейкой гидроизоляционного ковра производят удаление с поверхности основания кровли наледи, инея, слоя снега и сушку основания с помощью специальных передвижных машин, осуществляющих тепловую обработку поверхности.

Одна из таких машин показана на рис. 7.37. Машина предназначена для выполнения небольших объемов работ на плоских и наклонных крышах при температуре окружающего воздуха не ниже — 20 °С и состоит из рамы 4 с рукоятками и колесами 5, бачка 3 вместимостью 30 л для дизельного топлива, форсунки 1, топливопровода

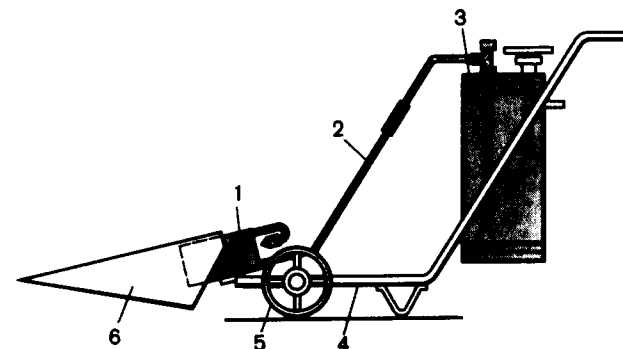


Рис. 7.37. Машина для сушки кровли и удаления наледи

да 2 с краном и кожуха-отражателя 6. Топливо к форсунке для распыления подается из бачка по топливопроводу под действием сжатого воздуха, нагнетаемого в топливный бак насосом. Подача топлива осуществляется с помощью крана. Зажигание топлива осуществляется после открывания крана. Сушка основания кровли, а также удаление с ее поверхности наледи, инея и тонкого слоя снега происходят под воздействием на них открытого пламени и потока горячих газов. При работе машина постепенно перемещается вперед по мере высыхания кровли. Производительность машины при сушке основания 25...30 м<sup>2</sup>/ч, при удалении наледи толщиной 1...1,5 мм — 50 м<sup>2</sup>/ч, расход топлива 10...12 л/ч.

Перед укладкой и наклейкой на поверхность основания осуществляют очистку рулонных кровельных материалов от защитной минеральной посыпки (при наклейке материала на основание на горячих мастиках), предохраняющей полотнища от склеивания при сворачивании в рулон, а также перематку рулонных материалов для выравнивания и вытяжки полотен материала.

**Машины для устройства кровли из наплавляемых рулонных материалов.** Технология устройства гидроизоляционного кровельного ковра из наплавляемого рулонного материала заключается в доведении его покровного мастичного слоя до клеящего состояния с одновременной раскаткой и последующей прикаткой укладываемой рулонной ленты материала. Различают два способа наклейки наплавляемых рулонных материалов — *огневой* (горячий), при котором покровный битуминозный слой материала доводят до клеящего состояния путем разогрева (подплавления) до температуры 160...180 °С пламенем горелок; *безогневой* (холодный), при котором покровный битуминозный слой материала доводят до клеящего состояния путем воздействия на него специальных растворителей-пластификаторов (уайт-спирита, керосина и др.). При безогневом способе для получения качественного кровельного покрытия требуется нанесение на контактирующие поверхности рубероида и основания кровли растворителя-пластификатора из расчета 45...60 г/м<sup>2</sup> с последующим прикатыванием рулонного материала.

Для механизации процесса устройства гидроизоляционного ковра из наплавляемых материалов безогневым способом на плоских крышах применяют передвижные машины и комплексно-механизированные установки (кровельные комплексы).

*Кровельный комплекс* применяется при производстве кровельных работ больших объемов при температуре окружающего воздуха от 5 до 45 °С. В комплекс входят: кровельная установка (рис. 7.38) для нанесения растворителя на склеиваемые поверхности; приспособление для питания из расходной емкости (бочки) растворителем кровельной установки в процессе устройства кровельного ковра и удочки при устройстве мест примыкания; каток для прикатки кровель-

ного материала при устройстве мест примыкания и водоотводов; удочка для нанесения растворителя вручную на склеиваемые поверхности в начале процесса наклейки рубероида и в местах примыкания; тележка грузоподъемностью 250 кг для подвоза к месту производства работ рулонного материала и бочек с растворителем; поддон для установки бочек с растворителем с целью сохранности кровельного ковра; устройство для раскатки и прикатки рулонных материалов; кровельные ножницы для раскроя рулонного материала толщиной до 4 мм.

Установка передвигается оператором вручную на колесах 9 и 11. На раме установки смонтированы ролик-толкатель 12 для раскатки рулонного материала 1, заполняемый растворителем дозатор 6, поролоновые смачивающие валики 2 и 3 и трубопроводы 4 и 5 для подачи к валикам растворителя из дозатора. При движении машины вперед валик 2 наносит равномерный слой растворителя на основание кровли, валик 3 — на поверхность раскатываемого рулонного материала. Переднее колесо 11 машины кинематически связано передачей 10 с дозатором 6, что обеспечивает одновременность подачи растворителя к обоим поролоновым валикам, равномерность их насыщения в пределах 0,27...0,32 г/см<sup>3</sup> и равномерность нанесения растворителя на склеиваемые поверхности. Для нанесения растворителя вручную на склеиваемые поверхности в начале процесса наклейки рубероида и в местах примыкания служит удочка 7 с резиновым рукавом 8. Производительность установки 150 м<sup>2</sup>/ч, масса 75 кг.

Холодный способ устройства рулонной кровли характеризуется простотой технологии и механизации, а также пожаробезопасностью. При этом способе долговечность кровли на 25...30% выше по сравнению с горячим (огневым) способом приклейки.

Основной недостаток холодного способа — понижение скорости испарения растворителя из пластифицированного слоя при понижении температуры окружающего воздуха.

Машины для наклейки наплавляемых рулонных материалов огневым способом — передвижные (самоходные и передвигаемые опе-

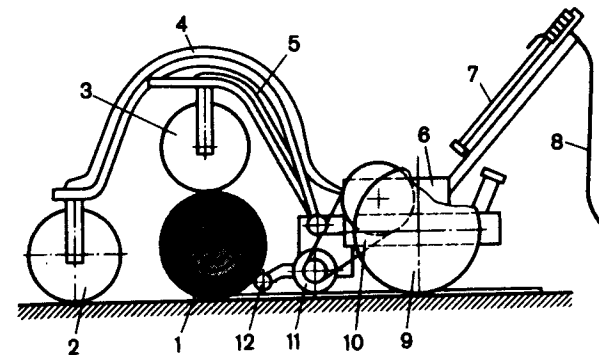
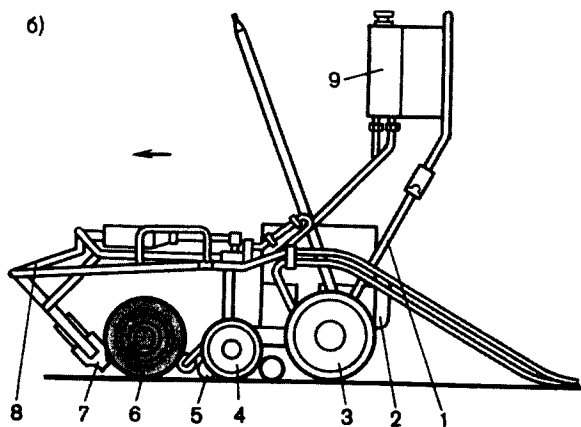
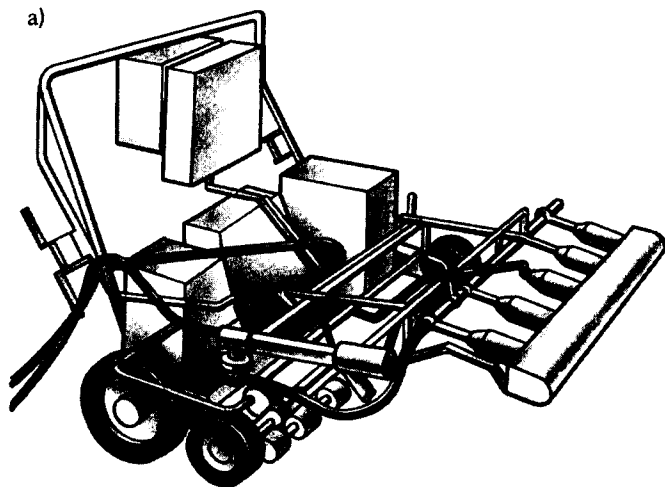


Рис. 7.38. Принципиальная схема кровельной установки для укладки и наклейки наплавляемого рубероида безогневым способом





Р и с. 7.39. Самоходная машина для наклейки наплавленного рубероида  
огневым способом:

*a* — общий вид; *b* — принципиальная схема

ратором вручную), работающие, как правило, на сжиженном газе (пропан-бутане).

Самоходная кровельная машина (рис. 7.39) применяется при больших объемах кровельных работ при уклоне кровли не более  $5^\circ$  и осуществляет раскатку рулонного материала, расплавление горелками покровного слоя мастики и прикатку материала к поверхности основания кровли. На четырехколесном самоходном шасси 1 с обрезиненными колесами 3 и 4 смонтированы блок горелок 7 с газопроводом 8, рулоноукладчик с прикатывающими катками 5, электро-

привод механизма передвижения машины, приборная панель и пульт управления 9.

Машина комплектуется четырьмя газовыми баллонами вместимостью по 50 л, размещаемыми на двух тележках. Каждая тележка имеет ложементы для двух баллонов и защитный кожух. Баллоны соединяются с газопроводом машины гибкими шлангами. При передвижении машины горелочный блок с пятью горелками подплавляет покровный слой мастики по всей ширине рулонного материала 6, раскатываемого рулоноукладчиком по поверхности основания кровли.

Прикатка полотнища материала к основанию кровли обеспечивается прикаточными катками 5, каждый из которых установлен для подпружиненных плавающих опор для обеспечения плотного прилегания к прикатываемому полотну. Газовоздушная смесь подается к блоку горелок по газопроводу 8. Газ (пропан-бутан) поступает в систему газопровода под давлением  $0,2...0,3$  МПа из газовых баллонов через редуктор. Подача газа регулируется муфтовым краном, расход контролируется ротаметром, отключение газа производится электромагнитным вентилем. Привод двух ведущих колес 3 шасси осуществляется от электродвигателя 2 через систему механических передач. Привод шасси обеспечивает рабочую скорость передвижения машины 200 м/ч. Машину обслуживают два оператора.

Управление машиной ведется с пульта управления. Для автоматизации управления машиной используют электронное устройство автоматического контроля и управления процессом разогрева кровельных рулонных материалов, принцип работы которого основан на автоматическом изменении частоты вращения приводного электродвигателя ходового механизма машины и, следовательно, скорости передвижения в зависимости от температуры нагрева горелками поверхностного слоя рулонного материала.

Изменяя эту скорость пропорционально изменению температуры поверхностного слоя материала, электронное устройство обеспечивает автоматическое поддержание заданной температуры разогрева в определенных технологических пределах.

Производительность машины  $200 \text{ м}^2/\text{ч}$ , давление газа в блоке горелок  $0,2...0,3$  МПа, установленная мощность 1,0 кВт.

Огневой способ устройства рулонной кровли не получил широкого распространения в связи с тем, что существующие средства его механизации сложны по конструкции и не вполне удобны для эксплуатации, а экономичность этого способа низка, так как рассеивание тепловой энергии достигает  $60...70\%$ . Применение открытого пламени для подплавления покровного слоя рубероида связано с повышенной пожарной опасностью, возможностью теплового облучения рабочих-кровельщиков, а также со снижением эксплуатационных качеств устраиваемых кровель в результате возгонки легко-

воспламеняемого битума из основы и смешивания его с массой покровного слоя и пережога материалов.

В настоящее время вместо рулонных кровель все чаще применяют более долговечные и менее трудоемкие безрулонные мастичные кровли, при устройстве которых в 2...2,5 раза выше уровень механизации и значительно ниже стоимость укладки и ремонта. Кроме того, их можно устраивать механизированным способом на поверхности самых различных уклонов и конфигурации.

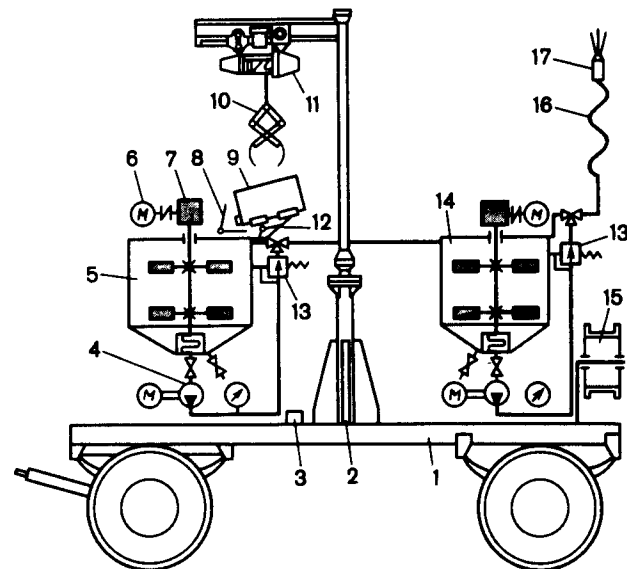
#### 7.4.2. МАШИНЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА БЕЗРУЛОННОЙ КРОВЛИ

Безрулонные мастичные кровли получают путем налива или напыления (по методу окрасочной технологии) механизированным способом гидроизоляционного слоя из кровлеобразующих битумно-полимерных или полимерных мастик, многие из которых можно наносить в холодном виде. Технологический цикл нанесения безрулонной кровли осуществляется непрерывно.

Для устройства безрулонных кровельных покрытий из мастичных материалов на полимерной основе типа «Кровлелит» и «Вента» применяют передвижные агрегаты и станции, обеспечивающие подачу на крышу и нанесение мастики на подготовленное основание кровли методом безвоздушного распыления.

Передвижная станция обеспечивает комплексную механизацию всех технологических операций по устройству мастичной кровли: разгрузку мастичных материалов, понижение их вязкости, подачу и нанесение мастики на обрабатываемую поверхность.

На пневмоколесном шасси 1 станции (рис. 7.40) смонтированы два однотипных по конструкции лопастных смесителя вместимостью по 0,6 м<sup>3</sup> — основной (рабочий) 14 и вспомогательный 5, насосы 4, компрессор 3, поворотная кран-балка 2 с электротельфером 11 и грузозахватным устройством 10, система трубопроводов с напорным гибким рукавом высокого давления 16, на конце которого установлена распылительная форсунка 17. Смесители, насосы и компрессор имеют индивидуальный электропривод, вращение лопастным валам смесителей сообщается от двигателей 6 через редукторы 7. Перед началом работ напорный рукав сматывают с барабана 15 и протаскивают к обрабатываемой поверхности. Бочку 9 с мастикой устанавливают с помощью тельфера в наклонную «постель» 12 над вспомогательным смесителем 5. Мастика в чашу смесителя поступает из бочки самотеком через заливную горловину 8. Загустевшую мастику (в результате длительного хранения или низкой температуры окружающей среды) выгружают из тары с помощью сжатого воздуха, подаваемого к бочке по шлангу от компрессора 3. При перемешивании мастики во вспомогательном смесителе, пере-



Р и с. 7.40. Схема передвижной станции для устройства безрулонных кровельных покрытий

качке ее по замкнутому контуру с помощью насоса 4 и добавлении (при необходимости) в ее состав растворителей вязкость мастики значительно уменьшается (до 14 с и ниже). Достигшая определенной вязкости мастика перекачивается насосом 4 из вспомогательной емкости в чашу рабочего смесителя 14, откуда по напорному рукаву 16 подается к форсунке 17 под давлением 6...9 МПа и наносится на обрабатываемую поверхность. Давление в напорной линии и расход форсунки регулируются напорным клапаном 13. Цикл работ по устройству кровли осуществляется непрерывно. Производительность станции около 800 м<sup>2</sup>/ч, дальность подачи по вертикали до 50 м, по горизонтали — до 80 м.

## Глава 8

### РУЧНЫЕ МАШИНЫ

*Ручной* называют технологическую машину, снабженную встроенным двигателем, при работе которой масса машины полностью или частично воспринимается руками оператора. От двигателя осуществляется главное движение рабочего органа, а все вспомогательные движения (подача, управление, установление режима и длительность операции) выполняются вручную.

Наибольшее распространение получили ручные машины в строительстве при выполнении санитарно-технических, отделочных, монтажных и ремонтных работ, а также работ по монтажу металлоконструкций и технологического оборудования. Применение ручных машин позволяет в 5...10 раз увеличить производительность труда (по сравнению с работой вручную), значительно снизить трудоемкость и повысить качество выполняемых технологических операций, а также улучшить условия труда рабочего.

Ручные машины (РМ) классифицируют по следующим признакам:

**п о н а з н а ч е н и ю** — машины для обработки металлов, дерева и камня, для сборочных, отделочных, монтажных, земляных и буровых работ;

**п о в и д у п р и в о д а** — электрические, пневматические, моторизованные (с приводом от двигателя внутреннего сгорания), гидравлические и пороховые машины (монтажные пороховые пистолеты, пиротехнические оправки);

**п о с п о с о б у п р е о б р а з о в а н и я э н е р г и и п и т а н и я** — электромагнитные, механические, компрессионно-вакуумные и пружинные;

**п о и с п о л н е н и ю и р е г у л и р о в а н и ю с к о р о с т и** — прямые (оси рабочего органа и привода параллельны или совпадают), угловые (оси рабочего органа и привода расположены под углом), реверсивные и нереверсивные, односкоростные и многоскоростные;

**п о х а р а к т е р у д в и ж е н и я р а б о ч е г о о р г а н а** — машины с вращательным, возвратно-поступательным и сложным движением. У вращательных машин силовое воздействие рабочего органа на обрабатываемый объект осуществляется непрерывно.

Рабочие органы, совершающие возвратно-поступательное и сложное движения, оказывают силовое воздействие на обрабатываемый объект импульсами.

В строительстве преимущественное распространение получили электрические и пневматические ручные машины. Электрические ручные машины выгоднее применять при выполнении работ сравнительно небольших объемов, пневматические — при работах средних и больших объемов на объектах, обслуживаемых передвижной компрессорной установкой или располагающих централизованной сетью сжатого воздуха. По сравнению с пневматическими электрические машины имеют значительно больший (в 4...6 раз) коэффициент полезного действия. Многие виды ручных машин (машины для обработки древесины — дисковые пилы, рубанки, долбежники, трамбовки для уплотнения грунта, перфораторы и др.) выпускаются только с электрическим приводом.

В настоящее время на долю электрических машин приходится более 60%, а на долю пневматических — около 30% общего выпуска ручных машин в нашей стране.

Ручным машинам присваивается индекс, состоящий из буквенной и цифровой частей. По индексу можно определить вид привода, группу машины по назначению и ее конструктивные особенности. Буквенная часть индекса приводных ручных машин характеризует вид привода: ИЭ — электрический, ИП — пневматический, ИГ — гидравлический и гидропневматический, ИД — моторизованный с двигателем внутреннего сгорания. Для насадок, инструментальных головок и вспомогательного оборудования независимо от вида привода установлен индекс ИК. Цифровая часть индекса включает четыре цифры, первая из которых обозначает номер группы, а вторая — номер подгруппы классификационной таблицы. Две последние цифры индекса характеризуют регистрационный номер модели, причем каждой вновь выпускаемой модели присваивается более высокий номер. Буквы после цифровой части индекса обозначают порядковую модернизацию машины и вид ее специального исполнения. Все ручные машины разбиты на 10 групп по назначению, каждая из которых делится на 9 подгрупп в зависимости от конструктивных особенностей каждого типа машины. Незаполненные графы таблицы предназначены для новых машин указанных групп.

В качестве примера расшифруем индекс электрической ручной шлифовальной машины ИЭ-2004Б: ИЭ — вид привода (электрический), 2 — номер группы по классификационной таблице (машина шлифовальная), 0 — номер подгруппы по виду исполнения (машина шлифовальная прямая), 04 — порядковый регистрационный номер машины, Б — порядковая модернизация машины (вторая).

Единая система индексации ручных машин способствует упорядочению их выпуска и облегчает задачу обоснованного выбора машин.

## 8.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РУЧНЫЕ МАШИНЫ

Электрическая ручная машина представляет собой электро-, вибро- и шумобезопасный переносной агрегат, состоящий из корпуса, встроенных в корпус электропривода, передаточного механизма, рабочего органа, пусковой и регулирующей аппаратуры.

Все ручные электрические машины по степени защиты оператора от поражения электрическим током подразделяют на три класса.

К *классу I* относят машины на номинальное напряжение тока свыше 42 В, у которых хотя бы одна металлическая деталь, доступная для прикосновения, отделена от частей, находящихся под напряжением, только одной рабочей функциональной изоляцией. На строительно-монтажных работах ручные машины класса I не применяются.

К *классу II* относят ручные машины на номинальное напряжение свыше 42 В, у которых все металлические детали, доступные для прикосновения, отделены от частей, находящихся под напряжением, двойной или усиленной изоляцией. Выпуск машин класса II составляет более 70% от общего объема, производства электрических ручных машин в нашей стране.

К *классу III* относят ручные машины, работающие при низком, безопасном для человека напряжении до 42 В, получающие питание от автономного источника тока или от общей сети через преобразователь тока или трансформатор. Эксплуатация машин II и III классов возможна без применения средств индивидуальной защиты.

К настоящему времени созданы полностью электробезопасные ручные машины, снабженные не только двойной, но и так называемой *полной электрической изоляцией*. Такие машины имеют цельнопластмассовый корпус и не содержат, кроме рабочего органа, наружных металлических частей.

По типу привода различают:

электромеханические ручные машины — с двигателем вращательного действия, движение которого сообщается рабочему органу (инструменту) через передаточное устройство (редуктор, кривошипно-шатунный механизм и др.);

компрессионно-вакуумные машины, у которых передача энергии на рабочий орган осуществляется ударником, пневматически связанным с промежуточным преобразовательным механизмом;

электромагнитные — с линейным электромагнитным двигателем возвратно-поступательного (ударного) действия, сообщаемым движением рабочему инструменту непосредственно.

В качестве привода электрических ручных машин применяют однофазные коллекторные двигатели типа КН II класса защиты полезной мощностью 120...850 Вт, одно- и трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором полезной мощностью 120...750 Вт с питанием от сети нормальной (50 Гц) и повышенной (200 Гц) частот.

Машины с электродвигателями типа КН получили преимущественное распространение в строительстве благодаря легкости, портативности, мобильности и возможности непосредственного подключения к сети однофазного и трехфазного тока нормальной частоты. Осваивается производство ручных электрических машин на базе облегченных высокоскоростных коллекторных однофазных двигателей с номинальной частотой вращения 250...333,3 с<sup>-1</sup>.

В последнее время получают развитие ручные машины на базе коллекторных электродвигателей постоянного тока с источником питания от малогабаритных аккумуляторных батарей, встроенных в корпус или рукоять машины. В приводах ручных машин с коллекторными двигателями все шире применяется электронное регулирование частоты вращения вала ротора, что позволяет увеличить их производительность за счет оптимального режима работы.

Трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором имеют более простую, надежную конструкцию (коллектор и щетки отсутствуют) и работают на токе нормальной частоты — 50 Гц (двигатели типа АН) и повышенной частоты — 200 Гц (двигатели типа АП). Электродвигатели типа АН, имеющие большие габариты и массу, низкую удельную мощность и КПД, применяют в ручных машинах с тяжелым режимом работы. Электродвигатели типа АП по сравнению с двигателями АН имеют более высокие энергетические характеристики; они портативны, быстроходны (частота вращения ротора до 300 с<sup>-1</sup>), характеризуются высокой мощностью на единицу массы, надежны в эксплуатации и долговечны. Эти двигатели III класса защиты на напряжение 42 В применяются в ручных машинах, работающих в опасных условиях в отношении поражения оператора электрическим током.

Ручные машины с трехфазными асинхронными электродвигателями подключаются к сети переменного тока нормальной частоты (50 Гц) напряжением 220/380 В через промежуточные агрегаты: с двигателями типа АН — через понижающий трансформатор, с двигателями типа АП — через преобразователь частоты, который выполняет также функции понижающего трансформатора.

Машины с двигателями типа АП, требующие применения преобразователя частоты, наиболее эффективно используются в стационарных условиях на стабильных рабочих местах.

В производстве электрических ручных машин применяется широкая унификация узлов и деталей, которые при выходе из строя могут быть легко заменены.

На монтажных и слесарно-сборочных работах широко распространены машины с вращательным движением рабочего органа: сверлильные, резьбонарезные, развальцовочные, шурупверты, гайковерты, шлифовальные.

### 8.1.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВЕРЛИЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Сверлильные машины предназначены для сверления отверстий диаметром 6...32 мм в различных материалах: металле, пластмассе, древесине, бетоне и железобетоне, кирпиче, камне, гипсолитовых, асбестоцементных и древесностружечных плитах и других материалах. Их используют при монтаже металлических и сборных железобетонных конструкций, при производстве столярных, плотнично-опалубочных, санитарно-технических, электромонтажных, штукатурных, облицовочных, кровельных и гидроизоляционных, железобетонных и бетонных работ, а также устройстве и отделке полов.

Отечественная промышленность выпускает прямые сверлильные РМ с однофазными коллекторными электродвигателями II класса защиты и трехфазными асинхронными электродвигателями III класса защиты. Они имеют единую принципиальную схему и отличаются друг от друга диаметром сверла, конструктивным оформлением, габаритными размерами, массой, частотой вращения шпинделя (сверла), типом, мощностью и частотой вращения двигателя. При работе сверлильных РМ необходимо прилагать к сверлу осевое усилие подачи.

Сверлильные РМ выпускают одно-, двух- и многоскоростными с электронным регулированием частоты вращения шпинделя.

Каждая сверлильная РМ (рис. 8.1, а) состоит из электродвигателя 7 с вентилятором 6 и двухступенчатого цилиндрического косозубого редуктора 4, встроенных в корпус, шпинделя 3 с наружным или внутренним конусом Морзе 2 для крепления сверл 1 или сменных рабочих органов, рукоятки 10, в которой смонтированы курковый выключатель 8 с фиксатором 9 рабочего положения и устройство для подавления радиопомех, кабеля со штепсельным соединением для подключения к электросети. Вращение шпинделю сообщается от электродвигателя через двухступенчатый косозубый редуктор, ведущая шестерня которого нарезана на валу ротора, а ведомая закреплена на шпинделе. Промежуточные шестерни редуктора выполнены в виде блока. На передней части вала ротора насажен вентилятор для охлаждения электродвигателя в процессе работы. Вал ротора вращается в двух шарикоподшипниках, один из которых установлен в промежуточном щите 5, а другой в корпусе электродвигателя. Включение и выключение машины осуществляются курковым выключателем.

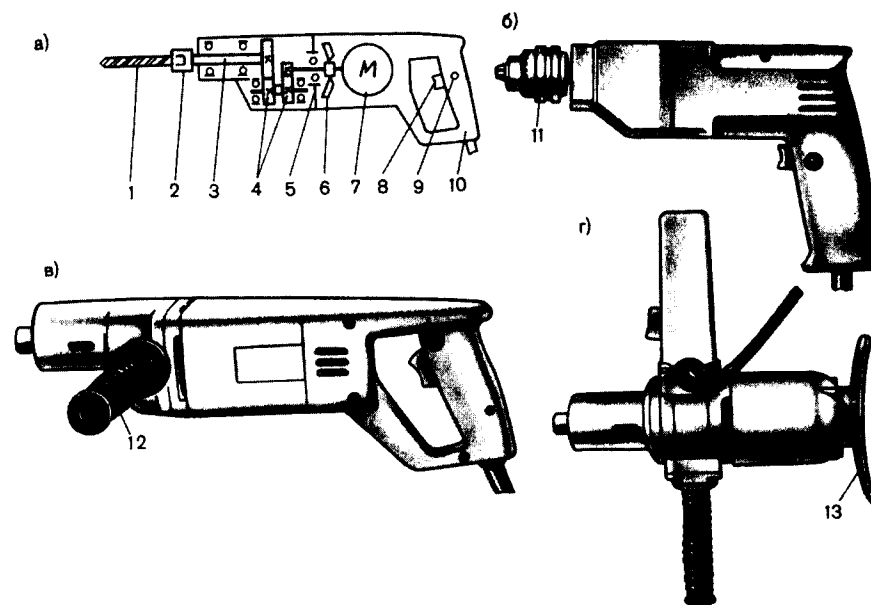


Рис. 8.1. Электрические ручные сверлильные машины

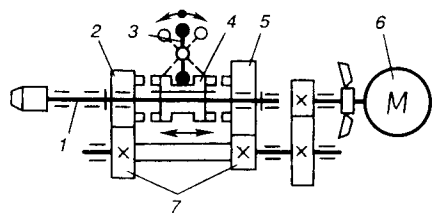
Машины для сверл диаметром до 9 мм изготовляют пистолетного типа (рис. 8.1, б). Машины для сверл диаметром до 14 мм комплектуются специальным съемным патроном для крепления сверл. Патрон устанавливается на рабочий конец шпинделя, который выполнен в виде укороченного наружного конуса Морзе. Сверла диаметром более 14 мм устанавливают непосредственно в шпинделе сверлильной РМ, который имеет внутренний конус Морзе. Сверлильные РМ для сверл диаметром до 14 мм (рис. 8.1, в) имеют заднюю рукоятку замкнутого типа и оснащены дополнительной съемной боковой рукояткой 12 для восприятия оператором реактивного момента, возникающего при работе машины. Более мощные машины (для сверл диаметром 23...32 мм) с большим крутящим моментом имеют на корпусе две боковые рукоятки и грудной упор 13 (рис. 8.1, г) для создания дополнительного осевого давления на сверло.

Сверлильные машины на базе трехфазных асинхронных электродвигателей повышенной частоты являются односкоростными и предназначены для сверления отверстий диаметром 6...23 мм. Они питаются от переносных преобразователей частоты тока или от специальной сети трехфазного переменного тока. Эти машины применяются, как правило, в стационарных условиях.

Машины на базе однофазных коллекторных двигателей с двойной изоляцией могут быть одно-, двух и многоскоростными. Одно-

скоростные машины предназначены для сверления отверстий диаметром 9...23 мм.

Изменение частоты вращения в двухскоростных сверлильных машинах (рис. 8.2) достигается изменением передаточного числа редуктора с помощью механизма переключения скоростей. Составными частями этого механизма являются кулачковая втулка 4, соединенная со шпинделем 1 с помощью ролика, шестерни 2 и 5, свободно сидящие на шпинделе, и ползун, связанный с переключателем скоростей 3. Кулачковая втулка перемещается вдоль оси шпинделя ползуном при повороте переключателя скоростей; при этом



Р и с. 8.2. Схема двухскоростной сверлильной машины

обеспечивается попеременное зацепление кулачков втулки с одной из шестерен 2 или 5, находящихся в постоянном зацеплении с блоком шестерен 7. Корпус машин имеет основную и дополнительную рукоятки. В основную рукоятку встроены выключатель электродвигателя 6 и устройство для подавления радиопомех.

В многоскоростных сверлильных машинах с электронным регулированием частота вращения шпинделя изменяется плавно, бесступенчато в зависимости от меняющейся нагрузки на рабочем органе машины. Это позволяет стабилизировать частоту вращения шпинделя под нагрузкой, создавать оптимальные технологические режимы сверления, полнее использовать мощность двигателя и производительность машины при сверлении отверстий диаметром меньше максимального и резко снижать частоту вращения шпинделя на холостом ходу для уменьшения шума и вибрации. Регулирование частоты вращения осуществляется в одном или двух (у двухскоростных машин) диапазонах. Блок электронного регулирования частоты вращения шпинделя монтируется в основной рукоятке машины. Электронный регулятор позволяет при необходимости сузить диапазон регулирования частоты вращения двигателя. Включение двигателя и плавное наращивание частоты вращения двигателя от нуля до желаемого значения осуществляются за счет плавного нажатия на курок выключателя.

Сверлильные машины с электронным регулированием частоты вращения шпинделя применяют для сверления отверстий диаметром 6...14 мм.

Комплекты сменных насадок к сверлильным РМ позволяют значительно расширить технологические возможности сверлильных машин. В состав комплектов входят дисковые пилы для резания дерева, пластмасс, металлов и плит сухой гипсовой штукатурки

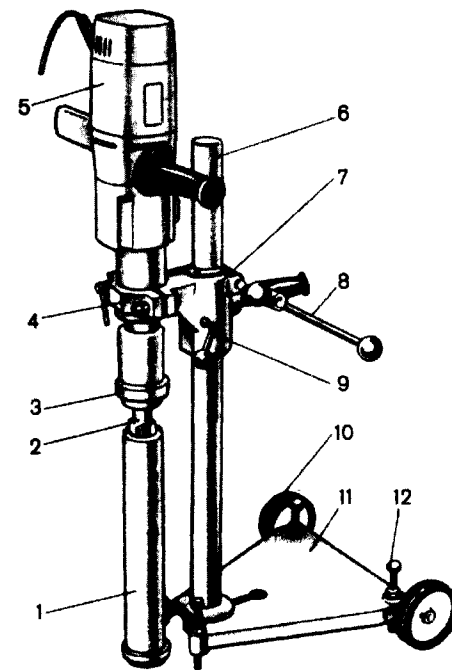
(СГШ), подкладные диски для шлифования и полирования различных поверхностей, торцовые шлифовальные головки, резцовые головки для вырезания круглых отверстий в гипсовых панелях, рубанки для строгания древесины, лобзика для выпиливания деталей из дерева, токарные насадки, точила для заточки режущего инструмента и т. п.

Электрические сверлильные машины, закрепляемые в специальных штативах или на стойках, можно использовать как настольные сверлильные станки, которые обеспечивают высокое качество и точность сверлильных работ.

Электрические установки для сверления отверстий в железобетоне предназначены для сверления вертикальных, горизонтальных и наклонных отверстий алмазными кольцевыми (колонковыми) сверлами диаметром 50...160 мм в железобетонных конструкциях при монтаже различных коммуникаций.

Каждая установка представляет собой мобильную, компактную сборно-разборную конструкцию, составными частями которой являются: основание с двумя колесами и откидными винтовыми опорами, направляющая колонка, колонковое сверло, вращатель (привод) сверла, реечный механизм подачи сверла, устройство для подачи воды в зону сверления и аппаратура управления. Регулируемые винтовые опоры основания позволяют точно выставлять установку при ее эксплуатации на неровных поверхностях и обеспечивают устойчивость установки при сверлении отверстий.

Установка, показанная на рис. 8.3, предназначена для сверления отверстий диаметром 25...80 мм и выполнена на базе ручной сверлильной машины 5 II класса защиты, используемой в качестве вращателя сверла 1. Сверлильная РМ с помощью хомута 4 и винтов крепится к кронштейну корпуса 7 и может перемещаться вдоль колонки 6 с помощью реечного механизма с приводной рукояткой 8. Для фиксации машины на колонке служит винт 9. Колонка жестко



Р и с. 8.3. Установка для сверления отверстий в бетоне

прикреплена к основанию 11 с двумя колесами 10 и винтовыми опорами 12. Шпиндель 2 сверлильной РМ снабжен устройством 3 для подачи воды к режущей кромке сверла для эффективного охлаждения и промывки. Устройство имеет штуцер для подсоединения гибкого резинового шланга, подводящего воду от водопровода.

Глубина сверления вертикальных отверстий 200 мм, частота вращения шпинделя  $12,8 \text{ с}^{-1}$ , скорость сверления вертикальных отверстий 10...12 мм/мин.

### 8.1.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ШЛИФОВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Электрические шлифовальные машины применяют для выполнения технологических операций при монтаже металлоконструкций, на сварочных, отделочных, электромонтажных, арматурных и других работах. По характеру движения рабочего органа различают вращательные и плоскошлифовальные машины. Рабочим органом вращательных шлифовальных машин служат абразивные круги различных геометрических форм и диаметров. У плоскошлифовальных машин рабочим органом является одна или две платформы с шлифовальной шкуркой, совершающих орбитальное и плоскопараллельное движения относительно обрабатываемой поверхности.

Главным параметром вращательных шлифовальных машин является диаметр абразивного круга (в мм). Вращательные шлифовальные машины выпускают прямыми и угловыми с шлифовальным кругом диаметром 63...150 мм и частотой вращения  $43...113 \text{ с}^{-1}$ , с гибким валом и шлифовальным кругом диаметром 200 мм и частотой вращения  $48,6 \text{ с}^{-1}$ . На каждом шлифовальном круге указана предельно допустимая частота вращения шпинделя. Во избежание разрушения абразивного круга недопустимо превышение частоты вращения шпинделя по сравнению с частотой, указанной на круге. Круги имеют различную зернистость и твердость. Их правильный выбор во многом определяет производительность машин и качество обработки поверхностей.

**Прямые и угловые шлифовальные машины.** Прямые шлифовальные машины (рис. 8.4, а), у которых оси рабочего органа параллельны или совпадают, применяют для очистки металлоконструкций от коррозии, зачистки сварных швов, чугунного и сварного литья, шлифования различных металлических поверхностей, подготовки фасок под сварку и других работ.

Угловые шлифовальные машины (рис. 8.4, б), у которых оси рабочего органа и привода расположены под углом  $90^\circ$ , предназначены для шлифования поверхностей металлических изделий и строительных конструкций, очистки металлоконструкций от коррозии в труднодоступных местах, отделки бетонных и мозаично-тер-

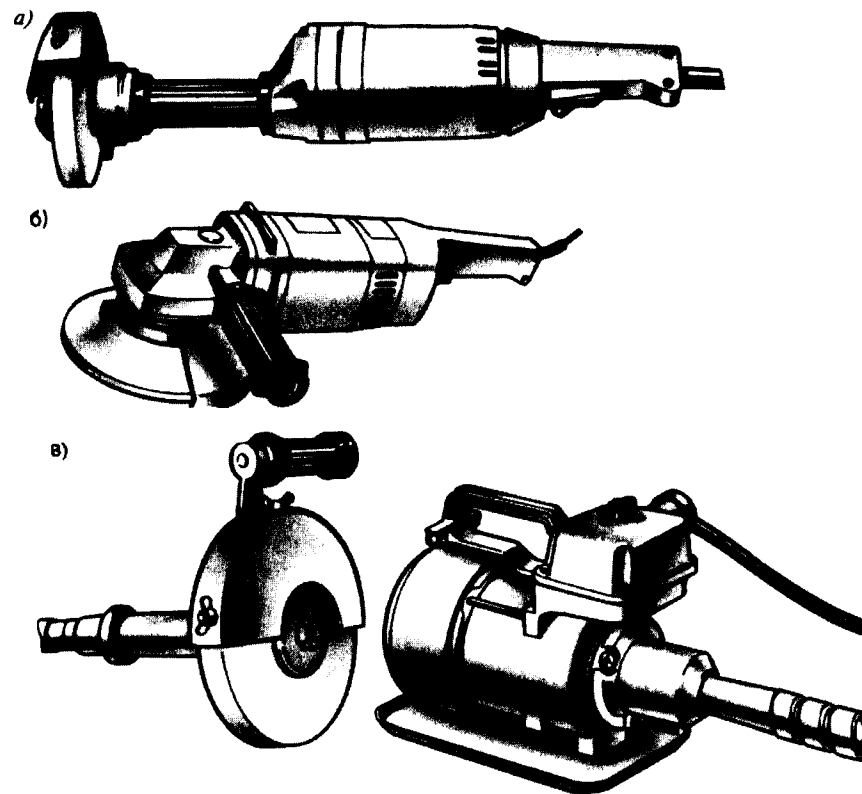


Рис. 8.4. Электрические шлифовальные машины

рацевых полов, а также для резания труб, листового металла, профильной и угловой стали.

Прямые шлифовальные машины выполнены по единой конструктивной схеме и различаются между собой диаметром шлифовального круга, габаритными размерами, частотой вращения шпинделя, массой, мощностью и частотой вращения двигателя. Они комплектуются плоскими шлифовальными кругами прямого профиля типа ПП и плоскими кругами с выточкой типа ПВ, которые применяются при плоском и круглом шлифовании, а также для различных зачистных работ. В качестве привода прямых шлифовальных машин используют однофазные коллекторные и трехфазные асинхронные электродвигатели. У машин с асинхронными трехфазными электродвигателями частота вращения шпинделя на холостом ходу и под нагрузкой остается практически неизменной.

в то время как у машин с однофазными коллекторными электродвигателями частота вращения шпинделя под нагрузкой снижается примерно в 1,5...2 раза по сравнению с частотой вращения на холостом ходу. Современные шлифовальные машины с однофазными коллекторными двигателями, как правило, имеют электронную регулирующую автоматику, обеспечивающую частоту вращения шлифовального круга практически неизменной на холостом ходу и под нагрузкой.

Каждая прямая шлифовальная машина состоит из электродвигателя, одноступенчатого редуктора, шпинделя в сборе, на котором крепится шлифовальный круг, корпуса из стеклонаполненного полиамида, армированного алюминием защитного кожуха и виброизолированных рукояток.

Угловые шлифовальные машины одинаковы по конструкции и отличаются от прямых типом редуктора (редуктор конический), наличием боковой виброизолированной с помощью резиновых амортизаторов рукоятки на корпусе редуктора и типом шлифовального круга. Угловые машины комплектуются чашечными цилиндрическими кругами типа ЧЦ и чашечными коническими кругами типа ЧК, которые предназначены для шлифования и зачистных работ. В комплект входят также круги типа 5П, предназначенные для шлифования резьбы и заточки многолезвийных инструментов, и круги типа Д для резки металла.

Угловые шлифовальные машины комплектуются кругами диаметром 80...125 мм. Рабочая скорость кругов 40 м/с, частота вращения шпинделя 55...65 с<sup>-1</sup>.

**Шлифовальные машины с гибким валом** (рис. 8.4, в) применяют для шлифования и полирования различных поверхностей (металлических, цементных, гранитных, мраморных), зачистки сварных швов, подгонки деталей при сборке, а также очистки металлоконструкций от коррозии. Это машины III класса защиты, которые состоят из переносного трехфазного асинхронного электродвигателя, смонтированного на корытообразной подставке, гибкого вала и шлифовальной головки. Машины комплектуются двумя сменными шлифовальными головками — прямой для плоских шлифовальных кругов типа ПП и ПВ и угловой для чашечных кругов типа ЧЦ и ЧК.

На базе угловых электрических шлифовальных машин разработаны ручные **труборезы**, в качестве режущего органа которых применяют армированные абразивные круги диаметром 180...230 мм.

Основные параметры труборезов — номинальный диаметр и толщина стенки обрабатываемых труб. Резание труб труборезами осуществляется двумя методами: врезанием и обкаткой. При методе врезания труба перерезается в поперечном направлении абразивным кругом, перемещаемым сверху вниз в плоскости, перпендику-

лярной оси трубы. Диаметр труб, отрезаемых методом врезания, ограничивается диаметром абразивного круга и не превышает 70 мм при резании кругом диаметром 230 мм. Для резки труб больших диаметров применяют метод обкатки, при котором труборез вращается вокруг трубы, установив абразивный круг перпендикулярно ее оси. Количество проходов при обкатке определяется толщиной стенки трубы.

На рис. 8.5 показан труборез для резки методом обкатки стальных труб диаметром 100...1620 мм из углеродистых и легированных сталей. Труборез состоит из угловой шлифовальной машины 3 с двигателем типа АП и обкатного устройства, включающего раздвижную тележку 1 с обкатными роликами 5, цепной механизм вращения трубореза вокруг трубы, подпружиненный захват и механизм подачи 2 абразивного круга 4. Расстояние между роликами регулируется в зависимости от диаметра обрабатываемой трубы.

Маятниковые дисковые пилы (рис. 8.6) используют для резки стальных труб диаметром до 133 мм, а также уголков, прутков и других изделий на предметных площадках. Вращение шпинделю с абразивным кругом 2 диаметром 230...400 мм сообщается от электродвигателя 1 через ступенчатую ременную передачу. Частота вращения круга 48 с<sup>-1</sup>. Режущий орган с приводом смонтирован на по-

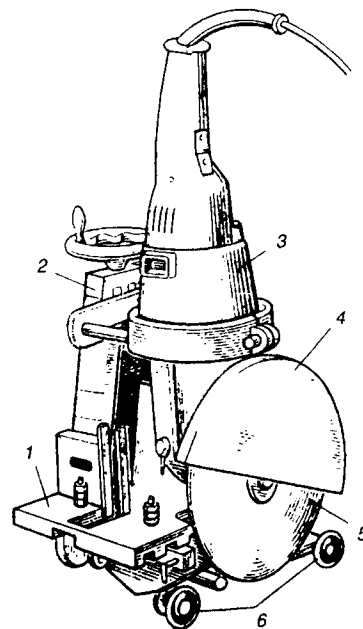


Рис. 8.5. Электрический труборез

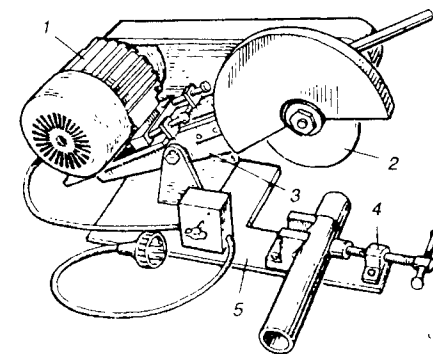


Рис. 8.6. Маятниковая дисковая пила



воротном кронштейне 3, качающемся относительно неподвижной опорной плиты 5. На плите установлены тиски 4 для закрепления в них обрабатываемого материала.

### 8.1.3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕЗЬБОЗАВЕРТЫВАЮЩИЕ МАШИНЫ

К этим машинам относят гайковерты и шуруповерты, широко применяемые в строительстве при производстве строительно-монтажных, ремонтных, санитарно-технических, отделочных, электро-монтажных и других работ.

**Электрические гайковерты** и шуруповерты изготавливают на базе однофазных коллекторных и асинхронных трехфазных двигателей, работающих на токе повышенной частоты 200 Гц. Они имеют II и III классы защиты.

Электрические гайковерты применяют для механизированной сборки, затяжки и разборки резьбовых соединений при монтаже и демонтаже строительных конструкций, трубопроводов, вентиляционных систем и оборудования. Рабочим органом гайковертов служит сменный наконечник с внутренним шестигранником (ключ), надеваемый на гайку или головку болта. Ключ соединяется со шпинделем жестко или шарнирно. Гайковерты с шарнирным ключом предназначены для ведения сборочных работ в стесненных и труднодоступных местах (например, при монтаже трубопроводов).

Затяжка резьбового соединения происходит при сообщении ключу ударных импульсов от ударного механизма машины с определенной энергией и частотой.

В зависимости от реализуемой частоты ударов различают редкоударные гайковерты с частотой ударов до  $3 \text{ с}^{-1}$  и частоударные с частотой ударов выше  $3 \text{ с}^{-1}$ .

**Частоударные гайковерты** предназначены для завинчивания и затяжки неотчетливых резьбовых соединений общего назначения, редкоударные — для тарированной затяжки (до заданного момента) высокопрочных ответственных и средней прочности соединений, а также высокопрочных болтов. Главным параметром редкоударных гайковертов являются энергия удара (Дж) и частота ударов ( $\text{с}^{-1}$ ), частоударных — максимальный момент затяжки (Н·м) и время, затяжки (с).

Частоударные гайковерты унифицированы, имеют единую конструктивную схему и отличаются друг от друга размерами ключей, типом и мощностью приводного двигателя. Они предназначены для затяжки резьбовых соединений диаметром до 20 мм и развивают момент затяжки до 125...320 Н·м.

Каждый частоударный гайковерт состоит из корпуса, электродвигателя с вентилятором, планетарного одноступенчатого редук-

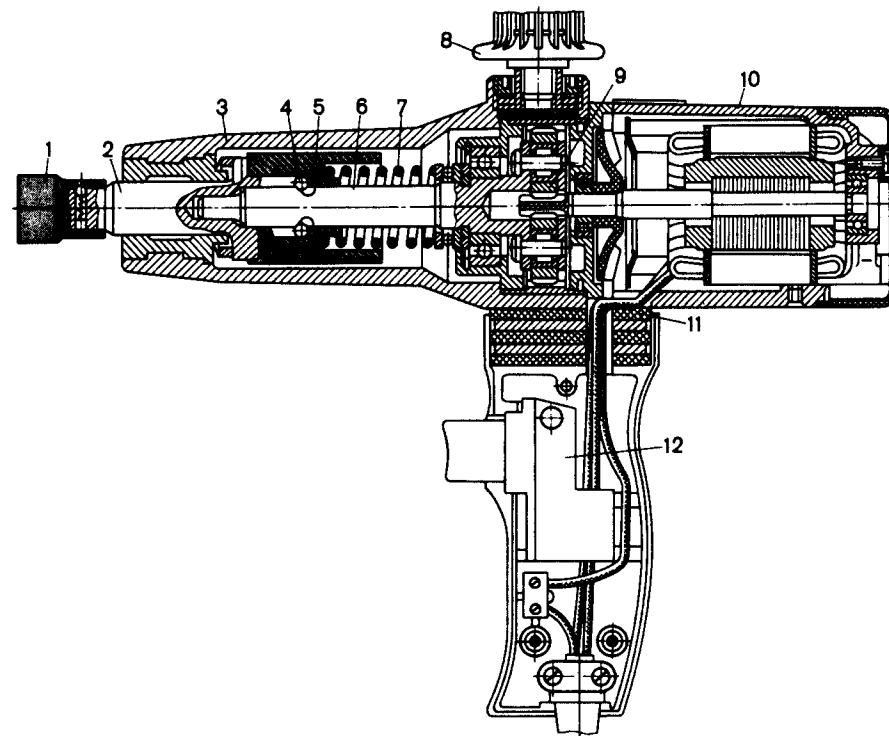


Рис. 8.7. Электрический частоударный гайковерт

тора, ударно-вращательного механизма, виброизолированной основной рукоятки со встроенным выключателем и устройством для подавления радиопомех и дополнительной съемной рукоятки.

Вращение от электродвигателя 10 (рис. 8.7) через планетарный редуктор 9 передается приводному валу 6 ударно-вращательного механизма. Вал связан с подпружиненным ударником 5 посредством двух шариков 4, находящихся в винтовых канавках обеих деталей. На торцевой поверхности ударника симметрично расположены два кулачка, входящие в зацепление с кулачками шпинделя 2 под действием рабочей пружины 7. На квадратном хвостовике шпинделя крепятся сменные головки 1.

В начале завинчивания гайки (болта), когда развиваемый гайковертом момент расходуется только на преодоление трения в резьбовой паре, кулачки ударника находятся в постоянном зацеплении с кулачками шпинделя 2, обеспечивая его непрерывное вращение. По мере возрастания сопротивления на ключе при достижении торцом головки гайки (болта) неподвижной поверхности (т. е. при его стопорении) ударник перемещается по винтовым канавкам относитель-

но вала, сжимая пружину 7 до тех пор, пока его кулачки не выйдут из зацепления с кулачками шпинделя. Затем ударник ускоренно возвращается под действием пружины в исходное положение. При своем поступательном движении вдоль оси вала по винтовым канавкам ударник приобретает определенную угловую скорость и, догоняя кулачки шпинделя, наносит по ним удар, в результате чего происходит затяжка резьбового соединения.

Удары наносятся периодически до выключения двигателя. Процесс затяжки осуществляется за 110...200 ударов, причем энергия изменяется от удара к удару. Продолжительность затяжки составляет не более 5 с.

При разборке резьбовых соединений реверсируют работу двигателя гайковерта путем переключения фаз штепсельного соединения. Гайковерт снабжен двумя рукоятками — основной 12 со встроенным выключателем и вспомогательной 8. Рукоятки соединены с корпусом 3 посредством упругих элементов 11 виброзащиты. Контроль момента затяжки при работе с частотударными гайковертами осуществляется оператором субъективно во время работы.

Частотударные гайковерты применяют для сборки соединений с наибольшим диаметром резьбы 12...22 мм, развивают момент затяжки 125...250 Н·м при частоте вращения шпинделя 16...19 с<sup>-1</sup> и потребляемой мощности 270...390 Вт; масса машин 3,5...4,5 кг.

**Редкоударные гайковерты** предназначены для затяжки резьбовых соединений диаметром до 18...48 мм редкими мощными ударами одинаковой энергии, в 15...25 раз превышающей энергию единичного удара частотударной машины. По сравнению с частотударными гайковертами аналогичного класса они имеют меньшую (на 15...35%) мощность двигателя, габаритные размеры, массу машины (на 20...40%), больший (в 2...3 раза) КПД процесса затяжки, пониженный уровень шума и практически вибробезопасны.

Редкоударные гайковерты отличаются от частотударных конструкцией и принципом действия ударно-вращательного механизма. Составными частями каждого гайковерта являются корпус, электродвигатель с вентилятором и устройством для подавления радиопомех, редуктор, ударно-вращательный механизм, специальная эксцентриковая муфта, основная рукоятка со встроенными выключателем и переключателем направления вращения шпинделя, дополнительная рукоятка.

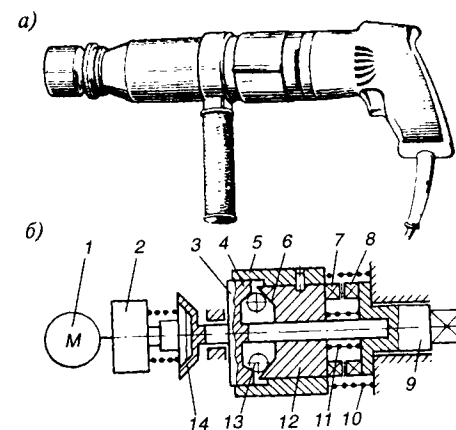
Редкоударные гайковерты имеют одинаковую конструкцию ударного механизма (рис. 8.8), основным элементом которого является ударник, составленный из ведущей 3 и ведомых 5 частей. Ведомые части находятся под воздействием пружин 10 и 11 и могут перемещаться относительно друг друга и ведущей части ударника. Движение ударнику сообщается от двигателя 1 через редуктор 2 (в некоторых конструкциях редуктор отсутствует) и муфту 14, обесп-

печивающую постоянное значение передаваемого момента при разгоне ударника.

По мере достижения ударником заданной угловой скорости грузы 13 под воздействием центробежной силы смещаются к периферии в радиальном направлении по наклонным поверхностям 4 и 6 ведущей и ведомой частей ударника, вызывая перемещение последней в осевом направлении и сжатие пружин 10 и 11. Одновременно вступает в работу синхронизирующий механизм, который во взаимно ориентированном положении кулачков 7 и 8 шпинделя 9 и ударника отделяет его ведомые части 5 и 12. Под действием пружины 10 одна ведомая часть 5 смещается в обратном направлении, а вторая 12 с кулачками 7, толкаемая центробежными грузами 13, продолжает двигаться к шпинделю до тех пор, пока не будет обеспечено зацепление кулачков 7 и 8 на полную высоту. Происходит удар, при котором кинетическая энергия вращающегося ударника передается шпинделю и закрепленному на нем ключу. Затем ведомые части ударника под действием пружин 10 и 11, а также центробежные грузы 13 возвращаются в исходное положение, после чего цикл затяжки повторяется. Процесс затяжки осуществляется 4...15 ударами.

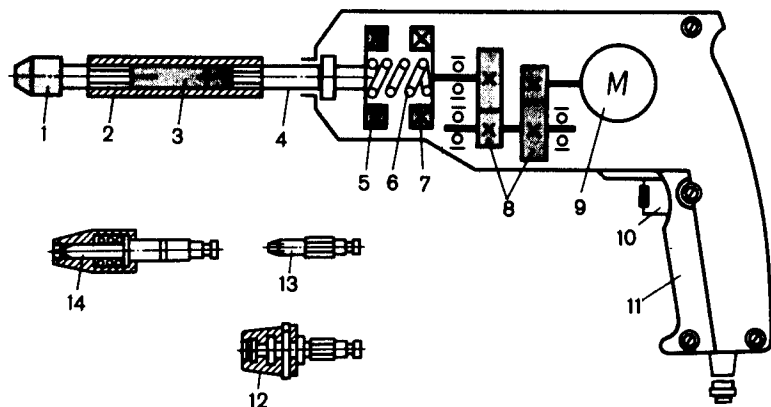
Оператор отключает гайковерт при отсчете необходимого числа ударов.

**Электрические шуруповерты** предназначены для завинчивания шурупов, винтов, болтов и гаек с диаметром резьбы до 6 мм при выполнении крепежных операций на облицовочных работах — монтаже внутренних перегородок зданий из плитных материалов заводского изготовления, подвесных потолочных конструкций, а также при устройстве полов с применением материалов и изделий из дерева. Главным параметром шуруповертов являются максимальный момент затяжки (Н·м) и время затяжки (с). Шуруповерты развивают момент затяжки 10...15 Н·м, имеют единую конструктивную схему, максимально унифицированы и состоят (рис. 8.9) из реверсивного электродвигателя 9 типа АП или КНД с переключением на правое и левое вращение ротора, одно- или двухступенчатого цилиндрического редуктора 8, шпиндельного узла, сменного рабочего инстру-



Р и с. 8.8. Электрический редкоударный гайковерт

а — общий вид, б — принципиальная схема



Р и с. 8.9. Принципиальная схема электрического шуруповерта

мента 1, пластмассового или алюминиевого корпуса и рукоятки 11 с курковым выключателем 10 и переключателем реверса электродвигателя.

Переключатель реверса служит для изменения направления вращения вала электродвигателя при вывинчивании винтов и шурупов. Сменный рабочий инструмент шуруповертов — плоская отвертка 14 для завинчивания (отвинчивания) шурупов и винтов с прямолинейным шлицем в головке, крестовая отвертка 13 для завинчивания (отвинчивания) самосверлящих и самонарезающихся винтов и головка-ключ 12. Для удобства работы при завинчивании винтов и шурупов плоская отвертка снабжена ловителем. Крепление инструмента обеспечивается замком.

Шпиндельный узел включает в себя кулачковую муфту, постоянный стержневой магнит 3, помещенный в немагнитную бронзовую втулку 2, с другой стороны которой установлена отвертка и упор для регулирования глубины завинчивания винтов и шурупов. Создаваемое стержневым магнитом магнитное поле удерживает винт на отвертке.

Кулачковая муфта состоит из двух полумуфт — ведущей 7 и ведомой 5. В нерабочем состоянии муфта выключена — обе ее полумуфты разъединены с помощью расположенной между ними пружины 6. Включение муфты осуществляется нажимом на рабочий инструмент в осевом направлении, в результате чего кулачки полумуфт входят в зацепление и инструмент вместе со шпинделем 4 получает вращение от электродвигателя через редуктор. В начале процесса завинчивания, когда развиваемый шуруповертом момент расходуется только на преодоление трения в резьбовой паре, кулачки полумуфт находятся в постоянном зацеплении, обеспечивая непрерывное вращение шпинделя. При достижении на шпинделе определенного момента за-

тяжки между обеими полумуфтами развивается осевое давление, которое преодолевает сопротивление пружины 6 и автоматически выводит ведомую полумуфту из зацепления. Ведущая полумуфта, продолжая свое вращение, наносит удары по кулачкам ведомой полумуфты, создавая дополнительный крутящий момент на шпинделе. Такое устройство кулачковой муфты предохраняет электродвигатель от перегрузки и предотвращает срыв винта с резьбы.

Шуруповерты могут иметь бесступенчатое электронное регулирование частоты вращения электродвигателя, а также регулирование реализуемого на шпинделе момента, что позволяет выбирать оптимальный режим работы машины при завинчивании винтов и шурупов различного диаметра и длины в материалы различной прочности.

При выполнении крепежных работ больших объемов для завинчивания самосверлящих — самонарезающихся шурупов применяют шуруповерты-автоматы со сменной кассетой и электронным бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя, производительность которых в 2,5...3 раза выше, чем у обычных бескасетных машин.

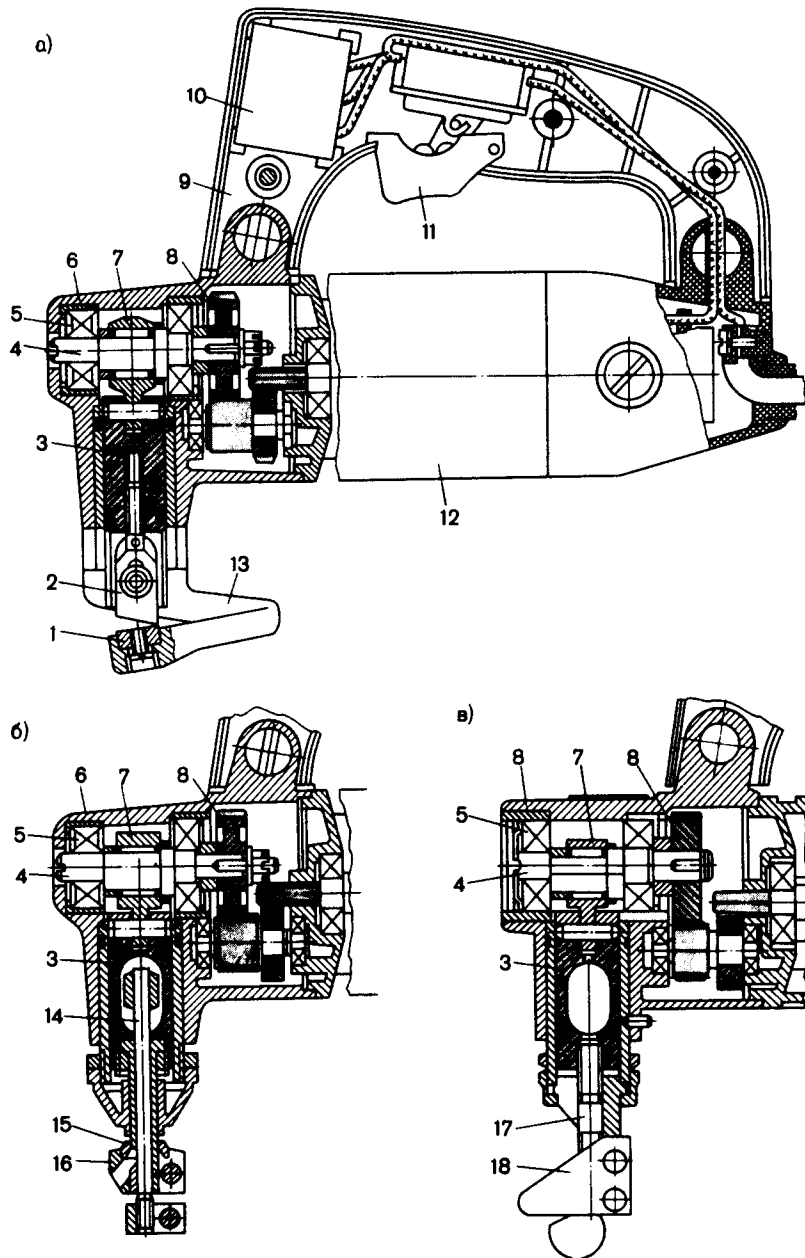
Сменная кассета содержит 100...150 шурупов, закрепленных на бумажной или пластмассовой ленте, свернутой в рулон.

Шуруповерты обеспечивают момент затяжки 10...15 Н·м, продолжительность затяжки 3...5 с и потребляют мощность 0,32...0,42 кВт.

#### 8.1.4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НОЖНИЦЫ

Ножницы предназначены для резки и раскроя листового металла, вырубки в нем отверстий и окон различной конфигурации, а также резки металлических профилей различной конфигурации. Основным параметром ножниц является толщина разрезаемого материала. По принципу действия и конструкции режущего инструмента различают ножницы ножевые, вырубные и прорезные. Все ножницы имеют единую унифицированную конструкцию привода (двигатель, редуктор) и кривошипно-шатунного механизма и различаются между собой только типом режущего инструмента.

Составными частями ножниц (рис. 8.10) являются: однофазный коллекторный двигатель 12 с двойной изоляцией, двухступенчатый цилиндрический редуктор 8, кривошипно-шатунный механизм, режущий инструмент, корпус 6, рукоятка 9 с выключателем 11 и устройством 10 для подавления радиопомех и кабель со штепсельной вилкой. Кривошипно-шатунный механизм включает эксцентриковый валик 4, вращающийся в подшипниках 5, шатун 7 и движущийся возвратно-поступательно ползун 3, к которому крепится



Р и с. 8.10. Электрические ножницы

подвижный нож или пуансон режущего инструмента. Вращение эксцентриковому валу сообщается от электродвигателя через редуктор.

**Ножевые ножницы** (рис. 8.10, а) применяют для прямолинейной и фасонной резки листового проката различных металлов толщиной до 3,5 мм. Режущими органами служат подвижный 2 и неподвижный 1 однолезвийные ножи, между которыми закладывается разрезаемый материал. Оптимальный угол между ножами 24...25°. При увеличении угла создаются дополнительные усилия, выталкивающие материал из зева, а при его уменьшении возрастает сопротивление резанию. Неподвижный нож установлен на стальной улитке 13, прикрепленной к корпусу машины. Регулировка зазора между ножами производится перемещением неподвижного ножа в плоскости, перпендикулярной плоскости реза. Ножевыми ножницами рез можно начинать только с края материала.

Число двойных ходов ножниц 1060...1350 в минуту, скорость резания 1,8...4,0 м/мин, потребляемая мощность 0,45...0,55 кВт.

**Вырубные ножницы** (рис. 8.10, б), работающие по принципу долбления, применяют для прямолинейной и фасонной резки листового и профильного (гофрированного) проката различных металлов толщиной до 8,0 мм, а также для образования отверстий любого контура в листах, вентиляционных коробах и трубах.

Вырубные ножницы отличаются от ножевых только режущими органами в виде движущегося возвратно-поступательного пуансона 14 (пустотелого цилиндра) и неподвижной матрицы 15 с держателем 16, между которыми закладывается разрезаемый материал. При каждом ходе пуансона вырубается элемент в виде сегмента. Резание такими ножницами можно начинать как с края, так и с середины материала, для чего в начальной точке реза предварительно высверливают отверстие для прохода матрицы. Ножницы вырубают в материале паз шириной, равной диаметру пуансона. Стружка выходит под обрабатываемый материал через специальное окно в держателе.

Число двойных ходов вырубных ножниц 600...2120 в минуту, скорость резания 1,0...2,0 м/мин, потребляемая мощность 0,45...1,9 кВт.

**Вырезные ножницы** (рис. 8.10, в) применяют для резки металлических профилей различной конфигурации толщиной до 10 мм. Режущий инструмент таких ножниц состоит из подвижного ножа 17 специальной формы, закрепленного на ползуне с помощью резьбового хвостовика, и двух неподвижных ножей, закрепленных на держателе 18. Подвижный нож движется между неподвижными ножами. Стружка в процессе резания отводится вверх.

Число двойных ходов вырезных ножниц 600...1200 в минуту, скорость резания 1,5...1,8 м/мин.

### 8.1.5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ УДАРНОГО И УДАРНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

К машинам ударного действия относятся молотки, бетоноломы и трамбовки, к машинам ударно-вращательного действия — перфораторы. Эти машины широко используют при выполнении строительно-монтажных, ремонтных, санитарно-технических, отделочных, электромонтажных и дорожных работ. Основными параметрами являются энергия единичного удара (Дж) и частота ударов (Гц) бойка (у молотков, перфораторов и ломов) или трамбующего башмака (у трамбовок). Современные машины ударного и ударно-вращательного действия вибро-, шумо- и электробезопасны. Все они выпускаются II класса защиты с двойной изоляцией.

Электрические и электромагнитные молотки предназначены для пробивки проемов, ниш и отверстий и долбления канавок в перекрытиях, кирпичных и бетонных стенах при прокладке кабелей, газовых, водопроводных и канализационных труб, насечки и очистки каменных, бетонных или кирпичных поверхностей при подготовке их к оштукатуриванию, а также рыхления твердых слежавшихся, каменистых и мерзлых грунтов, взламывания дорожных покрытий, разрушения фундаментов при устройстве котлованов, колодцев, траншей и ремонте коммуникаций. В молотках используется энергия движущегося возвратно-поступательного бойка (ударника), наносящего с определенной частотой удары по хвостовику рабочего инструмента. Различают электрические (компрессионно-вакуумные) и электромагнитные (фугальные) молотки. В электрических молотках движение бойка (ударника) обеспечивается последовательной работой поршня и воздушной подушки. В электромагнитном молотке боек движется возвратно-поступательно под воздействием переменного магнитного поля линейного электромагнитного двигателя.

Одной из важнейших проблем является обеспечение вибробезопасности молотков. Основным источником вибрации корпуса молотков является равнодействующая сил разгона ударника, равная силе отдачи. Вибробезопасность электромагнитных молотков обеспечивается в основном введением в конструкцию машины инерционного преобразователя импульса сил отдачи в виде «тяжелого» буфера на пружине и подвеской ударного узла в корпусе на амортизаторах. В электрических молотках сила отдачи гасится воздушной подушкой. Такие молотки имеют также локальную виброизоляцию рукоятей оператора и демпфер обратного хода рабочего инструмента, смягчающий удары последнего по корпусу.

Электрические молотки выполнены по единой конструктивной схеме, имеют одинаковый принцип работы и состоят из

электродвигателя с вентилятором, редуктора, кривошипно-шатунного механизма, ствола с компрессионно-вакуумным ударным механизмом, узла крепления сменного рабочего инструмента (пики, зубила и др.), основной с курковым выключателем и боковой дополнительной рукояток, токоподводящего кабеля со штепсельной вилкой.

Промышленность выпускает три модели электрических молотков с энергией удара 1, 11 и 25 Дж.

Рассмотрим конструкцию и принцип работы электрических молотков (рис. 8.11). Привод молотка осуществляется от однофазного коллекторного электродвигателя 13 с двойной изоляцией в пластмассовом корпусе, выполненного заодно с основной рукояткой 14, в которую вмонтированы курковый выключатель с фиксированным рабочим положением и устройство для подавления радиопомех. К корпусу крепится боковая рукоятка. Ствол 6 и корпус редуктора 12 — алюминиевые.

В передней части ствола установлена буска 2 с держателем инструмента 1 и амортизатор 3.

Ударный механизм, расположенный в стволе, состоит из цилиндра 7, поршня 8, бойка 5 и приводится в действие от электродвигателя через редуктор и кривошипно-шатунный механизм, включающий кривошип, палец и шатун 11. Поршень связан пружинной 9 с ползуном 10, который шарнирно соединен с шатуном и при включенном электродвигателе совершает возвратно-поступательное движение. При движении поршня из нижней мертвой точки в полости цилиндра между торцом бойка и поршнем создается разрежение.

Боек в начальный момент из-за малой степени разряжения остается на месте. Затем с увеличением разности давлений в верхней и нижней частях бойка он начинает с нарастающей скоростью перемещаться вверх за поршнем. Поршень замедляет движение, его скорость доходит до нуля, а скорость бойка по инерции продолжает нарастать. При обратном движении поршня происходит сжатие воздушной подушки и возрастает давление между бойком и поршнем, в результате чего скорость бойка уменьшается до нуля, а затем под действием сжатой воздушной подушки боек с нарастающей ско-

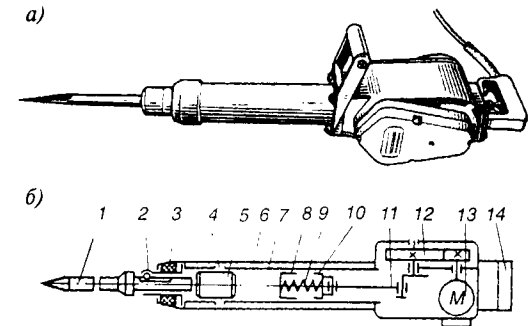


Рис. 8.11. Электрический компрессионно-вакуумный молоток:

а — общий вид; б — принципиальная схема

ростью устремляется вниз и ударяет по хвостовику рабочего инструмента. В последующем цикл повторяется. Молоток работает в ударном режиме только при нажатии на рукоятку молотка и рабочий инструмент. При прекращении нажатия хвостовик инструмента в боек выводится в нижнее положение, и машина автоматически переходит на холостой режим работы в результате вскрытия воздушной подушки через отверстие 4 в цилиндре и стволе.

Электромагнитный молоток (рис. 8.12, а, б) состоит из пластмассового корпуса 7, ударного механизма, узла крепления рабочего инструмента 3 и однофазного асинхронного электродвигателя 14 с вентилятором для охлаждения машины. В комплект ударного механизма входят магнитопровод, две магнитные катушки прямого 5 и обратного 8 хода, получающие импульсное питание через диоды в разноименные полупериоды переменного тока, боек 6, движущийся в гильзе возвратно-поступательно по оси катушек под воздействием переменного магнитного поля и наносящий удары по хвостовику 4 рабочего инструмента, массивный буфер 9 с пружиной 10, выполняющий роль амортизатора при обратном движении бойка. Ударный механизм подвешен в корпусе машины на эластичных амортизаторах 11. Амортизатором снабжен узел крепления рабочего инструмента. Комплекс амортизирующих устройств обеспечивает надежную вибробезопасность машины.

Корпус молотка имеет две рукоятки — заднюю 13, в которой расположены выключатель 12, диоды и ввод питающего кабеля.

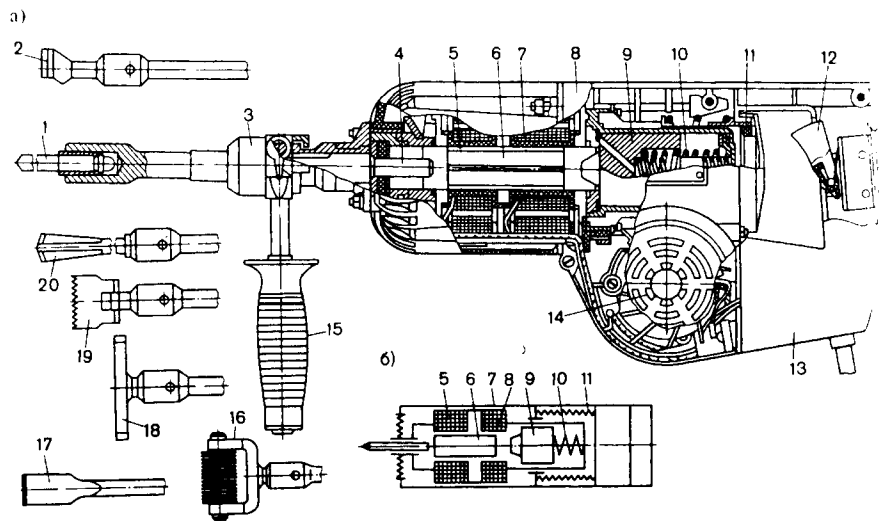


Рис. 8.12. Электромагнитный молоток:  
а — общий вид; б — принципиальная схема

переднюю 15 с устройством для фиксации рабочего инструмента, исключающим возможность вылета его при ударе. Молоток комплектуется набором сменных рабочих инструментов для выполнения различных технологических операций — пикой 1, трамбующим башмаком 16, шлямбуром 77, зубилом 18.

Энергия удара электромагнитного молотка 4,5 Дж, частота ударов 50 Гц, потребляемая мощность 0,6 кВт.

**Электрические ломы** предназначены для разрушения бетона, железобетона, кирпичной кладки, асфальтобетона, каменистого и мерзлого грунтов. Они аналогичны по конструкции электрическим молоткам и отличаются от них энергией удара и мощностью приводного электродвигателя. Энергия удара лома не менее 40 Дж, частота ударов 19...20 Гц.

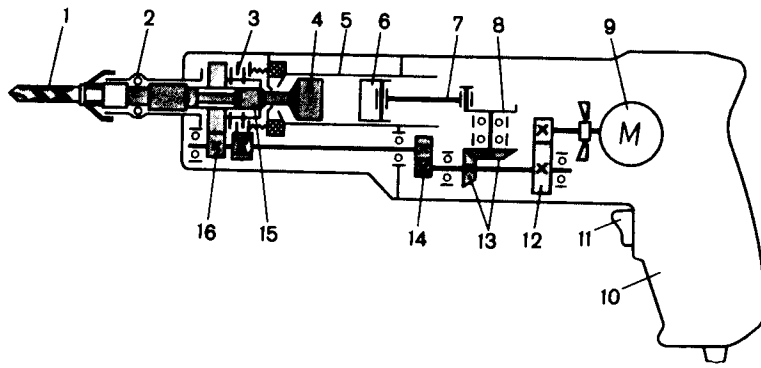
**Электрические и электромагнитные перфораторы** представляют собой универсальные машины многоцелевого назначения, которые предназначены для прорезки отверстий и проемов в междуэтажных перекрытиях и перегородках зданий при монтаже трубопроводов и вентиляционных систем, для пробивки борозд (штраб) для скрытой проводки и очистки поверхностей в конструкциях из искусственных и естественных строительных материалов, разрушения горных пород, а также сверления отверстий в различных материалах, установки дюбелей, завинчивания винтов и шурупов, рубки металла, обработки дерева и других работ.

Перфораторы отличаются от молотков тем, что кроме ударного узла имеют механизм вращения сменного рабочего инструмента — бура, сверла, отвертки и др. Различают перфораторы электрические и электромагнитные. Конструкция и принцип действия ударных механизмов соответственно у электрических и электромагнитных молотков и перфораторов аналогичны.

Для выполнения различных технологических операций перфораторы комплектуются сменными рабочими инструментами, обеспечивающими их универсальность: шнековыми бурами, буровыми коронками, пиками, ломками, штрабниками, бучардами, зубилами, сверлами различных типов по металлу и дереву, зенкерами, топориками и стамесками для обработки дерева, приспособлениями для забивки дюбелей, завинчивания винтов и шурупов и др.

Электрические перфораторы предназначены для работы в ударном, ударно-вращательном, вращательном режимах, а также в режиме винтоверта. Промышленность выпускает три модели электрических перфораторов с энергией удара 1...2 Дж, которые имеют единые конструктивные схемы и принцип работы и максимально унифицированы.

Рассмотрим конструкцию и принцип действия электрических перфораторов (рис. 8.13). От однофазного коллекторного электродвигателя 9 с вентилятором приводятся в действие компресси-



Р и с. 8.13. Компрессионно-вакуумный перфоратор

онно-вакуумный, ударный и вращательный механизмы, помещенные в алюминиевом стволе с виброизоляцией. Корпус электродвигателя — пластмассовый и выполнен заодно с основной рукояткой 10 пистолетного типа, в которую вмонтированы выключатель 11, устройство для подавления радиопомех и кабельный ввод.

Ударный механизм включает двухступенчатый редуктор, кривошипно-шатунный механизм с шатуном 7 и кривошипом 8, цилиндр 5, поршень 6 и боек 4. Вращательное движение кривошипу сообщается от электродвигателя через пары цилиндрических 12 и конических 13 шестерен. Движущийся возвратно-поступательно под действием воздушной подушки боек наносит удары по переходнику 15, который передает энергию удара бойка рабочему инструменту 1. Непрерывное вращение сменному рабочему инструменту (буровому, сверлильному, завертывающему и др.) передается через вращательный механизм, включающий три пары цилиндрических шестерен 12, 14 и 16 и предохранительную дисковую фрикционную муфту 3 предельного момента, которая срабатывает (отключает механизм) при случайном заклинивании рабочего инструмента, предохраняя привод от перегрузок и обеспечивая безопасность оператора от механических травм. Для крепления сменного рабочего инструмента служит механизм 2.

При работе в ударном и ударно-вращательном режимах перфоратор может автоматически переходить на холостой ход (безударный режим) при прекращении нажатия на рукоятки и смещения рабочего инструмента вниз. При этом боек захватывается пружинным кольцом и фиксируется в этом положении.

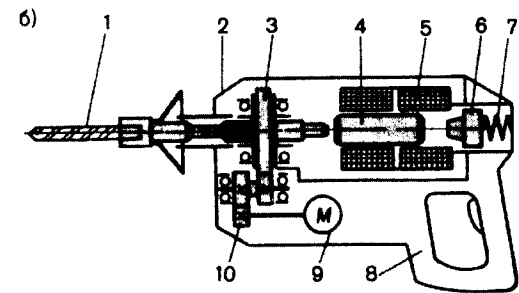
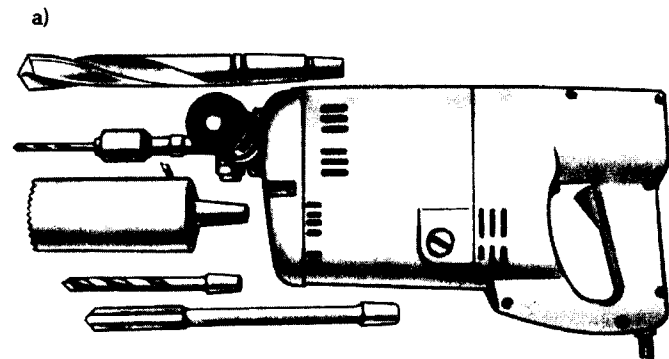
Электрические перфораторы развивают энергию удара бойка 1,0...2,0 Дж при частоте ударов бойка 25...40 Гц и потребляемой мощности 0,35...0,45 кВт. Диаметр пробуриваемых отверстий

8...16 мм, глубина бурения 100...200 мм, средняя скорость бурения (бетон класса В15) 90...100 мм/мин.

Электромагнитный перфоратор (рис. 8.14) с энергией удара 2,5 Дж работает в трех режимах: ударно-вращательном, ударном и вращательном.

В пластмассовом корпусе 2 перфоратора с основной 8 и боковой рукоятками помещены ударный и вращательный механизмы. Ударный механизм соленоидного типа с виброзащитой (такой же, как у молотка) включает магнитопровод, две магнитные катушки 5 прямого и обратного ходов, боек 4 и буфер 6 с амортизатором 7.

Вращение рабочему инструменту 1 сообщается от однофазного коллекторного электродвигателя 9 с вентилятором через двухступенчатый цилиндрический редуктор 10 и предохранительную шариковую муфту предельного момента 3. Рабочий инструмент крепится в буксе с помощью пальца и, получая вращательное движение и удары бойка по хвостовику, производит необходимую работу по бурению.



Р и с. 8.14. Электромагнитный перфоратор

Энергия удара бойка электромагнитных перфораторов 2,5 Дж, частота ударов 50 Гц, максимальный диаметр пробурываемых отверстий 80 мм.

**Электрические трамбовки** представляют собой высокоманевренные малогабаритные уплотняющие машины, предназначенные для искусственного уплотнения связных и несвязных грунтов в труднодоступных и стесненных местах (вокруг опор, пазухах фундаментов, туннелей, коллекторов, трубопроводов и др.), при засыпке траншей после укладки подземных коммуникаций, утрамбовки щебня и гравия при устройстве полов и искусственных оснований под трубопроводы, уплотнения бетонных смесей, а также при устройстве грунтовых подсыпок и планировочных работ небольшого объема. Каждая трамбовка состоит из электродвигателя, редуктора, кривошипно-шатунного механизма с динамическими гасителями колебаний, ударного механизма пружинного типа, трамбуемого башмака и амортизирующей рукоятки управления трамбовкой.

Основными узлами трамбовки массой 80 кг (рис. 8.15, а, б) являются корпус 12, электродвигатель с редуктором 10, кривошипно-шатунные механизмы 9, цилиндры 2 со ступенчатыми штоками 6 и пружинами 4, рабочий орган — трамбуемый башмак 1 и рукоятка управления 11 с выключателем. Кривошипно-шатунные механизмы 9 преобразуют вращательное движение вала электродвигателя в воз-

вратно-поступательное движение ползунов 7 и ступенчатых штоков 6, пропущенных через отверстия верхней 5 и нижней 3 оправок, между которыми установлены с предварительным натяжением пружины 4. Направляющими для оправок служат два цилиндра 2, закрепленные на трамбуемом башмаке. При движении ступенчатых штоков вверх перемещаются нижние оправки 3, которые деформируют пружины 4 снизу и увлекают за собой башмак 1. После перехода кривошипными верхней «мертвой» точки ступенчатые штоки движутся вниз, давят на верхние оправки 5 и направляют движение башмака вниз. В конце хода башмак ударяет по уплотняемому материалу. Размах колебаний трамбуемого башмака составляет 0,03 м, частота ударов 7...10 Гц.

На кривошипных валах закреплены массивные дебалансы 8, взаимно уравновешенные в горизонтальной плоскости, суммарная центробежная сила которых гасит вибрацию корпуса трамбовки, обеспечивая тем самым вибробезопасность машины. Взаимоположенное вращение дебалансов 8, расположенных под определенным углом к кривошипу, синхронизировано двумя шестернями, находящимися в зацеплении.

Для предохранения деталей ударного механизма трамбовки от перегрузок между подвижными оправками и ступенчатыми штоками установлены амортизаторы. Управление электротрамбовкой осуществляется с помощью рукоятки 11, связанной с корпусом 12 шарниром и пружинным амортизатором.

Электротрамбовки подключают к сети переменного тока нормальной частоты (50 Гц) напряжением 220 В. Электробезопасность трамбовок обеспечивается применением защитно-отключающих устройств.

Рассмотренная электротрамбовка — самопередвигающаяся — для ее перемещения не надо прилагать усилия, а лишь необходимо задавать машине направление движения. Производительность электротрамбовки массой 80 кг составляет 15...22 м<sup>3</sup>/ч при толщине уплотняемого слоя грунта 0,3...0,4 м, мощность электродвигателя 1,6 кВт.

### 8.1.6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Для обработки древесины при выполнении строительно-монтажных и отделочных работ используют: деревообрабатывающие, распиловочные, строгальные машины, рубанки, дисковые пилы, долбежники и лобзики с электронным регулированием частоты двойных ходов рабочего органа. Рубанки, дисковые пилы, долбежники и лобзики имеют II класс защиты и изготавливаются на базе однофазных коллекторных двигателей с двойной изоляцией.

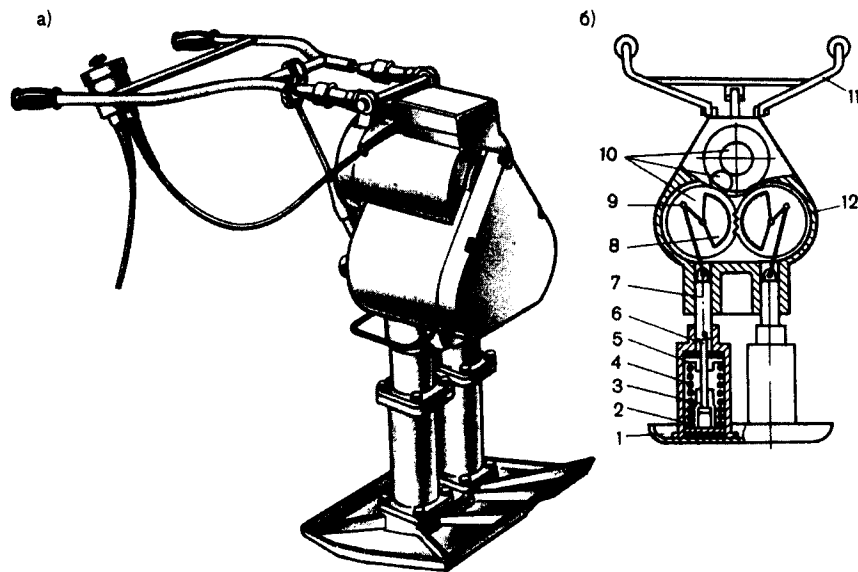


Рис. 8.15. Электрическая трамбовка:  
а — общий вид; б — принципиальная схема



**Деревообрабатывающая машина** (рис. 8.16, а, б) предназначена для распиловки древесины вдоль и поперек волокон, строгания и фугования вдоль волокон, сверления и фрезерования древесины. Она представляет собой компактное настольное переносное устройство с набором сменных приспособлений для пиления, сверления, строгания и фрезерования. Составными частями машины являются фугальный механизм, прижимное приспособление для пиления и фрезерования, стол для сверления и фрезерования, защитное приспособление. В фугальный механизм входят асинхронный однофазный электродвигатель мощностью 0,9 кВт на напряжение 220 В, алюминиевый барабан со строгальными ножами и клиноременная передача, передающая вращение от электродвигателя ножевому барабану и закрепленным на его валу сменным режущим рабочим органом с частотой  $75 \text{ с}^{-1}$  (на холостом ходу). На конусном конце вала ножевого барабана установлен патрон для крепления фрез диаметром 8, 12 и 125 мм и сверл по дереву.

Прижимное приспособление устанавливается и крепится сверху машины и состоит из литого алюминиевого корпуса, двух стержней с кронштейнами и прижимами, двух осей с роликами и винта с гайкой для регулирования прижимного усилия. Приспособление для пиления включает пильный диск 1, прямую 2 и угловую 10 плиты, направляющую линейку 5, кронштейн 6 и направляющие стержни 7 и 8. Приспособление фиксируется в заданном положении с помощью барашковых гаек 9. Угол наклона стола для пиления регулируется в диапазоне  $0...45^\circ$ , угол распила без поворота стола может составлять  $0...45^\circ$ . При подготовке к пилению выбирают и устанавливают пильный диск нужного диаметра, закрепляют направляющие стержни, угловую плиту, стол для пиления, защитное приспособление — нож 4 с козырьком 3 и направляющую линейку.

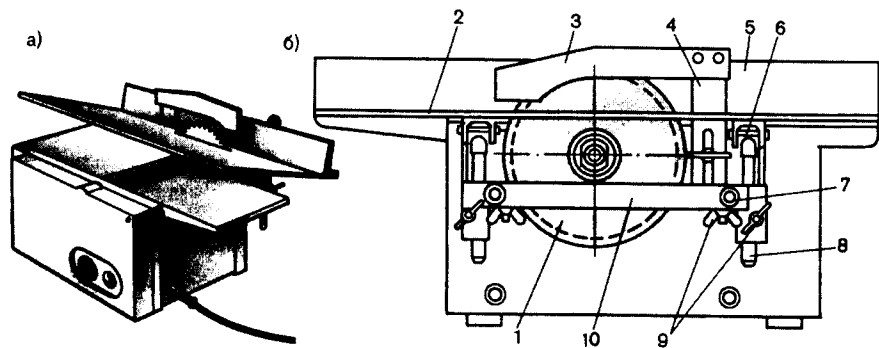


Рис. 8.16. Деревообрабатывающая машина

Машина обеспечивает наибольшую глубину пропила 45 мм, ширину строгания за один проход 200 мм, наибольшую глубину строгания за один проход 2 мм.

**Распиловочная машина** (рис. 8.17) применяется для распиловки досок и брусков при устройстве дощатых полов и резки паркетных планок при устройстве паркетных полов. Она укомплектована сменными пильными дисками с различным числом зубьев. В состав машины входят асинхронный однофазный электродвигатель с двойной изоляцией мощностью 0,9 кВт, одноступенчатый редуктор, пильный диск 5 диаметром 200 мм, вращающийся с частотой  $40 \text{ с}^{-1}$  (на холостом ходу), и защитное приспособление, включающее нож 3 и козырек 8 для автоматического прикрытия пилы во время работы. Крутящий момент от электродвигателя передается пильному диску через одноступенчатый редуктор. На корпусе редуктора посредством кронштейнов закреплена плита 10 с направляющей планкой 9, которая может перемещаться по направляющим стержням 1 в вертикальной плоскости и устанавливаться под углом  $0...45^\circ$ . В заданном положении плита фиксируется барашковыми гайками 2. При распиловке паркетных планок под углом применяют поворотный уголок 6 с фиксатором 7, устанавливаемый под нужным углом пропила на каретке 4, движущейся вместе с паркетной планкой по направляющей 11.

Для распиловки брусков и досок в продольном направлении применяют пильные диски с числом зубьев 24, при поперечном — с числом 36. При распиловке паркетных планок используют диски с числом зубьев 96. Машина обеспечивает наибольшую глубину пропила древесины 60 мм.

Максимальный габарит распиливаемого материала  $200 \times 20 \times 5$  мм. Машина подключается к сети однофазного переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

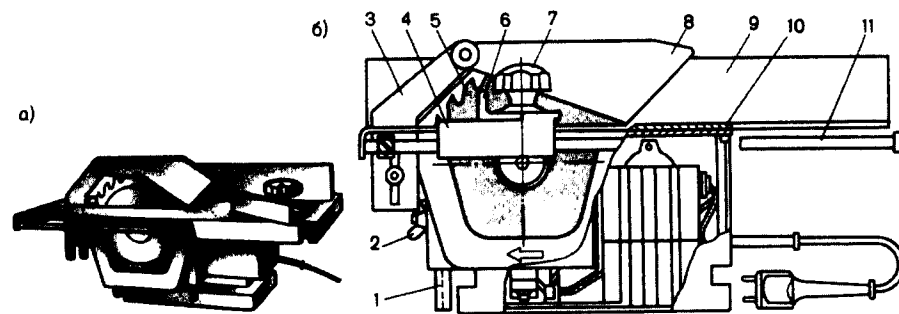


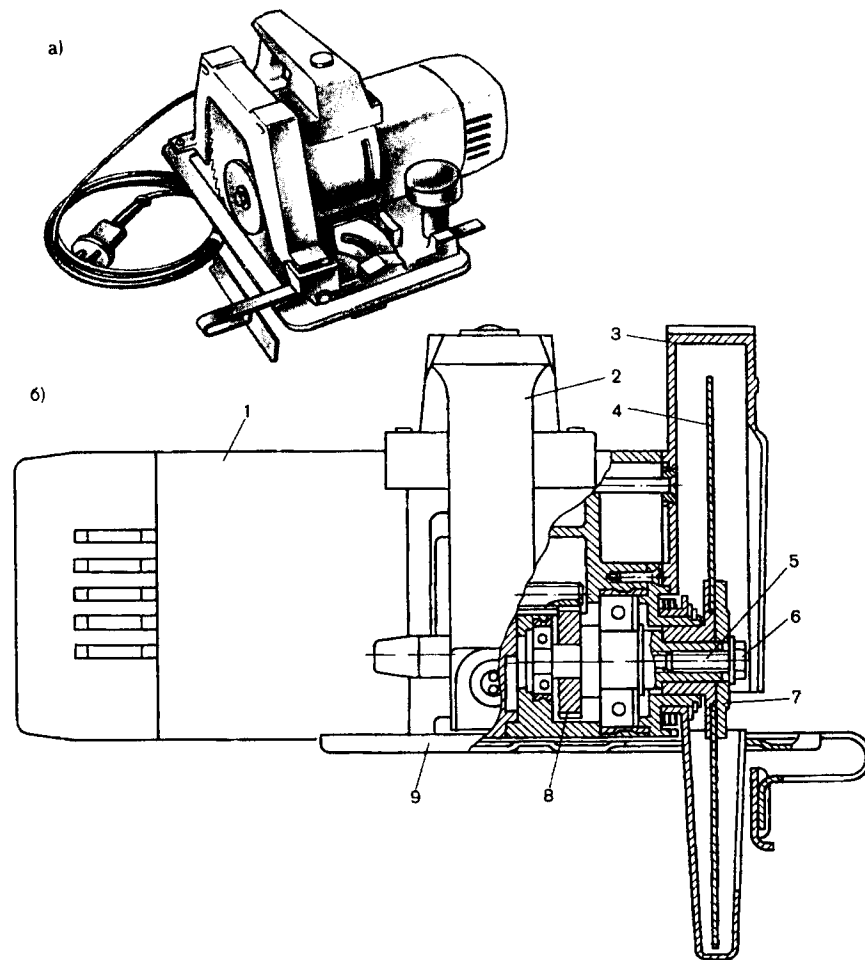
Рис. 8.17. Распиловочная машина

**Электрические дисковые пилы** предназначены для продольной и поперечной распиловки досок и брусков толщиной до 65 мм при устройстве дощатых и паркетных полов, а также обрезки крайних рядов штучного паркета под фризový ряд.

Пилы одинаковы по конструкции и максимально унифицированы. Дисковая ручная пила используется для распиловки древесностружечных, асбестоцементных, цементно-стружечных плит, мрамора и фосфогипса. Каждая дисковая пила состоит из однофазного коллекторного двигателя с вентилятором, одноступенчатого цилиндрического редуктора, сменного пильного диска, защитного кожуха, расклинивающего ножа, опорной плиты с направляющими секторами, основной рукоятки с выключателем и устройством для подавления радиопомех, дополнительной рукоятки, токоподводящего кабеля со штепсельной вилкой.

Рабочим органом машины (рис. 8.18 а, б) служит стальной пильный диск 4 диаметром 200 мм, по окружности которого последовательно расположен ряд зубьев определенного профиля. Диск с помощью болта 6 и фланца 7 крепится на шпинделе 5, расположенном ниже продольной оси электродвигателя 1. Благодаря этому корпус машины не ограничивает глубину пропила. Шпиндель получает вращение от двигателя с двойной изоляцией через одноступенчатый цилиндрический редуктор 8. Привод с рабочим органом смонтированы на опорной плите 9, перемещаемой по обрабатываемому материалу. Глубина пропила зависит от диаметра пильного диска и регулируется подъемом или опусканием двигателя относительно плиты. При распиловке древесины под углом корпус машины наклоняется относительно опорной плиты на необходимый угол (0...45°) по направляющему сектору со шкалой и фиксируется в нужном положении специальной гайкой. Возможен также поворот пильного диска в плане на заданный угол при косом реze материала, осуществляемый направляющим сектором. Пильный диск снабжен защитным кожухом 3, состоящим из подвижной и неподвижной частей, закрывающих соответственно нижнюю и верхнюю части диска. На неподвижном кожухе установлен нож для расклинивания обрабатываемого изделия и предохранения диска от заклинивания. Пилу включают через двухполюсный выключатель, установленный на рукоятке 2.

Дисковые пилы комплектуют сменными пильными дисками для продольной и поперечной распиловки материала. При замене стального пильного диска абразивными дисковыми пилами можно использовать для резки мрамора, камня и других материалов. Основными параметрами пил являются глубина пропила, диаметр и частота вращения пильного диска. Дисковые пилы обеспечивают глубину пропила 65..80 мм. Электропилы подключаются к питающей сети однофазного переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц



Р и с. 8.18. Электрическая дисковая пила

с помощью токоподводящего кабеля со штепсельной вилкой. Пилы, закрепленные на верстаке с помощью струбцин, могут быть использованы в качестве стационарных распиловочных станков.

**Электрические рубанки** предназначены для строгания изделий из дерева и применяются на плотнично-опалубочных и столярных работах, а также при устройстве полов. Они осуществляют прямое, угловое, фасонное и фальцевое строгание древесины при изготовлении деревянных конструкций и обеспечивают строгание древесины вдоль и поперек волокон. Рубанки можно использовать как малогабаритные переносные строгальные станки. Рубанки одинаковы по

конструкции, максимально унифицированы и состоят из пластмассового корпуса, основной и дополнительной рукояток, однофазного коллекторного двигателя с двойной изоляцией, плоскозубчатой ременной передачи, фрезы со вставными плоскими ножами, механизма регулирования глубины строгания и питающего кабеля со штепсельной вилкой.

Рабочим органом рубанка (рис. 8.19, а, б) служит цилиндрическая фреза 9 с закрепленными в ее пазах двумя стальными плоскими двухлезвийными ножами 8. Ножи крепятся в пазах самостопорящимися клиньями. Точное выставление ножей при установке осуществляется двумя регулировочными винтами. Режущие кромки ножей равномерно выступают за цилиндрическую поверхность фрезы на 2...3 мм и устанавливаются строго параллельно оси фрезы. Угол заострения режущей кромки ножа зависит от свойств обрабатываемой древесины и составляет при строгании мягких пород 35° и при строгании пород средней твердости и твердых 40...42°.

Фреза приводится во вращение однофазным коллекторным электродвигателем 4 через плоскозубчатую ременную передачу 3. Рабочий орган с приводом смонтированы в корпусе 2 с передней подвижной 10 и задней неподвижной 7 лыжами. Глубина строгания регулируется поворотом ручки 1, изменяющей положение передней лыжи относительно обрабатываемой поверхности. Включают рубанок через двухполюсный выключатель 5, установленный в основной рукоятке 6. Для работы в стационарном положении рубанок устанавливают на верстак с помощью стоек в перевернутом положении

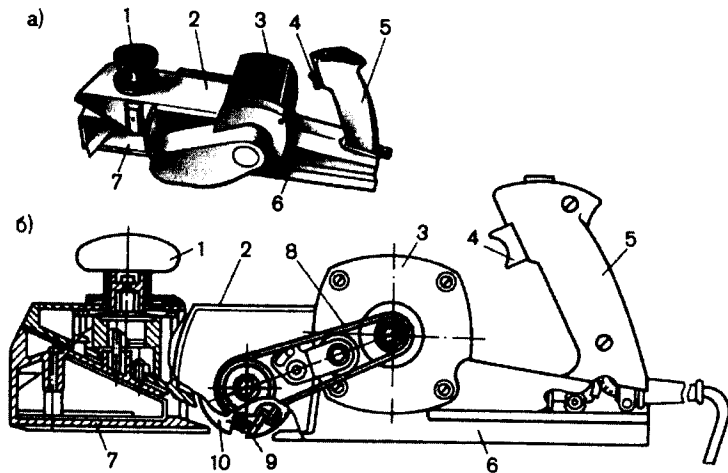


Рис. 8.19. Электрический рубанок:  
а — общий вид; б — конструктивная схема

лыжами вверх. Основными параметрами рубанков являются ширина и глубина строгания за один проход.

Рубанки обеспечивают ширину строгания (за один проход) 75...100 мм при глубине строгания до 3 мм и оборудуются двигателями мощностью 0,6...1,15 кВт.

**Электрические долбежники** предназначены для выборки в деревянных изделиях и конструкциях отверстий, пазов и гнезд прямоугольной формы при выполнении столярных работ, а также при устройстве дощатых и паркетных полов.

Долбежник (рис. 8.20, а) состоит из однофазного коллекторного двигателя 3, одноступенчатого цилиндрического редуктора, бесконечной долбежной фрезерной цепи 6 с направляющей линейкой 5, двух направляющих колонок с прижимами 1, рычажного механизма подачи 4, основания 7 с зажимным приспособлением, выключателя с устройством для подавления радиопомех и токоведущего кабеля со штепсельной вилкой.

Фрезерная цепь обегает направляющую линейку и приводится в действие ведущей звездочкой, закрепленной на выходном валу редуктора. На нижнем конце направляющей линейки смонтировано устройство для натяжения цепи. Привод с рабочим органом (двигатель, редуктор со звездочкой, фрезерная цепь с направляющей линейкой) представляет собой подвижный узел и установлен на двух вертикальных направляющих колонках, закрепленных в основании — плите машины и удерживается в верхнем положении цилиндрическими витыми пружинами, надетыми на направляющие.

Заглубление фрезерной цепи в обрабатываемый материал при долблении паза осуществляется при равномерном нажатии на рукоять рычажного механизма подачи. В исходное положение привод с рабочим органом возвращаются пружинами. Глубина хода долбления регулируется ограничителем. Для фиксации привода на колонках служат стопорные винты 2. Долбежник крепится к верстаку или обрабатываемому изделию с помощью зажимного устройства, смонтированного на основании.

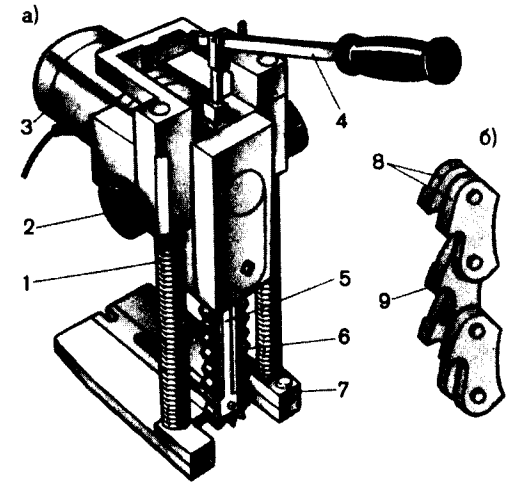


Рис. 8.20. Электрический долбежник

Долбежная цепь (рис. 8.20, б) состоит из внешних режущих 8 и внутренних скальвающих 9 звеньев, соединенных между собой шарнирно.

Ширина долбежной цепи и ширина направляющей линейки определяют соответственно ширину и длину паза, полученного за один проход. Максимальная глубина паза определяется длиной направляющей линейки. Для долбления пазов с различными сечением и глубиной каждый долбежник снабжается набором сменных цепей и линеек.

Основными параметрами долбежников являются размеры выбираемых пазов и скорость резания. У отечественных долбежников максимальный размер выбираемых пазов составляет 20×60×160 мм, скорость резания 0,1 м/с, мощность электродвигателя до 1,1 кВт.

Эксплуатационная производительность деревообрабатывающих машин (м<sup>3</sup>/с)

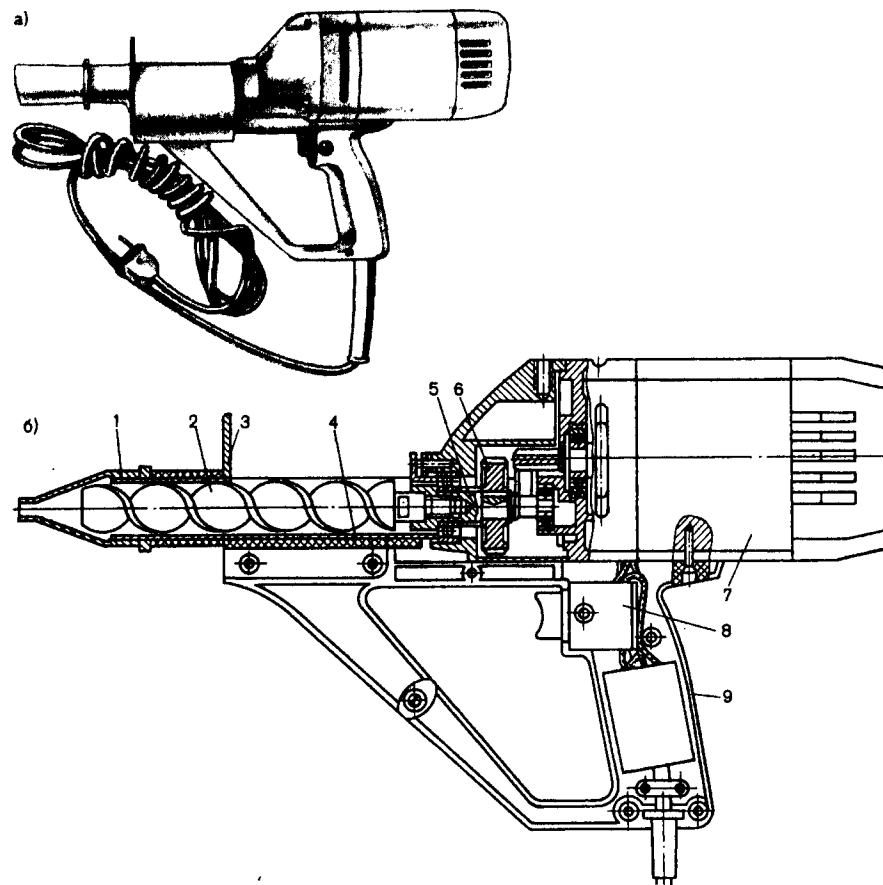
$$P_3 = BHv_n K_y K_b, \quad (8.1)$$

где  $B$  и  $H$  — соответственно ширина и глубина пропила (для дисковой пилы и лобзика), гнезда (для долбежника), строгания или фрезерования (для ножевых барабанов и фрез),  $m$ ;  $v_n$  — скорость подачи рабочего органа, м/с;  $K_y$  — коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки древесины;  $K_b$  — коэффициент использования машины по времени.

### 8.1.7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РУЧНЫЕ ГЕРМЕТИЗАТОРЫ

Герметизаторы предназначены для заделки стыков строительных конструкций промышленных и жилых сооружений с целью их уплотнения путем нагнетания в стыки нетвердеющих мастик типа «Бутепрол», МПС или УМС-50.

**Герметизатор** (рис. 8.21, а, б) состоит из однофазного коллекторного электродвигателя 7, двухступенчатого редуктора 6, шнека 2 с наружным диаметром 25 мм и шагом навивки 30 мм, направляющей трубы 4 шнека с формирующим насадком (соплом) 1, загрузочного устройства 3 барабанного типа, корпуса и рукоятки 9 с выключателем 8 и устройством для подавления радиопомех. Шнек имеет левую спираль, соединен со шпинделем 5 с помощью хвостовика с резьбой и получает вращение от электродвигателя через редуктор с частотой 11 с<sup>-1</sup>. У загрузочного окна направляющей трубы шнека с левой стороны машины расположен загрузочный барабан, который приводится во вращение брикетом мастики при захватывании его вращающимся шнеком. Шнек через сопло нагнетает мастику в герметизируемый стык. Для предотвращения кольцевого вращения подаваемой шнеком мастики в направляющей трубе имеется восемь продольных канавок.



Р и с. 8.21. Электрический герметизатор

При включении электродвигателя крутящий момент от вала ротора передается через двухступенчатый редуктор на шпindelь и закрепленный на нем шнек, который подает мастику через сопло в стыки строительных конструкций.

Производительность герметизатора 1,8 л/мин, потребляемая мощность 1,05 кВт.

## 8.2. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ РУЧНЫЕ МАШИНЫ

Довольно широкое распространение при производстве строительно-монтажных, санитарно-технических и отделочных работ получили пневматические ручные машины, источником энергии кото-

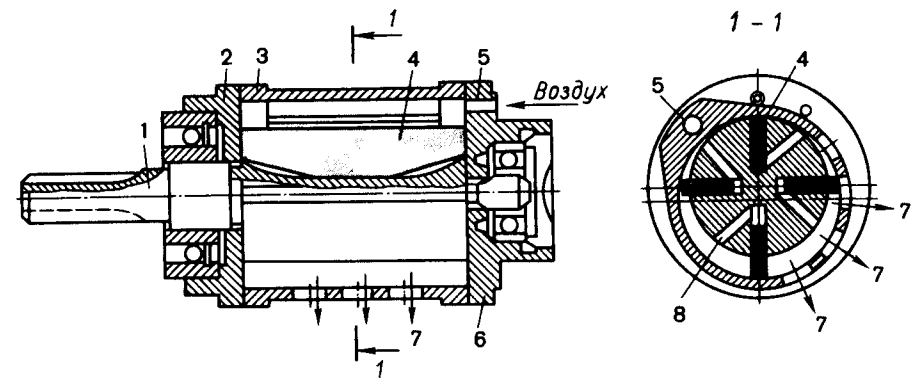
рых служит атмосферный воздух, сжатый до 0,5...0,7 МПа в компрессорах. По сравнению с электрическими пневматические машины легче, портативнее, проще по конструкции, нечувствительны к перегрузкам, обладают большей удельной мощностью, более надежны и безопасны в эксплуатации. Однако пневматические машины имеют низкий КПД (8...16%) и расходуют электроэнергию в среднем в 7...9 раз больше (поскольку для привода компрессора необходим двигатель большой мощности), а также требуют дополнительных эксплуатационных расходов на сооружение трубопроводов—воздуховодов с приборами для очистки воздуха и на обслуживание компрессорной установки. Кроме того, пневматические машины при работе создают большой шум.

По принципу действия различают вращательные, ударные и ударно-вращательные пневмомашин. К вращательным пневмомашинам относятся сверлильные, шлифовальные, резьбонарезные пневмомашин, пневмопильницы и пневмогайковерты, кинематика, назначение и принцип действия которых такие же, как у рассмотренных выше электромашин с вращательным движением рабочего органа. Для привода вращательных пневмомашин применяют поршневые, турбинные и ротационные пневмодвигатели. По сравнению с поршневыми турбинные и ротационные пневмодвигатели проще по конструкции, портативны (на 1 кВт мощности двигателя приходится не более 1 кг массы), быстроходны (до 330 с<sup>-1</sup>), легко реверсируются и могут выдерживать значительные перегрузки.

Турбинные двигатели, имеющие частоту вращения до 1670 с<sup>-1</sup>, применяют в высокоскоростных шлифовальных машинах с абразивными борголовками диаметром до 30 мм. Основными недостатками таких двигателей являются быстрый износ лопаток и значительный шум при работе.

Ротационный двигатель (рис. 8.22) состоит из корпуса (статора) 3, ротора 1, в пазах которого свободно установлены лопатки 4, передней 2 и задней 6 крышек, закрывающих статор с торцов.

Ротор расположен эксцентрично относительно внутренней цилиндрической поверхности статора. Лопатки изготавливаются из текстолита толщиной 3...5 мм и могут свободно перемещаться в пазах ротора в радиальном направлении. Сжатый воздух, поступая в рабочую полость двигателя через отверстие 5 в задней крышке, давит на выступающие части лопаток и заставляет ротор вращаться. Лопатки при вращении прижимаются центробежной силой к внутренней поверхности статора, препятствуя перемещению воздуха из одной полости в другую. Отработанный воздух через отверстия 7 в корпусе выбрасывается в атмосферу. В теле ротора имеются каналы 8, которые служат для уравнивания давления воздуха на торцы лопаток и выхода воздуха из пазов при движении лопаток к центру вращения. Вал ротора вращается в двух шарикоподшипниках. Вы-



Р и с. 8.22. Пневматический ротационный двигатель

ступающий конец вала ротора обычно выполнен в виде прямозубой или косозубой цилиндрической шестерни, которая служит ведущим звеном планетарного редуктора.

Ротационные пневмодвигатели изготавливают реверсивными и не-реверсивными с правым или левым вращением ротора. В реверсивных пневмодвигателях сжатый воздух подается попеременно в правую или левую рабочие полости двигателя, заставляя ротор вращаться в соответствующем направлении. Реверсирование производится с помощью специального механизма, устанавливаемого в задней крышке двигателя или в пусковом устройстве. Поддержание заданной скорости ротора ротационных двигателей обеспечивается центробежными регуляторами.

Для снижения шума до уровня санитарных норм машины с ротационными пневмодвигателями снабжаются глушителями. Основные узлы пневматической машины вращательного действия (двигатель, редуктор, рукоятка с пусковым устройством) изготавливают в виде отдельных унифицированных узлов, заменяемых при выходе их из строя.

### 8.2.1. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

**Пневматические сверлильные ручные машины** выпускают прямыми и угловыми. Прямые сверлильные РМ (рис. 8.23) имеют корпус pistolетного типа и в их кинематическую схему включен одноили двухступенчатый планетарный редуктор. У угловых машин планетарный редуктор работает совместно с конической или цилиндрической передачей. Шпиндель прямых сверлильных РМ имеет внешний или внутренний конус Морзе, шпиндель угловых — только внутренний конус Морзе. Вращение шпинделю 1 сообщается через одноступенчатый планетарный редуктор 3 от встроенного в корпус

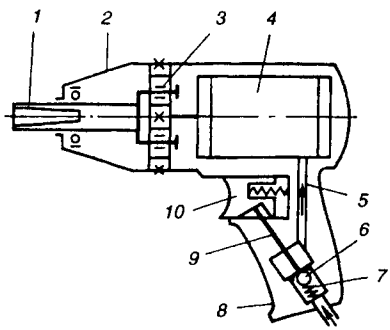


Рис. 8.23. Схема пневматической сверлильной машины

2 нереверсивного ротационного пневмодвигателя 4. Сжатый воздух поступает к двигателю через пусковое устройство по каналу 5 в рукоятке 8. Пусковое устройство состоит из шарикового клапана 6 с пружиной 7, толкателя 9 и подпружиненного курка 10. При нажатии на курок толкатель перемещается вниз и открывает клапан.

Пневматические сверлильные РМ способны сверлить отверстия диаметром до 32 мм (по стали), имеют частоту вращения шпинделя (на холостом ходу) 6,6...33 с<sup>-1</sup>,

мощность двигателя 0,4...1,8 кВт, массу 1,7...8 кг. Расход сжатого воздуха при максимальной мощности составляет 0,9...1,2 м<sup>3</sup>/мин, рабочее давление воздуха 0,5 МПа.

**Шлифовальные пневмомашины** выполняют прямыми, угловыми и торцовыми. Торцовую шлифовальную машину (рис. 8.24) применяют в основном для шлифования и полирования металлических, цементных, гранитных и мраморных поверхностей. Шлифовальный круг 9 крепится на валу 1 ротора пневмодвигателя 3 и снабжен защитным кожухом 8. Постоянная частота вращения круга на холостом ходу обеспечивается центробежным шариковым регулятором 4. Корпус 2 машины имеет основную 6 и дополнительную рукоятки.

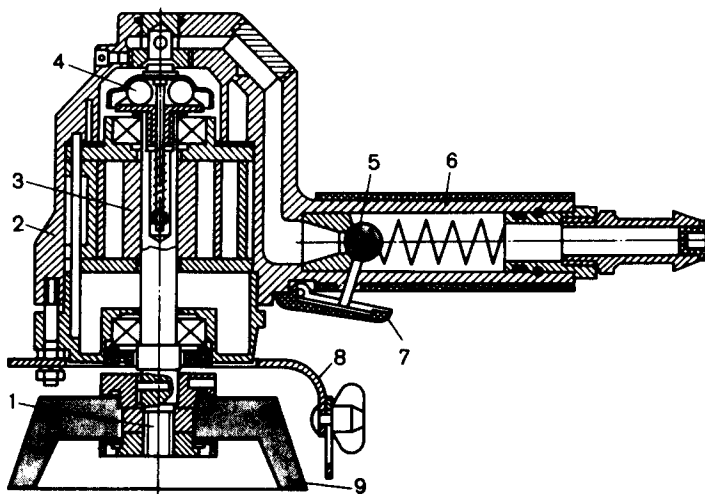


Рис. 8.24. Пневматическая торцовая шлифовальная машина

В основной рукоятке смонтировано пусковое устройство 5, управляемое курком 7.

Прямые машины комплектуются кругами диаметром 63...150 мм, торцовые и угловые — чашечными кругами диаметром 125...180 мм. Частота вращения шпинделя пневмошлифовальных машин 75...200 с<sup>-1</sup>, мощность двигателя 0,4...1,5 кВт при расходе сжатого воздуха 0,9...2 м<sup>3</sup>/мин.

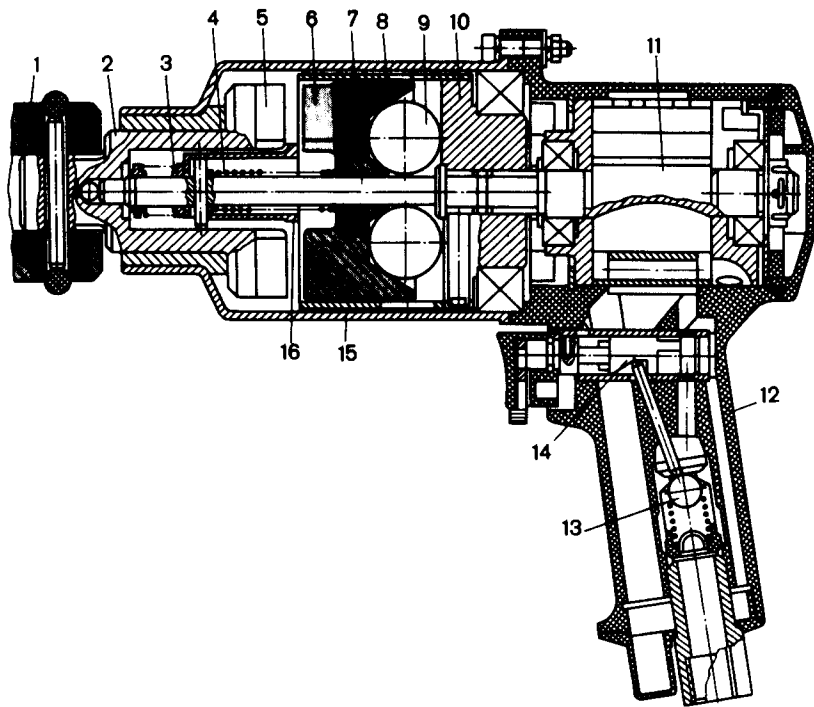
**Пневматические гайковерты** имеют то же назначение, что и гайковерты с электроприводом. Различают гайковерты частоударные с частотой ударов 15...20 с<sup>-1</sup> и редкоударные с частотой ударов 2...3 с<sup>-1</sup>. Они различаются между собой в основном конструкцией и принципом действия ударно-вращательного механизма. Каждый пневматический гайковерт состоит из реверсивного ротационного пневматического двигателя с глушителем, вибробезопасного ударно-вращательного механизма, корпуса, рукоятки с пусковым устройством и механизмом реверса с переключателем. Частоударные гайковерты выпускают прямыми и угловыми, редкоударные — только прямыми. Прямые гайковерты выполнены по безредукторной схеме, в конструкцию угловых машин включен одноступенчатый цилиндрический редуктор.

**Частоударные пневмогайковерты** обеспечивают сборку резьбовых соединений диаметром 14...36 мм за 4...10 с и развивают наибольший момент затяжки 100...1600 Н·м. Ударно-вращательные механизмы частоударных гайковертов унифицированы и имеют одинаковый принцип действия, сходный с принципом действия ударно-вращательных механизмов частоударных электрических гайковертов.

**Редкоударные пневмогайковерты** предназначены для гарированной затяжки ответственных высокопрочных резьбовых соединений диаметром 20...60 мм и развивают энергию удара 25...160 Дж.

Конструкции и принцип работы редкоударных гайковертов имеют мало различий.

На рис. 8.25 показан редкоударный пневматический гайковерт. Ударный механизм помещен в металлический корпус 15, а пневмодвигатель 11 с механизмом реверса 14 и пусковым устройством 13 — в пластмассовой рукоятке 12. Ударно-вращательный механизм включает составной ударник и синхронизирующее устройство. Ударник составлен из ведущей части 10, соединенной с выходным валом пневмодвигателя, и ведомой 8 с кулачками 6 для передачи крутящего момента на шпиндель 1 и кулачками 5 с помощью синхронизирующего устройства. Последнее состоит из синхронизирующей втулки 16, закрепленной на валике 7, центробежных грузов 9, силовой 4 и возвратной 3 пружин. При подаче сжатого воздуха в пневмодвигатель приводятся во вращение элементы ударно-вращательного механизма. По достижении



Р и с. 8.25. Пневматический редкоударный гайковерт

ударником определенной угловой скорости грузы 9 под воздействием центробежной силы смещаются к периферии в радиальном направлении по наклонным поверхностям ведомой части ударника и, сжимая пружину 4, перемещают ведомую часть ударника в осевом направлении до зацепления с синхронизирующей втулкой 16.

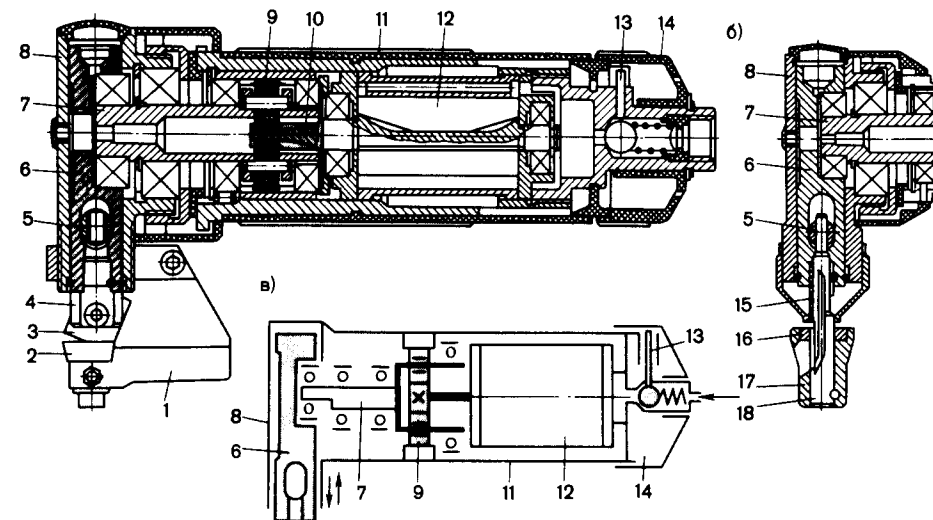
По мере увеличения угловой скорости ведомая часть ударника, толкаемая центробежными грузами, продолжает осевое перемещение вместе с синхронизирующей втулкой в сторону шпинделя, преодолевая сопротивление пружин 3 и 4 до тех пор, пока не будет обеспечено зацепление кулачков 5 и 6 на полную высоту. Происходит удар, при котором кинетическая энергия вращающегося ударника передается шпинделю и закрепленному на нем ключу. После удара скорость ведомой части ударника резко снижается и она под действием пружины 4 возвращается в исходное положение, размыкая кулачки 5 и 6, после чего цикл затяжки повторяется. Процесс затяжки осуществляется 5...15 ударами за 4...10 с.

Оператор отключает гайковерт при отсчете необходимого числа ударов.

Пневматические ножницы предназначены для резки листового металла и проката при максимальной толщине разрезаемого металла 1,6...2,5 мм. Основным параметром ножниц является толщина разрезаемого металла. По типу режущего инструмента они разделяются на ножевые и вырубные. Конструкция и принцип действия режущего инструмента ножевых и вырубных ножниц с пневматическим и электрическим приводами аналогичны. Промышленность выпускает унифицированные пневматические ножевые ножницы и вырубные ножницы, которые различаются между собой только режущим инструментом. Ножницы могут быть представлены в виде универсальной машины со сменным ножевым и вырубным режущим инструментом.

Составными частями пневматических ножниц (рис. 8.26, а, б, в) являются ротационный пневмодвигатель 12, пусковое устройство 13, планетарный одноступенчатый редуктор 9, эксцентриковый механизм, рабочий инструмент, пластмассовые корпуса 8, 11 и 14 соответственно головки, пневмодвигателя и рукоятки. Пневмодвигатель с планетарным редуктором встроены в рукоятку, которая служит также глушителем шума. На выступающем конце водила 7 редуктора имеется эксцентрик, вращательное движение которого преобразуется в возвратно-поступательное движение ползуна 6. У ножевых ножниц (рис. 8.26, а) к ползуну крепится держатель 4 с подвижным ножом 2, а неподвижный нож 3 жестко соединен с корпусом головки. У вырубных ножниц (рис. 8.26, б) к пол-

а)



Р и с. 8.26. Пневматические ножницы

зуну 6 крепится пустотелый цилиндр-пуансон 15, через отверстие в котором проходит неподвижный шток 18 с держателем 17 и матрицей 16 на нижнем конце. Верхний конец штока имеет резьбовое соединение с траверсой 5, жестко закрепленной в корпусе головки 8.

Пуск двигателя осуществляется поворотом рукоятки 14 пускового устройства 13 по часовой стрелке, при этом открывается подпружиненный шариковый клапан, и сжатый воздух поступает в пневмодвигатель и приводит во вращение вал 10 ротора. Вращательное движение ротора преобразуется в возвратно-поступательное движение ползуна с ножом или пуансоном, производящих резание листового металла или проката. Подача воздуха в пневмодвигатель прекращается при повороте рукоятки пускового устройства в противоположную сторону.

Производительность ножиц 1,6...1,8 м/мин, число двойных ходов 25 с<sup>-1</sup>, расход сжатого воздуха 0,8 м<sup>3</sup>/мин.

### 8.2.2. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

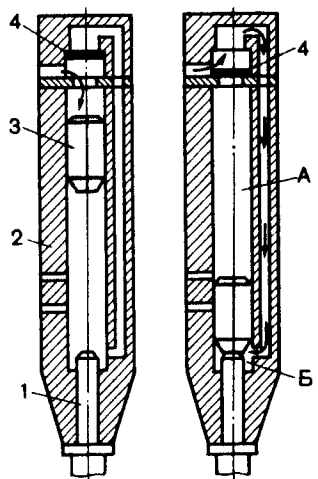


Рис. 8.27. Принципиальная схема пневматической машины ударного действия

К ручным пневмомашинам ударного действия относятся молотки различного назначения (отбойные, рубильные и клепальные) и ломы. Эти машины аналогичны по конструкции и принципам действия основан на преобразовании энергии сжатого воздуха в механическую работу поршня-бойка 3 (рис. 8.27), движущегося возвратно-поступательно в цилиндре ствола 2 машины и наносящего периодические удары по хвостовику 1 рабочего инструмента. Возвратно-поступательное движение поршня-бойка обеспечивается с помощью воздушораспределительного устройства 4 клапанного или золотникового типа, приводимого в действие сжатым воздухом. Воздушораспределительное устройство осуществляет впуск сжатого воздуха в цилиндр ствола поочередно в камеры прямого (рабочего) А и обратного В

хода поршня-бойка и выпуск отработанного воздуха в атмосферу. Сжатый воздух к воздушораспределителю подается через пусковое устройство.

Современные пневмомолотки и ломы представляют собой комплексно виброзащищенные машины, у которых ударный узел отде-

лен от корпуса, удерживаемого оператором, упругими элементами. Они оснащены глушителями для снижения уровня шума. Основными параметрами являются энергия единичного удара и частота ударов.

**Отбойные молотки** применяют для рыхления твердых и мерзлых грунтов при производстве земляных работ небольшого объема, для пробивки углублений, борозд, отверстий и проемов в стенах и перекрытиях, а также для разборки бетонной кладки и дорожных покрытий.

**Рубильные молотки** предназначены для рубки металла, чеканки швов, обрубки кромок под сварку, вырубки пазов и пробивки отверстий в металле толщиной до 16 мм, заделки стыков водопроводных и канализационных чугунных труб, а при соответствующей замене рабочего наконечника — для пробивки углублений, отверстий и проемов в перекрытиях, кирпичных и бетонных стенах, отделки плит из натурального камня, а также для клепки в горячем состоянии заклепок диаметром до 12 мм и разборки заклепочных соединений.

**Ломы** применяют для разрушения фундаментов, вскрытия бетонных и асфальтобетонных дорожных покрытий, пробивки углублений, отверстий и проемов в бетонных и железобетонных перекрытиях, для разработки твердых и мерзлых грунтов при рытье котлованов, траншей и проходке туннелей.

Рассмотрим конструкцию и схему виброзащиты ручных пневмомашин ударного действия на примере рубильного молотка (рис. 8.28). Молоток состоит из корпуса 3, ударного узла, рукоятки 5 с пусковым устройством 8 и виброизолированного манипулятора 2, в котором устанавливается рабочий инструмент 1. Ударный узел включает подвижный ствол 13 с рабочим цилиндром 4, поршень-бо-

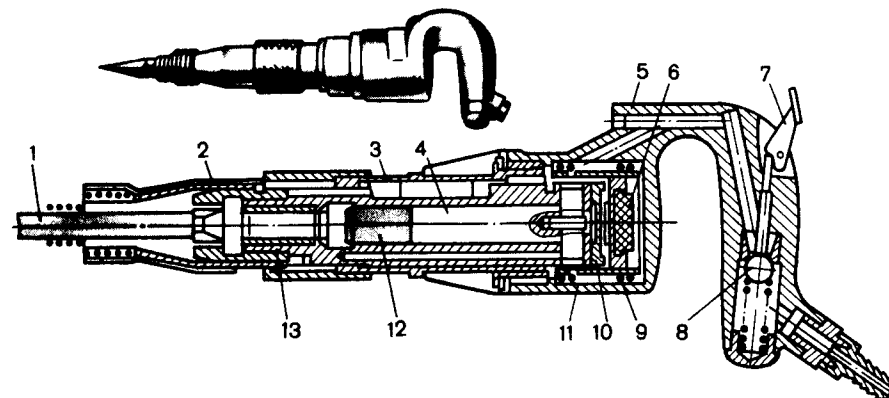


Рис. 8.28. Пневматический рубильный молоток



### 8.3. РУЧНЫЕ МАШИНЫ С ПИРОТЕХНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

ек 12 и клапанное воздухораспределительное устройство. Рукоятка молотка и жестко соединенный с ней корпус виброизолированы от ударного узла пружиной 9, сжатым воздухом, поступающим в камеру 11, и буфером 6. Ударный узел перемещается в виброизолированном корпусе-рукоятке на специальных разрезных направляющих малого трения, что существенно повышает эффективность системы виброизоляции. При нажатии на курок 7 сжатый воздух поступает через каналы в рукоятке к воздухораспределительному устройству. клапан 10 которого создает условия для поступления воздуха в камеры прямого или обратного хода, сообщая поршню-бойку возвратно-поступательное движение. В конце рабочего хода поршень-боек наносит удар по хвостовику рабочего инструмента.

Виброзащищенный манипулятор защищает левую руку оператора от сильного вибрационного воздействия, а также позволяет непрерывно управлять положением лезвия рабочего инструмента в работе или фиксировано устанавливать его под заданным углом к обрабатываемой поверхности. Кроме того, манипулятор гарантированно удерживает рабочий инструмент от вылета из машины при холостых ударах, исключая опасность травмирования оператора.

Пневматические молотки характеризуются энергией единичного удара 14...42 Дж, расходуют 0,8...1,8 м<sup>3</sup>/мин воздуха при частоте ударов 17...38 Гц. Ломы обладают значительно большей энергией удара (до 95 Дж) и более низкой частотой ударов (10...12 Гц).

**Выбор компрессора и расчет воздухоподводящей сети.** Расчетная производительность компрессора для питания группы пневмомашин (м<sup>3</sup>/с)

$$P_k = \sum Q_i k_1 k_2, \quad (8.2)$$

где  $\sum Q_i = Q_{1c_1} + Q_{2c_2} + \dots + Q_{ic_i}$  — суммарный расход воздуха машинами;  $Q_1, Q_2, \dots, Q_i$  — расход воздуха одной машиной, м<sup>3</sup>/с;  $c_1, c_2, \dots, c_i$  — количество однотипных машин;  $k_1$  — коэффициент одновременности работы машин; при изменении количества одновременно работающих машин с 2 до 30  $k_1$  уменьшается с 0,9 до 0,53;  $k_2$  — коэффициент, учитывающий потери воздуха в магистральных, шлангах и машинах ( $k_2 = 1,2 \dots 1,35$ ).

Минимально допустимый диаметр питающего трубопровода или шланга (мм)

$$d = 88 \sqrt{Q_{зкв}^2 L_{экв} / \Delta p}, \quad (8.3)$$

где  $Q_{зкв}$  — расход воздуха на данном участке, м<sup>3</sup>/мин;  $\Delta p = 0,1 \pm 0,15$  — минимально допустимые потери давления, Па;  $L_{экв} = l_r + l_m$  — эквивалентная длина участка, м;  $l_r$  — геометрическая длина участка, м;  $l_m$  — местные потери давления в арматуре, м.

При производстве строительно-монтажных работ значительный объем составляют операции крепления к строительным основаниям различных строительных деталей, конструкций, оборудования и инженерных коммуникаций. Эти операции выполняются, как правило, с применением ручных машин с пиротехническим приводом — пороховых монтажных пистолетов и пиротехнических оправок, принцип действия которых основан на использовании энергии расширяющихся пороховых газов. Монтажные пистолеты и оправки встраивают (забивают) в бетонные и железобетонные (до класса В30 включительно), металлические (с пределом прочности до 450 МПа), кирпичные, шлако- и керамзитобетонные основания силой взрыва порохового заряда специальные крепежные детали — стальные дюбеля.

Автономность источника энергии пороховых пистолетов и оправок обеспечивает их применение независимо от наличия электрической сети и компрессорной установки. С помощью монтажных пистолетов и оправок производят крепление санитарно-технического и электротехнического оборудования, прокладку трубо- и воздухопроводов, крепление гидро-, тепло- и звукоизоляционных материалов, монтаж внутренних стен и перегородок, выполнение отделочных работ, сборку металлоконструкций из деталей небольшой толщины и др. Дюбелями скрепляют детали из угловой, полосовой и листовой стали, крепят рифленый кровельный материал.

Применение монтажных пистолетов и пиротехнических оправок исключает трудоемкую операцию по сверлению гнезд и отверстий в конструкциях, а также расход большого количества дорогостоящих твердосплавных сверл и распорных дюбелей.

В качестве источника энергии монтажных пистолетов и пиротехнических оправок используют специальные беспульные патроны (рис. 8.29, а), снабженные бездымным порохом с различными по величине зарядами. Мощность заряда выбирают в зависимости от прочности и вида строительного основания, диаметра и длины дюбеля. Различают дюбеля-гвозди и дюбеля-винты. Дюбелями-гвоздями

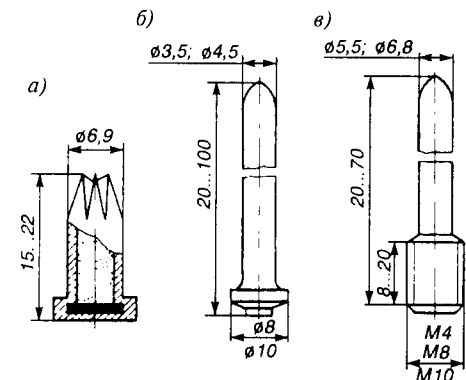


Рис. 8.29. Патрон и дюбеля

(рис. 8.29, б) путем непосредственной «пристрелки» прикрепляют к строительным основаниям несъемные детали и конструкции, изготовленные из металла, дерева, деревоволокнитов, пластмасс и др. На дюбелях-винтах, (рис. 8.29, в) с резьбовой головкой крепят гайками конструкции и детали, подлежащие периодическому демонтажу. Дюбели изготавливают из хромистой стали и имеют высокую твердость ( $HRC \geq 50$ ). Для центровки и фиксирования в стволе (направителе) пистолета дюбель снабжают полиэтиленовыми шайбами или наконечниками. Широкое распространение получили поршневые монтажные пистолеты типа ПЦ с поршневым принципом забивки дюбеля.

Принцип действия пистолетов показан на рис. 8.30. В пистолетах этого типа дюбель 6 с центрирующей шайбой 7 устанавливается в направлятеле 8 ствола 2 непосредственно перед торцом поршня 4. При насечке бойком капсюля патрона 1 происходит взрыв порохового заряда. Под давлением пороховых газов (до 300 МПа) поршень разгоняется по каналу ствола и забивает дюбель в строительную конструкцию 9. Разгон поршня под давлением происходит на участке 45 мм, после чего пороховые газы через выхлопные отверстия 3 в стволе сбрасываются в атмосферу. Поршень тормозится сопротивлением внедряемого дюбеля. Ход поршня ограничен упругим амортизатором 5, предотвращающим сквозной прострел малопрочного основания.

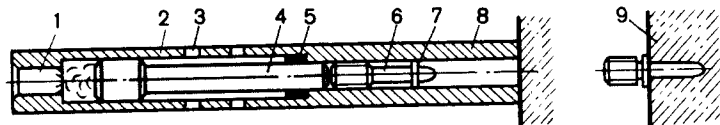


Рис. 8.30. Принципиальная схема монтажного поршневого пистолета

Монтажный поршневой пистолет (рис. 8.31) представляет собой однозарядный самовзводный ручной монтажный инструмент, который позволяет производить забивку дюбелей в любых пространственных положениях и в любых климатических условиях. Он состоит из ствола 7 с патронником 17, поршневой группы прижима 2, коробки 16 с ударно-спусковым механизмом и рукояткой 14.

С пистолетом используются две различные по мощности группы патронов кольцевого воспламенения калибра 6,9 мм длиной 15 мм (группа «К») и 22 мм (группа «Д»). Каждая группа патронов в зависимости от величины порохового заряда и соответственно мощности делится на четыре номера. Патрон каждого номера имеет отличительную окраску гильзы. При работе с пистолетом применяют

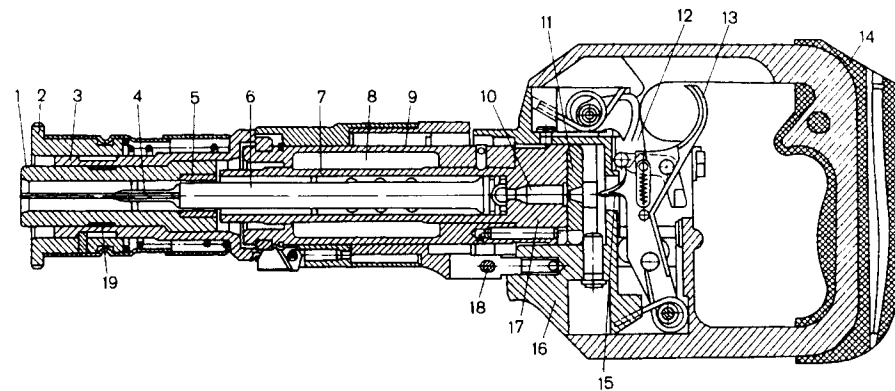


Рис. 8.31. Монтажный поршневой пистолет

дюбели-гвозди различной длины и дюбеля-винты с резьбой М6 и М8.

Пистолет комплектуется двумя сменными стволами с длиной патронника 15 и 22 мм и тремя поршневыми группами, которые устанавливаются в пистолет в зависимости от длины и диаметра дюбеля. Сменная поршневая группа состоит из наконечника 3, направлятеля 1 с каналом для дюбеля 4, поршня 6, ствола 7 и амортизатора 5. Направитель состоит из двух полуцилиндров, объединенных стопором 19. Поршневая группа смонтирована в муфте 9, соединенной с рукояткой 14 шарниром 18. Для снаряжения пистолета перед выстрелом необходимо сначала вставить соответствующий дюбель 4 с шайбой (или наконечником) в канал направлятеля 1, продвинуть с помощью шомпола дюбель и поршень в направлятеле до упора, а затем «разломить» пистолет относительно шарнира 18, вставить патрон 10 в патронник 17 ствола и закрыть пистолет.

Чтобы произвести выстрел, прижим 2 пистолета нажатием на рукоятку 14 прижимают к месту забивки дюбеля до полного утапливания направлятеля за плоскость наконечника 3 и оттягивают до отказа спусковой рычаг 13 ударно-спускового механизма. Перемещение направлятеля происходит совместно со стволом и затвором 11 до упора в дно коробки 16 к плоскости накала капсюля. При оттягивании спускового рычага взводится боевая пружина, под действием которой в конечный момент взведения боек 15 курка 12 ударяет по закраине капсюля патрона, в результате чего происходит выстрел. Под давлением пороховых газов поршень разгоняется по стволу, воздействуя на дюбель в направлятеле. Разгон поршня до скорости 60...90 м/с под давлением пороховых газов происходит на участке 45 мм, после чего газы через отверстия в стволе 7 сбрасываются в расширительные полости 8 муфты 9.

Дальнейшее движение поршня и дюбеля происходит по инерции при этом в конечный момент за счет сопротивления строительной конструкции скорость поршня и дюбеля падает до нуля. Если к моменту полного заглубления дюбеля поршень не остановился, его полное торможение обеспечивается за счет деформаций упругого амортизатора 5.

При ослаблении нажатия пистолетом на место пристрелки под действием пружин возвращаются в исходное положение затвор и поршневая группа. После выстрела пистолет раскрывают, при этом происходит выдвигание (выбрасывание) стреляной гильзы из патронника ствола с помощью экстрактора.

Гарантийная долговечность пистолетов 25000 выстрелов. Производительность до 50 выстрелов в час, масса (без принадлежностей) 4,6 кг.

Пистолеты снабжены блокировкой, исключающей случайный выстрел в воздух.

К работе с монтажными пистолетами допускаются лица, прошедшие специальное обучение и получившие соответствующее удостоверение. Операторы при работе используют индивидуальные средства защиты.

## Глава 9

# МАШИНЫ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ И РЕМОНТА ДОРОГ

---

Увеличение территорий городов и поселков ведет к дальнейшему совершенствованию сети городских дорог с асфальтобетонным покрытием и расширению объемов работ по их содержанию и ремонту. Большие площади, трудоемкость и разнообразие работ, а также ограничения по времени требуют большой номенклатуры средств механизации и четкой организации выполняемых работ.

Машины для ремонта и содержания городских дорог и тротуаров можно условно разделить на три группы: для летней и зимней уборки дорог, для содержания дорожной обстановки, для ремонта дорог.

### 9.1. МАШИНЫ ДЛЯ ЛЕТНЕЙ УБОРКИ ДОРОГ

В летний сезон механизированные работы по очистке городских дорог и тротуаров делят на уборку проезжей части и труднодоступных мест, снижение запыленности и межсезонные уборочные работы. В соответствии с этим специализированными машинами (подметально-уборочными, поливо-моечными, универсальными погрузчиками и др.) осуществляют операции по подметанию, мойке, поливке дорожных покрытий, уборке мусора, очистке урн и решеток, ливневых и межсезонных грунтовых наносов, а также опавших листьев.

**Подметально-уборочные машины** предназначены для уборки дорог и тротуаров путем воздействия рабочих органов на загрязненную поверхность и подразделяются на подметальные (сдвигающие загрязнения на обочину), подметально-уборочные (с механической очисткой дорожного покрытия, сбора, погрузки в бункер, транспортировки и выгрузки смёта) и специальные подметально-уборочные вакуумного типа (с всасыванием смёта в бункер или перемещением его струей воздуха с очищаемой поверхности).

В зависимости от используемого рабочего органа подметально-уборочные машины делят на *щеточные* и *комбинированные* (щеточно-вакуумные, щеточно-пневматические). Наибольшее применение

ние имеют подметально-уборочные машины с щеточным рабочим органом типа КО и ПУ, устанавливаемые на базовом шасси автомобиля. Используемые на машинах щетки по внешнему виду различают на цилиндрические (со сплошным расположением ворса, метелкой или пучком) (рис. 9.1, а), конические (торцовые) (рис. 9.1, б) и ленточные (рис. 9.1, в). Материалом для ворса щеток служит стальная проволока или синтетическое моноволокно. Цилиндрические и ленточные щетки предназначены для подметания дорожного покрытия и подачи смёта непосредственно в бункер или на транспортирующее устройство, а конические — для подметания прилотовой зоны и подачи смёта от щетки в бункер.

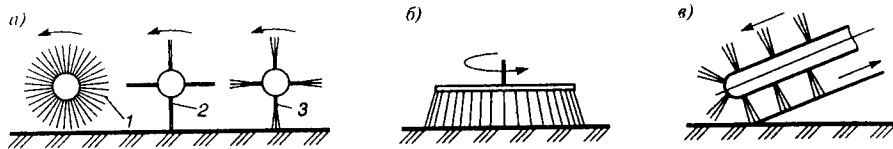


Рис. 9.1. Типы щеток

Различают подметально-уборочные машины с непосредственной подачей смёта 3 щеткой 1 в бункер 2 (рис. 9.2, а), с механической (наклонным конвейером скребкового типа 4 (рис. 9.2, б) или в комбинации его со шнеком 5 (рис. 9.2, в), или пневматической транспортировкой смёта через всасывающий рукав 7 с помощью вентилятора 6 (рис. 9.2, г, д).

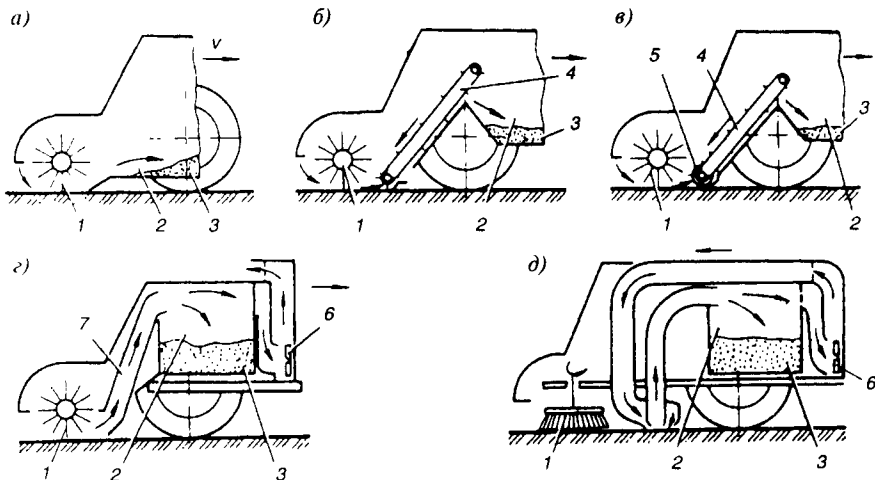


Рис. 9.2. Схемы транспортировки смёта

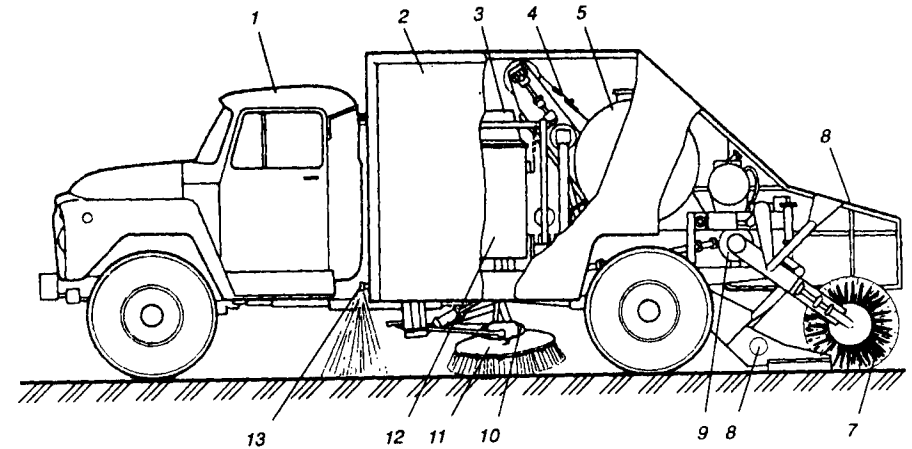


Рис. 9.3. Подметально-уборочная машина

По виду уборки загрязнений различают машины с сухим обеспыливанием (отсасывание пыли воздушной струей) и с увлажнением (форсунками от водяного насоса вихревого типа).

Подметально-уборочная машина (рис. 9.3) включает в себя базовое шасси 1, кузов 2, разделитель смёта 3, цепь со скребками 4, бак для воды 5, крышку кузова 6, цилиндрическую щетку 7, приемный короб со шнековыми питателями 8, конический 9 и червячный редуктор с гидромотором 10, лотковую щетку 11, контейнер для смёта 12 и увлажнитель 13. Кинематическая схема машины представлена на рис. 9.4.

Работа подметально-уборочной машины осуществляется следующим образом. Крутящий момент от двигателя 1 базового шасси автомобиля передается через коробки передач 2 и отбора мощности 3, карданные валы и предохранительную муфту 5, раздаточный 6 и конический 11 редукторы на цепную передачу 13 приводного вала конвейера 15 и вала шнекового питателя 12, а также на привод главной (цилиндрической) щетки 14. Второй выходной вал раздаточного редуктора приводит в действие масляный шестеренный насос 4, подающий энергию потока рабочей жидкости к гидромоторам 7, управляющим через червячный редуктор 8 работой лотковых щеток 9. Третий выходной вал раздаточного редуктора соединен с водяным насосом вихревого типа 10, обеспечивающим увлажнение зоны действия лотковых щеток. Возможное провисание цепи регулируется натяжным устройством 16.

Грязь с дорог и тротуаров смывают поливомоечными машинами, устанавливаемыми на шасси автомобилей (рис. 9.5). Основными узлами этих машин являются базовое шасси автомобиля 1, цистерна для воды 2, раздаточная коробка 3, насос для подачи воды к насад-

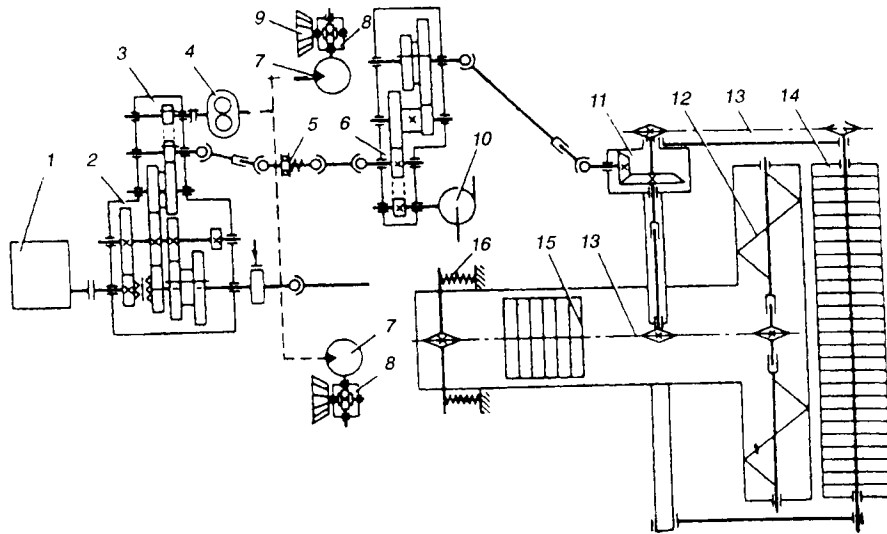


Рис. 9.4. Кинематическая схема подметально-уборочной машины

кам (форсункам) 4, а также система всасывающих и нагнетательных трубопроводов с сопутствующей арматурой и приборами. К основным характеристикам машин относится вместимость цистерны (5...11 тыс. л.), ширина мойки (5...8,5 м) с соответствующим расходом воды (0,6...1,1 л/м<sup>2</sup>). Наряду с установкой на автомобильных шасси промышленность выпускает прицепные к колесным тракторам цистерны вместимостью 5 тыс. л. с полным набором рабочего оборудования. Помимо мойки эти машины используются для снижения запыленности и изменения микроклимата при поливке дорог, тротуаров, зеленых насаждений на газонах бульваров и раздели-

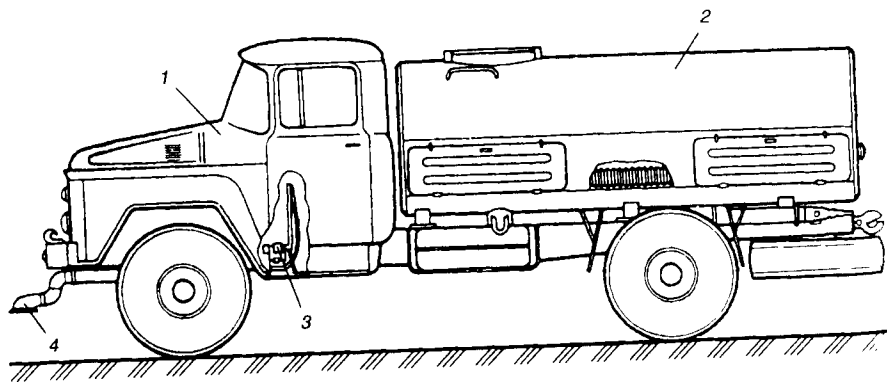


Рис. 9.5. Поливомоечная машина

тельных полос, а также при тушении пожаров и подвозе воды. Ширина полива у таких машин составляет 14...20 м при расходе воды 0,12...0,4 л/м<sup>2</sup>. Для расширения сферы применения этих машин на них может быть установлено съемное снегоочистительное (плужно-щеточное) оборудование, позволяющее использовать их в любое время года.

## 9.2. МАШИНЫ ДЛЯ ЗИМНЕЙ УБОРКИ ДОРОГ

Для обеспечения нормальных условий работы и безопасного движения автотранспортных средств и пешеходов в зимний период предусматривается проведение работ по снегоочистке проезжей и пешеходной части дорог, бульваров и тротуаров, по уборке валов и удалению снежно-ледяных образований, а также устранению гололеда. Указанные виды работ выполняют распределителями технологических материалов, плужно-щеточными и роторными снегоочистителями, а также автогрейдерами легкого и среднего типов, льдоскалывателями и снегопогрузчиками.

Распределители технологических материалов ведут обработку дорожных покрытий обычно в зимнее время года. С их помощью по снежному покрову дорог и тротуаров распределяют химические материалы, растворы которых имеют низкие температуры эвтектик. Это способствует сохранению снегом сыпучего состояния, что препятствует уплотнению и позволяет довольно легко сдвигать и сметать его с дороги основными уборочными машинами (плужно-щеточными снегоочистителями). При этом наивысший эффект достигается при качественном перемешивании реагентов со снегом, что обеспечивается большой интенсивностью движения автотранспорта или пешеходов. В качестве жидких реагентов используют растворы хлористого кальция и хлористого магния, которые распределяются после небольшой доработки поливомоечными машинами. К основным, вносимым в снег твердым сыпучим материалам, относятся пескосоляная, пескореагентная и несслеживающаяся смеси, а также реагент ХКФ в виде чешуек и гранул. Распределение сыпучих материалов по поверхности снега производится в основном с помощью вращающегося разбрасывающего диска, подача материала на который из кузова осуществляется путем перемещения кузова в наклонное положение, использования вибрационных устройств или различных конструкций шнековых, ленточных и, в основном, скребковых конвейеров.

Машины для распределения технологических материалов имеют одинаковые конструкции, устанавливаются на шасси автомобилей, имеют вместимость кузова 2,2...6,5 м<sup>3</sup>, ширину посыпки 4...10,5 м и производительность 120...237,5 тыс. м<sup>2</sup>/ч. В общем случае универ-

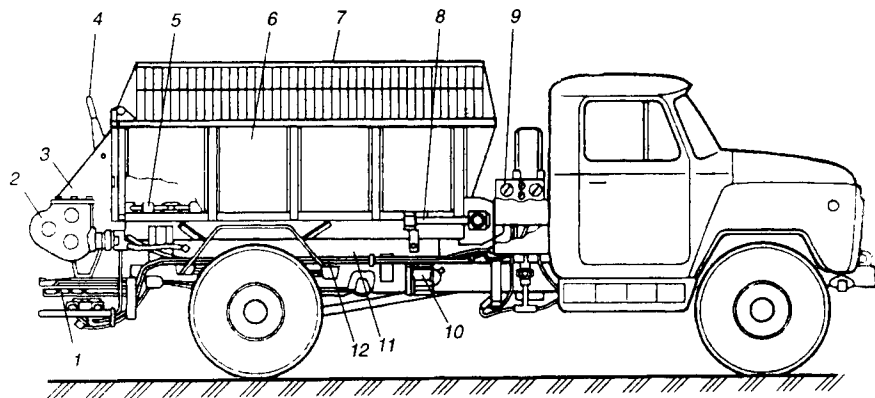


Рис. 9.6. Универсальный разбрасыватель

сальный разбрасыватель состоит (рис. 9.6) из разбрасывающего диска 1, редуктора привода конвейера 2, бункера 3, рычага шибера 4, скребкового конвейера 5, кузова машины 6, решетки 7, механизма натяжения конвейера 8, пульта управления 9, насоса 10, надрамника 11, гидросистемы 12.

Для очистки городских дорожных покрытий от снега во время и после его выпадения применяют *плужно-щеточные* снегоочистители. Работы выполняют по специальной технологии, обеспечивающей качественную очистку дорог. Вначале снежный покров обрабатывают реагентами, предотвращающими уплотнение снега колесами автотранспорта и сохраняющими его сыпучие свойства, а затем в работу включается, в зависимости от ширины дорожного покрытия односторонней полосы, несколько плужно-щеточных снегоочистителей. Они движутся друг за другом «веером» от осевой линии или разделительного бордюра дороги, причем ширина перекрываемой полосы для второй машины составляет 0,5 м, для третьей 0,35...0,4 м и т. д.

Рабочий процесс машины разделен на две операции: 1) отделение отвалом (плугом) от дороги слоя снега со сдвигом его в сторону; 2) дальнейшее разрушение и отбрасывание его в сторону цилиндрической щеткой с образованием продольных валов. При этом резиновые ножи должны иметь равномерную высоту и плотно прилегать к дорожному покрытию по длине отвала при его опускании. В соответствии с этим в зимнее время на поливомоечные, универсальные машины и пескоразбрасыватели устанавливают сменные рабочие органы, состоящие из плужного и щеточно-подметального оборудования.

Плужно-щеточные снегоочистители устанавливают в основном на шасси автомобиля или на тракторе. Плужное оборудование сне-

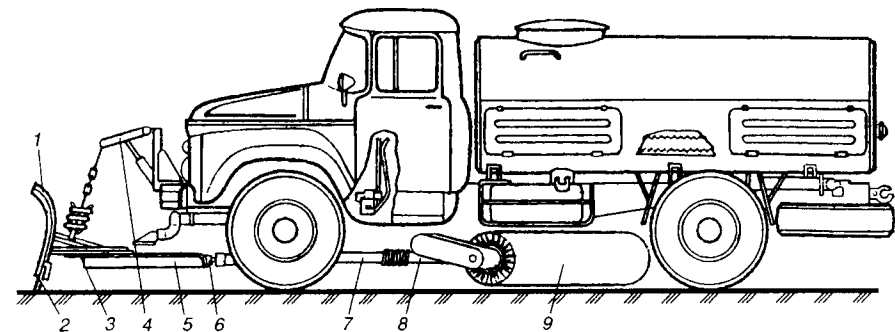


Рис. 9.7. Плужно-щеточный снегоочиститель

гоочистителя (рис. 9.7) включает в себя отвал 1 с частично радиусной поверхностью и закрепленным на нем болтами секционным резиновым ножом 2, поворотную раму 3, механизм подъема отвала 4, сцепную раму 5, соединенную с валом 6 с толкающими штангами 7 и толкающую раму 8. Отвал может устанавливаться под углом 35 и 40° в обе стороны относительно оси машины путем перестановки крепежных пальцев в отверстиях дуги поворотной рамы. Две трубчатые телескопические толкающие штанги служат амортизатором между сцепной и толкающей рамами. Подъем плуга осуществляется гидроцилиндром.

В состав подметального оборудования входит цилиндрическая щетка 9 с гидравлическим механизмом подъема-опускания, коническим редуктором, работающим через карданный вал от раздаточной коробки и цепной передачи с демфирующим устройством натяжения цепи. Все оборудование щетки закреплено на специальной раме, а ось щетки установлена под углом 60...62° к продольной оси машины.

В летнее время снегоочистители на базе тракторов могут использовать бульдозерное оборудование для работ на планировке грунта и полигонах твердых бытовых отходов.

Отечественные плужно-щеточные снегоочистители имеют ширину отвала 2160...3060 мм, ширину щетки 1600...2700 мм, диаметр щетки 500...600 мм. Они перемещаются с рабочей скоростью 11...30 км/ч и имеют производительность 15000...75000 м<sup>2</sup>/ч.

Для очистки дорожных покрытий от свежес выпавшего снега, для перемещения его валов на свободные территории (газоны площадки и т. п.), а также для погрузки снега в автосамосвалы наряду с плужно-щеточными используют *роторные* снегоочистители. В общем случае рабочий процесс этих машин состоит из отделения снега от основной массы или вала снега и сообщения последнему скорости, соответствующей длине его отбрасывания или погрузки в транспортные средства. В соответствии с этим указанные виды работ вы-

полняют отдельно двумя или одним рабочим органом совмещенного типа.

Рабочий орган совмещенного типа (рис. 9.8, а, б) представляет собой режущий снег ротор 1 или фрезерный барабан 2, которые одновременно разрабатывают, отделяют от дорожного покрытия и выбрасывают снег по направляющему патрубку 3 снег в сторону, т. е. служат метателем. Фрезерный барабан состоит из цилиндра с карманами-лопастями в средней части и навитыми по его поверхности режущими лентами. Резание и отделение стружки снега осуществляется косым профилем фрезы, выполняемой многозаходной с режущими кромками по периферии.

В раздельном рабочем органе питателем является механизм, разрабатывающий и подающий снег к метателю, а метателем — механизм, отбрасывающий его в сторону. В соответствии с этим рабочие органы и машины-снегоочистители делят на плужно-роторные (рис. 9.8, в), шнеко-роторные (рис. 9.8, г) и фрезерно-роторные (рис. 9.8, д). В качестве питателя в них используются плуг 4, шнек 5 или фреза 6, а метателем служит установленный сзади перпендикулярно к ним ротор 1. В плужном питателе снег перемещается по лобовой поверхности плуга к ротору. Шнековый питатель состоит из трубы с ленточными винтовыми лопастями правого и левого заходов и может иметь от одного до трех рабочих шнеков. Фрезерный питатель состоит из безбарабанной фрезы с ленточными ножами. В различных конструкциях машин используют один или два ротора. Изменение направления отбрасывания снега (в одну или другую сторону относительно очищаемой дороги) осуществляется реверсированием привода ротора и поворотом направляющего патрубка.

**Фрезерно-роторные** снегоочистители наиболее эффективны при разработке плотного и смерзшегося снега, а остальные на очистке дорожных покрытий от свежевыпавшего снега и уборки его подготовленных валов в прилотовых зонах.

**Шнеко-роторные** снегоочистители выпускают в основном на базе шасси автомобилей, а фрезерно-роторные на базе колесных тракторов, но могут устанавливаться и на гусеничных тракторах и специальных шасси. В общем случае шнеко-роторный снегоочи-

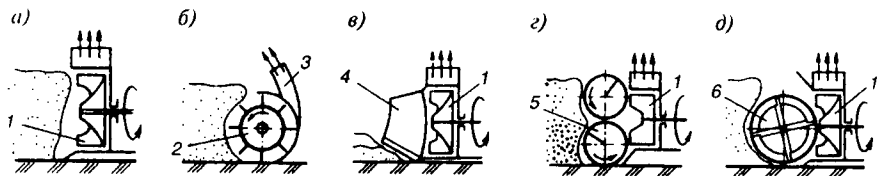


Рис. 9.8. Рабочие органы роторных снегоочистителей

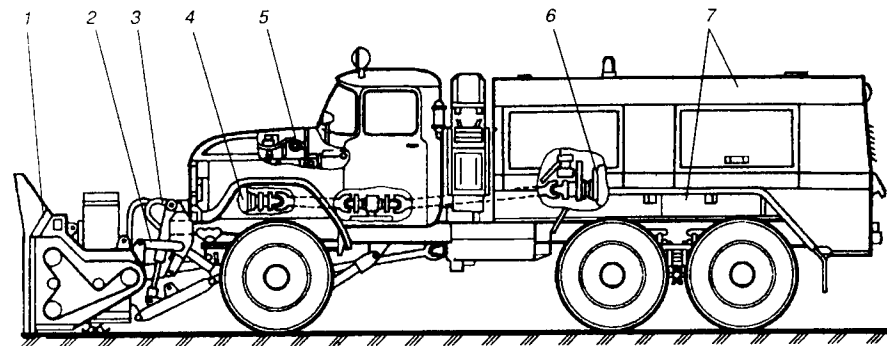


Рис. 9.9. Шнеко-роторный очиститель

тель (рис. 9.9) состоит из рабочего органа 1, его подвески 2, гидросистемы 3, привода рабочего органа 4, основной рамы автомобиля с кабиной 5, силовой установки 6 и подрамника с капотом 7. На данной машине используется один дизельный двигатель, установленный за кабиной водителя, от которого через раздаточный редуктор и систему карданных валов осуществляется привод ходового оборудования на три моста автомобиля и рабочего органа (на ротор и шнеки).

Непосредственная передача крутящего момента на шнеки происходит за счет цепной передачи, ведущая звездочка которой совмещена с муфтой предельного момента для предотвращения шнеков от перегрузок во время работы. Подъем-опускание рабочего органа и поворот направляющего патрубка производится гидроприводом.

Роторные снегоочистители имеют диаметры шнеков 450...550 мм и ротора 975...1220 мм с частотой вращения соответственно 5,03...5,9 и 5,63...7,08 с<sup>-1</sup>, при ширине захвата 2...2,8 м, высоте убираемого слоя снега 1,2...1,7 м, дальности его отбрасывания 24...31 м и рабочей скорости 0,3...7,84 км/ч обеспечивают производительность 500...1375 т/ч.

Для направленной переброски снега, укладки его в валы и погрузки в транспортные средства в городских условиях используется фрезерно-роторный снегоочиститель на тракторном шасси (рис. 9.10, а). Крутящий момент от двигателя трактора передается на коробку отбора мощности 2 и через карданные валы 3 и промежуточную опору с предохранительной муфтой 4 на ротор 5, а через конический редуктор 7 на фрезу 6 (рис. 9.10, б). Установка оборудования в рабочее или транспортное положение, поворот желоба и его козырька осуществляются с помощью гидросистемы. Для погрузки снега в транспортные средства имеется съемный поворотный желоб 1.

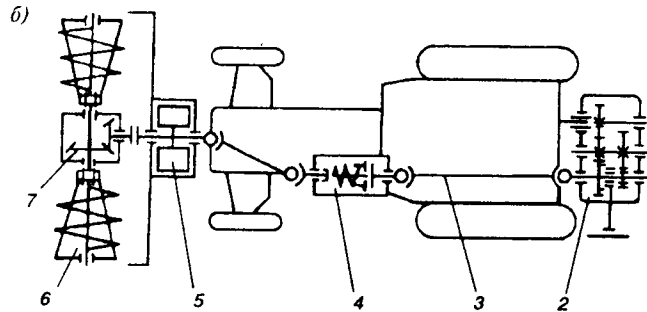
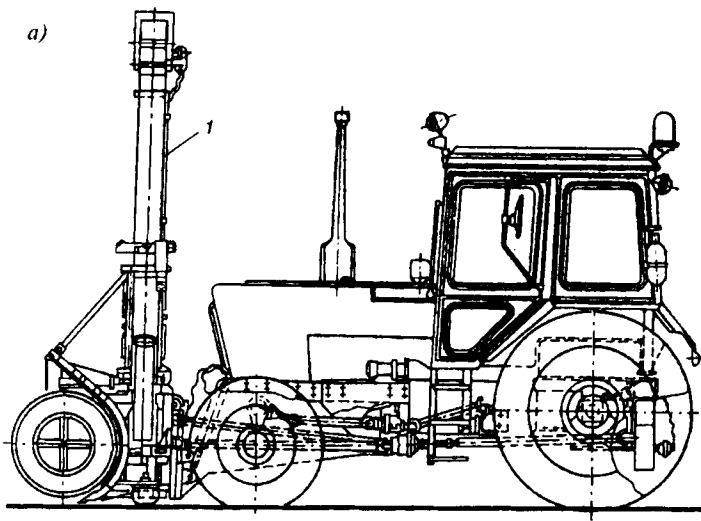


Рис. 9.10. Фрезерио-роторный снегоочиститель

Для удаления уплотненного снега и слоя льда (при использовании реагентов, снижающих силы смерзания льда с дорожным покрытием) применяют *скалывающе-рыхлительное* оборудование. По виду воздействия на скалываемую среду различают пассивные и активные рабочие органы. В качестве пассивных применяют вращающийся металлический барабан 1 с установленными на нем гребнями 2 (рис. 9.11, а) или нож бульдозерного типа 3 (рис. 9.11, б), которые сминают и отделяют уплотненные слои снега или льда с поверхности дорог и тротуаров под действием прикладываемого усилия при движении машины. Активным органом, не используемым в отечественных машинах, является нож (рис. 9.11, в), имеющий возможность совершать возвратно-поступательные движения вдоль оси.

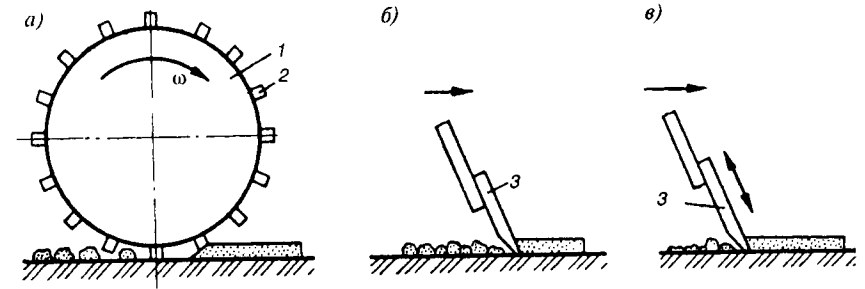


Рис. 9.11. Рабочие органы машин для удаления уплотненного снега

Скалывающее оборудование с ножевymi рабочими органами пассивного типа устанавливается на колесных тракторах, несущих плужно-щеточное снегоочистительное оборудование (рис. 9.12). На таком снегоочистителе крепятся снегоуборочный отвал 1, гидросистема 2, устройство для скалывания уплотненного снега 4, грузы 5 и цилиндрическая подметающая щетка 6. Скалывающее оборудование смонтировано между передней и задней ходовыми осями машины на Н-образной раме коробчатого сечения и состоит из двух гребенчатых ножей с двусторонней заточкой и расстоянием между ними 500 мм. Регулировка положения основной рамы машины осуществляется винтами. Предохранение металлоконструкций машины от поломок обеспечивают пружинные амортизаторы с фиксаторами.

К основным параметрам скалывающего оборудования снегоочистителей относятся длина ножей (600 мм), угол их установки в плане (90°), угол резания (60°) и максимальная высота убираемого уплотненного снега (100 мм). К достоинствам этих машин следует отнести выполнение работ не только по скалыванию снега и льда, но и по сдвиганию их отвалом и сметанию щеткой в сторону.

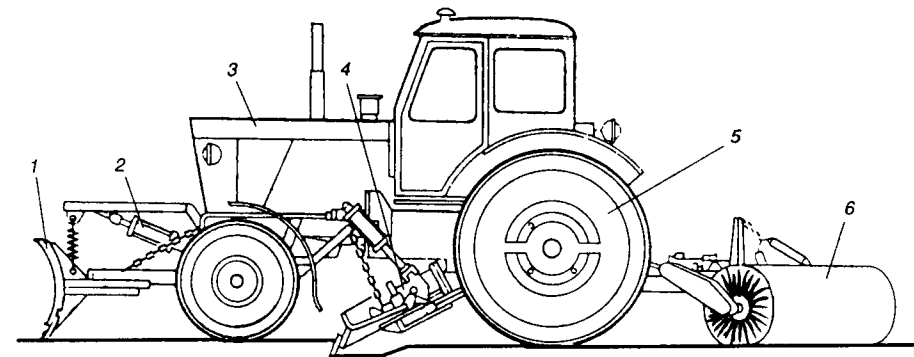


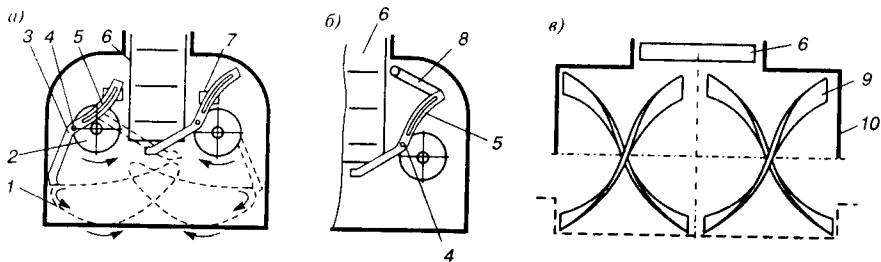
Рис. 9.12. Снегоочиститель на тракторе



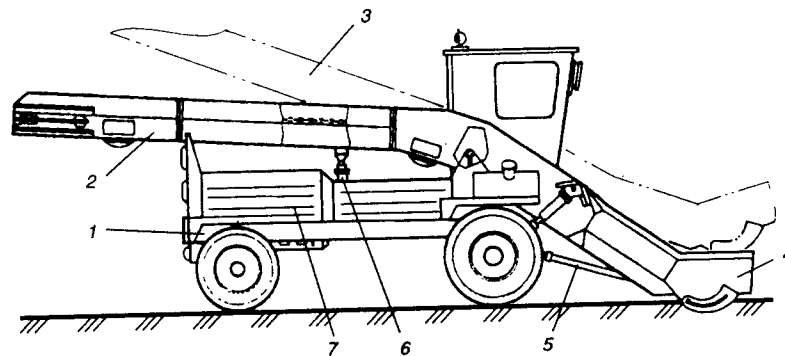
Для погрузки снега из валов в автомобили-самосвалы используют снегопогрузчики непрерывного действия, включающие в себя два основных рабочих органа: питатель для разработки и подачи снега и конвейер, который перемещает его в транспортные средства.

По конструктивному исполнению различают снегопогрузчики с лаповым или фрезерным питателем. Лаповый питатель с направляющим сухарем (рис. 9.13, а) представляет собой два идентичных захватных механизма, которые крепятся на раме рабочего органа и расположены на верхней поверхности лопаты 1 параллельно друг другу. Основными частями каждого питателя являются ведущий диск 2, на котором на эксцентрично установленной оси балансира 4 закреплена лапа 3 и балансир 5. Балансиры выполнены с П-образными пазами, которые соединены с направляющими сухарями 7, жестко закрепленными на лопате. При синхронном вращении (от привода) дисков балансиры совершают колебательные движения, а лапы питателей — захватывающие (траектория движения лап показана на рис. 9.13, а пунктиром). Следует отметить, что оба питателя работают синхронно с противоположным направлением вращения дисков с лапами, обеспечивающих попеременное захватывание из валов и куч снега и подачу его на конвейер 6. При этом движение лап питателя при отделении снега из валов и куч происходит сравнительно медленно, а при перемещении их в исходное положение (холостой ход) — ускоренно.

В современных снегопогрузчиках используют питатели, в которых балансир выполнен без направляющего паза и шарнирно соединен с качающимся рычагом 8, также жестко закрепленным шарнирно на лопате (рис. 9.13, б). Фрезерный питатель (рис. 9.13, в) включает в себя две двухзаходные (с противоположным направлением спирали) фрезы ленточного типа 9, расположенные в передней части машины симметрично относительно ее оси. Рабочий процесс при движении машины заключается в отделении снега лопастями фрезы от дорожного полотна, его перемещении с обеих сторон ко-



Р и с. 9.13. Схемы питателей снегопогрузчиков



Р и с. 9.14. Снегопогрузчик

жуха 10 к центру и подаче на конвейер и далее в транспортные средства. Транспортирование снега в автосамосвалы производится скребковым конвейером, состоящим из втулочно-роликовой цепи и штампованных скребков закрепленных по оси цепи. В последних моделях снегопогрузчиков с фрезерным питателем используют ленточные конвейеры, включающие в себя бесконечную прорезиненную ленту с закрепленными на ней скребками.

Основными элементами снегопогрузчиков (рис. 9.14) являются шасси 1, перемещающаяся гидроцилиндрами в рабочее или транспортное положение, стрела 2 с конвейером 3 и питателем с кожухом 4, привод рабочих органов 5, гидропривод 6 и силовая установка 7.

Отечественное снегопогрузочное оборудование монтируется на шасси автомобиля, на колесных тракторах, а также на специальных шасси с использованием агрегатов автомобилей. Машины выпускают с лаповыми или фрезерными питателями и скребковыми или ленточными конвейерами, ширина захвата 2,3...2,46 м, вылет стрелы конвейера 1,9...2,36 м и при рабочей скорости машины, равной 0,07...2,7 км/ч, обеспечивают производительность в 250...330 м<sup>3</sup>/ч.

Несмотря на большую номенклатуру специализированных машин, для уборки городских дорог и других территорий используют универсальные машины на шасси колесных тракторов. Они предназначены для круглогодичной работы и включают в себя комплекты плужно-щеточного, поливмоечного, разбрасывающего и роторного оборудования. При этом основное оборудование является навесным, а поливмоечное и разбрасывающее — прицепным, установленным на одноосном прицепе. Специальные машины имеют дополнительное оборудование для подрезания кустарника и изгородей из него, а также гидробуры для образования ям под посадку деревьев и установку знаков.

Для всесезонной уборки тротуаров, дорожек, дворов, площадок, терристорий промышленных предприятий и т. п. используют тротуарно-уборочные машины, установленные на базе автомобиля или на шасси специальной конструкции. Они так же, как и универсальные машины, оборудованы подметально-уборочным, плужно-щеточным и разбрасывающим устройствами и обеспечивают производительность при подметании и снегоочистке до 10 тыс. м<sup>2</sup>/ч.

### 9.3. МАШИНЫ ДЛЯ РЕМОНТА ДОРОГ

Для ремонта дорог, внутриквартальных проездов и площадок используют разнообразные машины.

Для разрушения твердых покрытий применяют в основном оборудование, устанавливаемое на тракторах, автомобилях, специальных шасси и прицепах. К ним относят пневматические и гидравлические ударные молоты для разрушения бетонных оснований дорог и фрезерные машины для срезания старого асфальтового покрытия. Наиболее эффективными в настоящее время являются гидромолоты с частотой 100...180 ударов в минуту, энергией удара 10...20 кДж, массой до 2 т и производительностью до 250 м<sup>2</sup>/ч. Во фрезерных машинах рабочий орган состоит из полого вала с держателями, несущими сменные зубья из износостойкой стали. Глубина фрезерования достигает 40 мм. Для снижения усилия резания асфальтобетонное покрытие разогревают горелками с инфракрасным излучением. При укладке или замене бортового камня используется навесное на экскаватор оборудование, состоящее из металлического зуба (для отрыва камня от основания), клещевого захвата (для укладки, погрузки или разгрузки камня) и узкого ковша (для прокладки и подчистки траншеи под камень). Транспортировка вяжущих материалов, используемых при ремонте городских дорог, обеспечивается автобитумовозами и гудронаторами.

Автобитумовозы предназначены для доставки холодного битума и разогрева его в цистерне до заданной температуры на месте использования, а также для доставки разогретого битума с сохранением его температуры (до +200°С) без подогрева. Рабочее оборудование устанавливается на базе автомобилей. В настоящее время используют машины, имеющие вместимость цистерны 7...15 тыс. л, скорости нагрева битума 10...25°С/ч и скорости передвижения в загруженном состоянии 68...85 км/ч, а также время опорожнения цистерны от битума от 5 до 15 мин.

В общем случае автобитумовоз (рис. 9.15, а) состоит из базового шасси 1, цистерны 3, смонтированной на раме полуприцепа 8, битумного шестеренного насоса, приводимого в действие от основно-

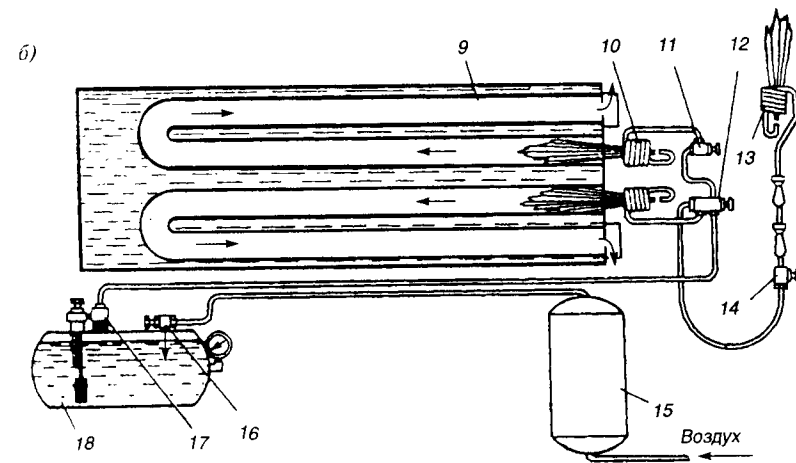
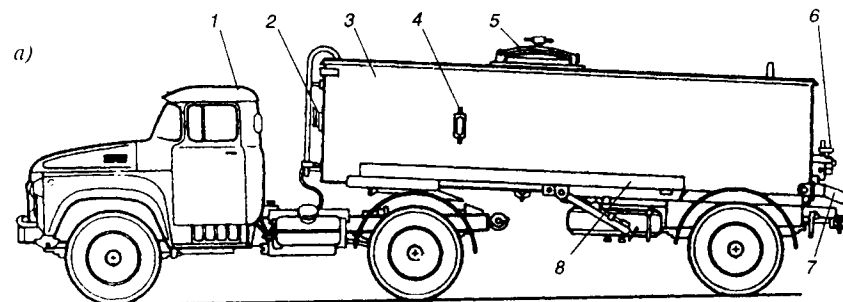


Рис. 9.15. Автобитумовоз

го двигателя через коробку отбора мощности, трубопроводов наполнения и опорожнения цистерны, а также отопительной системы. Цистерна имеет эллиптическую форму с термоизоляцией между внутренней и наружной облицовкой. В передней торцевой части цистерны установлен указатель уровня материала 2, на боковой ее стороне для контроля за состоянием материала — термометр 4, сверху расположен загрузочный люк 5, а на задней торцевой части цистерны — горелка 6 и сливной трубопровод 7. Отопительная система (рис. 9.15, б) предназначена для поддержания требуемой температуры материала во время транспортировки и состоит из жаровых труб 9, установленных внутри цистерны, стационарных 10 и переносной 13 горелок с распределительным вентилем 12, вентилями стационарной 11 и переносной 14 горелок, емкостью для воздуха 15, вентилем 16 и топливным баком 18 с вентилем 17. Топливо (обычно керосин) впрыскивается горелками в жаровые трубы и, сгорая, нагревает перевозимый материал.

Оборудование автобитумовоза может крепиться и на шасси базового автомобиля. Автобитумовоз на полуприцепе к тягачу представляет собой цистерну 6300 л, у которой нет битумного насоса и ее заполнение ведется через верхний люк, а выдача материала — самотеком через кран с запорным устройством.

*Автогудронаторы*, в отличие от автобитумовозов, оборудованы системой распределения вяжущих материалов в соответствии с заданной нормой розлива. Автогудронаторы выпускают с установкой рабочего оборудования на раме автомобиля или на полуприцепе к автомобилю. Вместимость цистерн составляет 3500...7000 л, ширина распределения материала 4...7 м при норме розлива 0,3...0,7 л/м<sup>2</sup>, а скорость нагрева битума 15...25°С/ч. Распределитель представляет собой трубу квадратного сечения, на нижней поверхности которой установлены обычно через 190 мм форсунки для нанесения вяжущих материалов на дорожное покрытие. На ряде машин для привода битумного насоса используют дополнительный двигатель.

Наряду с автогудронаторами при проведении ремонтных работ на городских дорогах для поверхностной обработки асфальтобетонных покрытий методом пропитки и полупропитки используют специальные машины, предназначенные для заделки трещин в дорожных покрытиях битумом, имеющие, помимо оборудования автогудронатора, поворотные бункеры для песка, необходимые для заполнения трещин, или прицепной щебнераспределитель.

Для обеспечения текущего ремонта твердых покрытий применяют и специальные машины — *ремонтёры* различных видов. Универсальный ремонтёр (рис. 9.16) имеет рабочее оборудование, смонтированное на шасси базового автомобиля 1. В специальном кузове 2 размещены бункер-термос 3 для горячего асфальта с гидросистемой

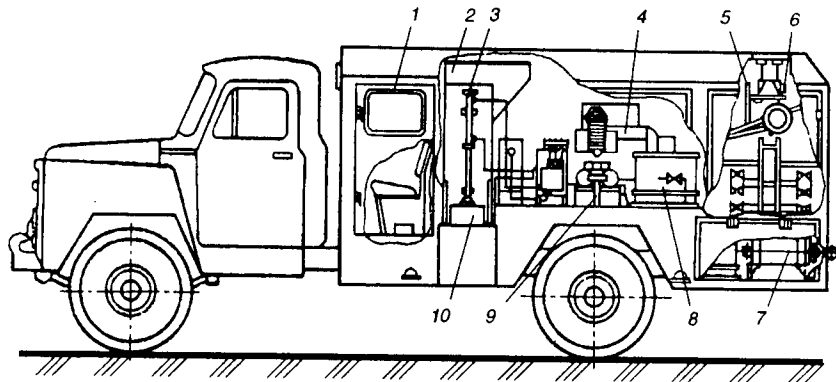


Рис. 9.16. Универсальный ремонтёр

управления 4, электрогенератор 5 и компрессор 9, битумный бак 8 и затвор 10 для выгрузки материалов, а также рабочее оборудование, состоящее из ручной тали 6, ручного вибротатка 7, электрического утюга, электромолотков, электротрамбовок и электроразогревателя. Ремонтруемый участок очищают, вырубают непригодные места, удаляют старый слой покрытия, смазывают участок битумом и укладывают свежую асфальтобетонную смесь. После ее уплотнения спайку нового и старого слоев обрабатывают электроутюгом по контуру участка, обеспечивая однородность стыковочного шва.

Для устранения деформаций, трещин, колеиности и износа поверхностного слоя покрытий на значительных участках дорог и для восстановления асфальтобетонных покрытий улиц широко используют *машины, работающие по методу «репаве» и «ремикс»*. По первому методу подлежащее восстановлению асфальтобетонное покрытие разогревают горелками инфракрасного излучения, разрыхляют, а затем распределяют по всей ширине ремонтруемой поверхности новую горячую асфальтобетонную смесь, после чего формируют полосу профилируют и уплотняют. При этом формируется новое монолитное покрытие, состоящее из двух слоев: нижнего из старого асфальтобетона с частично утратившим свои свойства битумом и верхнего из новой смеси, который после уплотнения приобретает все свойства вновь уложенного покрытия. Такой метод позволяет получить покрытия толщиной до 100 мм с экономией по новой смеси до 60% (рис. 9.17). Второй метод отличается тем, что разогретый и разрыхленный материал старого покрытия и новая смесь перед совместным уплотнением принудительно перемешива-

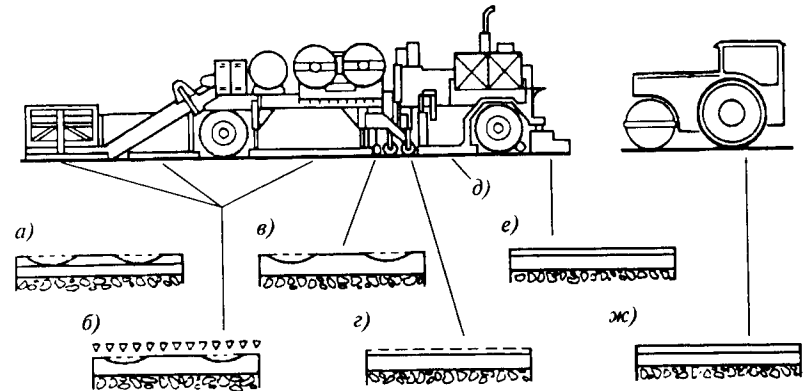


Рис. 9.17. Схема работы методом «репаве»:

а — состояние до ремонта; б — нагревание; в — взрыхление; г — планировка; д — повторное нагревание; е — добавка смеси и внедрение ее в покрытие; ж — готовое уплотненное дорожное покрытие

ются. Качество восстановленного покрытия при этом методе несколько ниже, но само покрытие более однородно по своему составу.

Машина, работающая по методу «ремикс» (рис. 9.18) состоит из рамы на специальном колесном шасси 7 с двумя ведущими и управляющими мостами 10, бункера 1 для приема свежей асфальтобетонной смеси, резервуаров 5 для сжиженного газа, обеспечивающих большое количество горелок в нагревательных блоках 2 и 15, расположенных в нижней части бункера и за ним, после переднего и перед задним мостом, дизельного двигателя 6, гидросистемы привода лопастного смесителя 16 и рабочих органов.

Поврежденный или заменяемый участок покрытия дороги разогревают горелками с большой тепловой мощностью и разрушают с помощью рыхлителя 14 грабельного типа, состоящего из пяти рядов стальных зубьев с наконечниками из твердого сплава. Зубья объединены на ряде секций, имеющих возможность подниматься и опускаться по отдельности. Разрыхленный материал покрытия разравнивается средним шнеком 13 и равномерно распределяется по ширине обрабатываемой полосы, достигающей 3,75 м. Отвал 12, расположенный за шнеком, планирует разрыхленный и распределенный материал. Для дополнительного нагрева разрыхленного и спланированного материала покрытия до температуры, обеспечивающей его качество при перемешивании со свежей смесью, служит нагревательный блок 11, расположенный перед задним мостом. При этом свежая смесь из приемного бункера подается скребковым наклонным питателем 3 к лопастному смесителю, куда шнековым питателем одновременно подаются для смешивания куски взломанного изношенного покрытия. Перемешанная смесь поступает к заднему распределительному шнеку 9, установленному за мостом машины, уплотняется трамбуемым брусом 8 и выравнивается выглаживающей плитой. Регулирование количества смеси, посту-

пающей на питатель или для укладки на обрабатываемый участок из бункера-дозатора 4, осуществляется заслонкой. Следом за машиной для окончательного уплотнения асфальтобетонной смеси следуют катки.

В качестве рыхлителя на машинах других типов используют барабаны с резцами, расположенными в шаговом порядке или по винтовой линии. Привод барабанов осуществляется с малой частотой вращения. Производительность машин такого типа достигает 300 м<sup>2</sup>/ч.

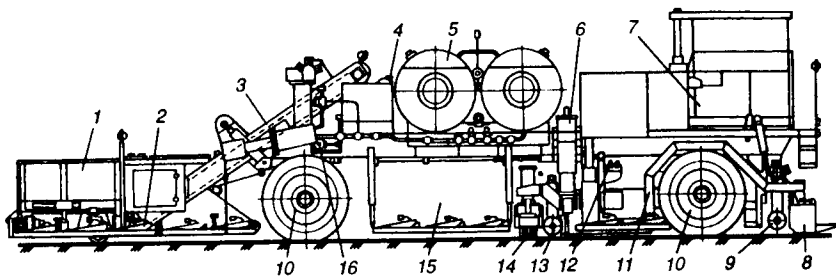


Рис. 9.18. Машина, работающая по методу «ремикс»

# АВТОМАТИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

### 10.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Существенное повышение эффективности строительного производства обеспечивается путем постоянного совершенствования технологии, организации, управления и используемого оборудования. Одновременно основное значение в указанных видах работ приобретает не только механизация, но и автоматизация и роботизация строительного производства.

Механизация и автоматизация строительного производства также постоянно совершенствуются, так как дают возможность увеличивать темпы строительства, снижать трудоемкость и стоимость работ, повышать их качество, улучшать и облегчать условия труда обслуживающего персонала, обеспечивать безопасность выполняемых работ, перейти к завершению полной механизации тяжелых и трудоемких процессов и от механизации отдельных простых процессов строительства к комплексной их механизации и автоматизации. В соответствии с этим в строительстве различают механизированные, комплексно-механизированные и автоматизированные виды работ.

При **механизированных работах** основные операции выполняются с помощью машин, оборудования, установок и инструментов, имеющих механический, электрический, пневматический, гидравлический и комбинированные приводы. Например, наиболее трудоемкая операция технологического процесса по отрывке грунта при производстве земляных работ выполняется экскаватором.

При **комплексно-механизированных работах** все основные и вспомогательные тяжелые и трудоемкие операции и процессы механизированы. В этом случае все машины, оборудование и другие средства механизации должны быть взаимосвязаны по производительности и обеспечивать заданный ведущей машиной темп работ при наивысших технико-экономических показателях. Например, при производстве земляных работ экскаватором выполняется отрывка грунта, автосамосвалом — его транспортирование, а бульдо-

зером, автогрейдером и уплотняющей машиной (катком, трамбовкой) — зачистка, разравнивание, планирование и уплотнение грунта. При этом в указанном комплекте машин экскаватор является ведущей, а остальные — вспомогательными машинами. Так как существующие типы и типоразмеры машин не всегда могут обеспечить полное соответствие их производительности сменному потоку работ, то необходимо всегда выявлять образующийся между ними разрыв и подбирать такое сочетание, при котором не полностью используются только наиболее дешевые в эксплуатации машины или же ввод этих машин осуществлять на определенных этапах работ.

**Автоматизация производственных процессов** включает в себя понятия «автоматика» и «автоматизация», которые не следует отождествлять. Автоматика — отрасль науки и техники, разрабатывающая теорию и методы автоматизации производственных процессов, а автоматизация — это применение технических средств автоматики, освобождающих человека частично или полностью от непосредственного участия в производственном процессе.

При автоматизированных процессах различают частичную, комплексную и полную автоматизацию.

**Ч а с т и ч н а я а в т о м а т и з а ц и я** предусматривает применение автоматического оборудования, приборов и устройств на отдельных, преимущественно основных производственных операциях. Большинство строительных машин и оборудования оснащено такими приборами и устройствами для отключения или ограничения действия машин и их рабочих органов, учета работы, регулирования скорости движения рабочих органов, траектории их движения (глубина копания траншей с заданным уклоном для землеройно-транспортных машин, подача сборных элементов к месту их установки по кратчайшему пути для монтажных кранов и др.) и т. д.

**К о м п л е к с н а я а в т о м а т и з а ц и я** предусматривает применение системы связанных в единую технологическую линию отдельных агрегатов, машин, приборов и устройств, осуществляющих все (как основные, так и вспомогательные) операции производственного процесса. При этом оператором или машинистом выполняются только операции пуска и остановки, а поддержание заданных параметров производственного процесса во всех его звеньях происходит автоматически.

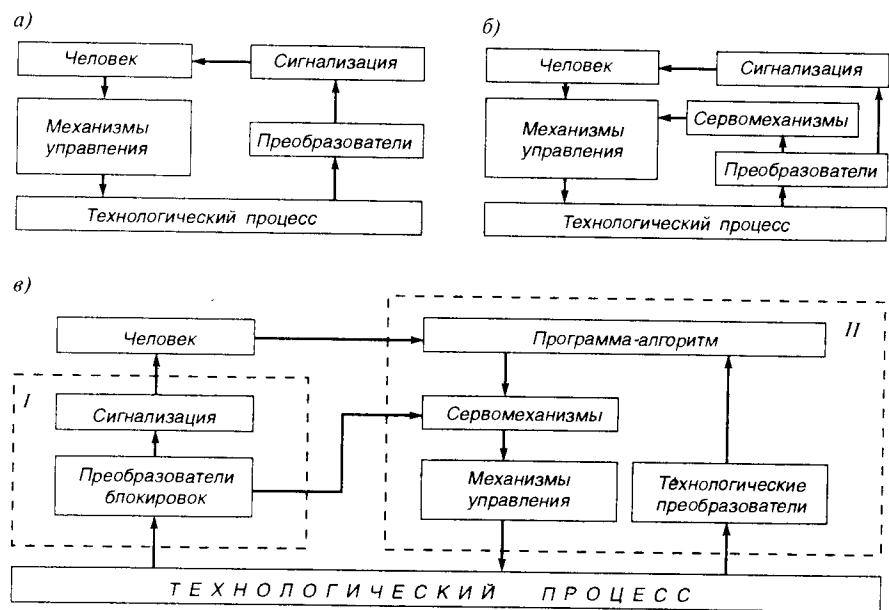
**П о л н а я а в т о м а т и з а ц и я** позволяет выполнять не только все основные и вспомогательные производственные операции, но и полностью осуществлять автоматическое управление и контроль за процессами, в том числе изменение по заданной программе параметров и вида продукции.

В строительстве и промышленности строительных материалов автоматизированы производственные процессы на асфальто- и цементобетонных заводах, заводах железобетонных изделий и домо-

строительных комбинатах, а также на строительных, дорожных машинах и оборудовании при выполнении отдельных, обычно основных, операций.

Средства автоматизации разделяют на устройства управления, защиты, регулирования и контроля. В каждой строительной и дорожной машине используются различные комбинации указанных видов устройств, однако основным направлением является автоматизация управления рабочими органами. Управление по степени участия в нем человека можно разделить на неавтоматическое, автоматизированное и автоматическое. При этом следует отметить, что в последнее время существенно изменилась аппаратура управления, используемая в строительных и дорожных машинах. Рассмотрим указанные системы управления и общие понятия автоматизации производственных процессов.

Неавтоматическое управление машиной бывает ручное и механизированное. В первом случае человек сам определяет необходимые действия по управлению технологическим процессом, осуществляет и контролирует их визуально или по показаниям простейших приборов. Во втором случае технологический процесс (рис. 10.1, а) управляется с помощью исполнительных механизмов, использующих дополнительную энергию (электрическую, сжатого воздуха или рабочей жидкости). При этом приборы через соответ-



Р и с. 10.1. Структурная схема систем управления

ствующие преобразователи только информируют человека о нарушениях технологического процесса.

При автоматизированном управлении (рис. 10.1, б) часть операций технологического процесса осуществляется механизмами управления без участия человека. В этом случае сигналы преобразователей о нарушениях технологического процесса принимаются не только приборами сигнализации, но и сервомеханизмами. Последние, воздействуя самостоятельно на механизмы управления, могут остановить действие рабочего органа или всей машины. На долю человека приходится работа по устранению неисправности и повторного запуска машины в работу.

Автоматическое управление (рис. 10.1, в) предусматривает управление по командам преобразователей или программного механизма. Эта система состоит из двух основных частей: контролирующей I и управляющей II. При таком управлении человек занят только предварительной установкой определенной программы (алгоритма), устранением неполадок по сигналам преобразователей (регулировка и ремонт механизмов), а также пуском машины в работу или ее отключением. Так, в смесительных установках смеси различных марок готовятся каждая по своей технологии. Алгоритм технологического процесса для каждой марки смеси закладывается в память программного механизма, который и управляет последовательностью выполняемых операций от начала и до окончания каждого цикла в течение смены. При этом человек только устанавливает код требуемой программы управления для получения необходимой марки смеси. Запуск в работу и остановка машины при той системе управления осуществляются в определенной последовательности: при пуске электрическая цепь каждого двигателя предыдущего рабочего органа машины может быть включена только после пуска электрической цепи двигателя последующего рабочего органа и наоборот — при отключении машины. Таким образом, рассмотренное управление технологическими процессами осуществляется системой автоматического управления (САУ), представляющей совокупность взаимодействующих между собой управляемого объекта и управляющего устройства без непосредственного участия человека и независимо от его квалификации. Автоматическое управление может быть местным и дистанционным и управлять работой одного или нескольких объектов (установок, машин, оборудования). Разновидностью автоматического управления является система автоматического регулирования (САР), поддерживающая постоянство или изменение по требуемому закону физической величины, характеризующей управляемый процесс. Здесь же следует отметить, что наряду с управлением и регулированием, в машинах используется и система автоматического контроля (САК) за состоянием объекта (узлов машины), за характером протекания техноло-

гического процесса или достижением предельных значений параметров как в машине и ее узлах, так и в готовой продукции (строительные материалы, сооружения).

Автоматизированное и автоматическое управление производственными процессами преимущественное распространение получило на предприятиях по изготовлению асфальтобетонных и цементобетонных смесей, а также при изготовлении серийных железобетонных изделий (плит, колонн, блоков и т. д.). Однако автоматизация все шире применяется в строительных и дорожных машинах при выполнении как отдельных операций, так и различных их комбинаций. В большой степени этому способствует широкий перевод большинства рассматриваемых машин на гидравлические, в основном объемные гидросистемы управления рабочими органами. В отличие от механических эти системы позволяют снизить металлоемкость, эффективней использовать возможности регулирования положения рабочих органов или самой машины в пространстве и обеспечить повышение качества выполняемых работ и производительности.

В соответствии с этим в настоящее время для землеройных (одноковшовые, многоковшовые, цепные экскаваторы и т. п.), землеройно-транспортных (скреперы, бульдозеры, автогрейдеры и т. п.) и дорожных (катки, асфальто- и бетоноукладчики) машин, а также для стреловых самоходных и башенных кранов разработаны и внедряются микропроцессорные системы управления, регулирования, диагностики и безопасности.

При этом следует отметить особенности устройства и работы большого разнообразия и различного назначения строительных машин, которые должны быть положены в основу при разработке соответствующих систем управления. В строительных машинах, особенно в землеройно-транспортных и дорожных, необходимо управлять одновременно несколькими параметрами, такими как курс машины, продольный и поперечный уклон, оптимальная нагрузка приводного двигателя при минимальном расходе топлива, подача и температура укладываемых материалов, осуществлять независимое регулирование в многоконтурных системах, компенсировать воздействия на объекты управления нагрузок от неровности поверхности земли и дороги, неоднородности разрабатываемой среды и распределяемых технологических материалов, температуры окружающего воздуха и скорости ветра, регулировать параметры в широком диапазоне времени (от долей секунды до нескольких часов) и т. д. Помимо этого для выбора требуемых параметров в машинах необходимо использовать специальные бортовые микроЭВМ.

В связи с развитием комплексной автоматизации в последнее время большое распространение в строительстве получают роботы и различные манипуляторы. Под *манипулятором* понимают меха-

низм, осуществляющий под управлением оператора действия, аналогичные действиям руки человека. Строительный манипулятор не имеет в своей системе управления никаких вычислительных устройств. Однако для обеспечения ориентационного управления (т. е. точного позиционирования) в состав строительного манипулятора могут входить различные информационно-измерительные устройства (лазерные, телевизионные, радиоанализаторные). *Строительный робот* — это манипулятор с системой автоматического управления, программирование которым осуществляется посредством специальной рукоятки управления.

## 10.2. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

Автоматические системы, используемые в строительных машинах и оборудовании для контроля, регулирования и управления, можно классифицировать по ряду признаков.

По характеру алгоритма управления различают системы по *разомкнутому и замкнутому* (с обратной связью) *циклам*, а также *комбинированные системы*. В первом случае в системе отсутствует обратная связь и управление является жестким. В такой системе (рис. 10.2, а) задающий сигнал  $X$  поступает в управляющее устройство  $УУ$ , из которого сигнал управляющего воздействия  $УВ$  направляется к объекту управления  $ОУ$  для получения выходных координат  $Y$  с учетом возможного воздействия сторонних помех  $F$ . При управлении по замкнутому циклу (рис. 10.2, б) в случае отклонения выходного параметра от заданного значения сигнал возвращается объектом управления на управляющее устройство для корректировки. Такие системы работают с изменяемой структурой и законом управления. Комбинированное управление (рис. 10.2, в) характеризуется наличием в системе обратной связи и резервного управляющего устройства, подключаемого параллельно первому через элемент сравнения (анализатор). Установленные на схемах знаки «плюс» и «минус» характеризуют положительные или отрицательные значения задающего воздействия.

Устройства обратной связи объединяют под понятием «регуляторы», которые различают как регуляторы

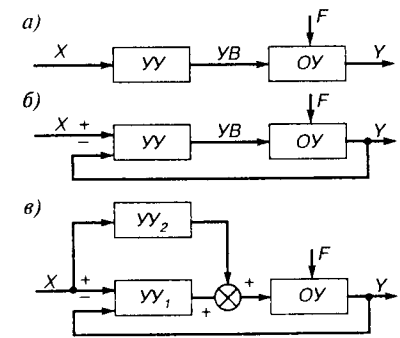


Рис. 10.2. Системы автоматического управления:

- а — по разомкнутому циклу;
- б — по замкнутому циклу;
- в — по комбинированной схеме

*прямого* (использующие энергию объекта) и *непрямого* (требующие дополнительного электроснабжения — усилителя) *действия*. В зависимости от числа каналов обратной связи различают *одноконтурные* и *многоконтурные системы*. В последних всегда более одной замкнутой цепи воздействия.

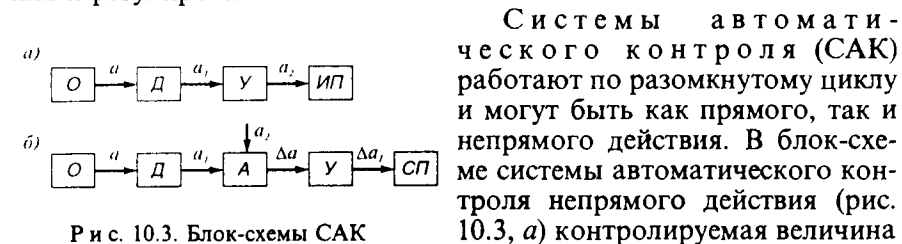
По характеру применяемых сигналов различают *непрерывные* и *дискретные* (импульсные, релейные) *системы*.

По характеру изменения сигналов датчика системы делят на стабилизирующие, программного управления и следящие. В *стабилизирующих системах* по поступающим постоянным сигналам выходные параметры поддерживаются практически с постоянными значениями (например, стабилизация температуры двигателя). В *системах программного управления* сигналы из задающего устройства меняются по заранее установленным законам и выходные параметры также изменяются во времени и пространстве. В *следящих системах* значения заранее неизвестны и из блока задающего устройства поступают случайно изменяющиеся сигналы, измеряемые соответствующими датчиками. Эти системы, в свою очередь, делятся на автономные, копирующие и комбинированные.

По количеству выходных параметров различают *одномерные* и *многомерные системы*.

По расположению измерительных и сигнальных устройств относительно управляемого объекта и по его расположению относительно пульта автоматического контроля и управление разделяют на местные и дистанционные. *Местный контроль и управление* наибольшее распространение получили в передвижных, в том числе в строительных машинах. *Дистанционный контроль и управление* используют при одновременной работе с несколькими машинами или для приближения его к месту выполнения технологических операций рабочим органом машины. При этом значительно увеличивается роль каналов связи, осуществляющих передачу сигналов на расстояние. В качестве каналов связи используются механические, гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные (смешанные) передачи.

Для лучшего усвоения материала рассмотрим блок-схемы основных автоматических систем, используемых для контроля, управления и регулирования.



Р и с. 10.3. Блок-схемы САК

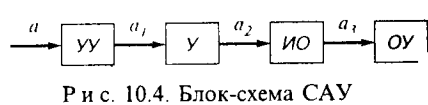
а с объекта О, осуществляющего производственный процесс, подается на датчик Д, передающий сигнал  $a_1$  дальше на усилитель У, от которого сигнал  $a_2$  поступает на измерительный преобразователь ИП. При использовании в качестве конечного элемента сигнального преобразователя (рис. 10.3, б) система автоматического контроля усложняется. В этом случае контролируемая величина  $a$  объекта О также подается на датчик Д. Однако в дальнейшем сигнал  $a_1$  от датчика поступает в сравнивающее устройство (анализатор) А. В анализаторе происходит сравнение сигнала  $a_1$  с сигналом  $a_2$ , который должен быть равен сигналу  $a_1$  в соответствии с заданным значением величины  $a$ . При несовпадении сигналов  $a_1$  и  $a_2$  анализатор посылает сигнал  $\Delta a$  об отклонении контролируемой величины  $a$  от заданного параметра. После прохождения усилителя У сигнал  $\Delta a_1$  поступает на сигнальный преобразователь СП. В отличие от рассмотренных схем автоматического контроля в системах прямого действия отсутствует усилитель.

По числу контролируемых величин различают единичный и множественный автоматический контроль, в одном из которых осуществляется контроль только одного параметра рабочего процесса и только в одном месте, а во втором — контроль нескольких параметров или одного параметра в нескольких местах при выполнении определенного технологического процесса. Множественный контроль, в свою очередь, делится на параллельный, последовательный и смешанный, представляющий сочетание из двух основных. При параллельном контроле используется необходимое количество каналов, обеспечивающих контроль всех измеряемых параметров во всех местах их расположения. Последовательный контроль позволяет получить информацию от нескольких датчиков к одному сигнальному преобразователю или же датчик имеет возможность перемещаться поочередно к различным местам получения информации.

Системы автоматической защиты (САЗ) также работают по разомкнутому циклу и в большинстве случаев являются системами непрямого действия, так как для подачи звуковых и световых предупреждающих сигналов, а также для отключения энергоснабжения машины или отдельных ее узлов мощность сигнала, получаемого от датчика, недостаточна. В отличие от блок-схемы системы автоматического контроля здесь в конце цепи обычно используют реле или контактор, отключающие управляющие цепи привода объекта, а также применяют параллельное включение различных датчиков на один сигнальный прибор или устройство релейной защиты.

Системы автоматического управления (САУ) в основном работают по разомкнутому циклу, так как не получают





Р и с. 10.4. Блок-схема САУ

информацию о действительном протекании технологического процесса, и практически всегда являются непрямого действия. В блок-схеме этого управления

(рис. 10.4) задающий сигнал  $a$  поступает в управляющее устройство УУ, из которого сигнал  $a_1$  о необходимости управления объектом поступает в усилитель У. Усиленный сигнал  $a_2$  поступает в исполнительный орган ИО, оказывающий требуемое воздействие  $a_3$  на объект управления ОУ.

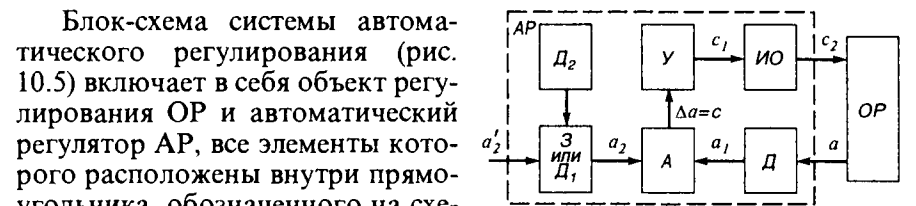
Автоматическое управление бывает непрерывным и дискретным, по количеству управляемых объектов — единичным и множественным, а также местным и дистанционным. Примером местного единичного управления является работа однозубого рыхлителя по заданной программе. Дистанционное множественное управление широко используется в асфальто- и цементобетонных установках и заводах. В основном это программное управление различными технологическими процессами.

Системы автоматического регулирования (САР) являются разновидностью автоматического управления и предназначены для сопоставления действительного значения параметров выполняемого процесса с заданным и с дальнейшим управлением объектом в зависимости от результатов сопоставления (т. е. управление с использованием информации о результатах управления).

В соответствии с этим система автоматического регулирования осуществляет не только управление объектом, но и одновременный контроль за его правильной работой. Следует также отметить, что в системах автоматического регулирования рассматривается совместная работа регулируемого объекта и регулирующих устройств.

К регулирующим устройствам относятся автоматические регуляторы, позволяющие без участия человека выдерживать заданные параметры с требуемой степенью точности. Так как автоматический регулятор воздействует на регулируемый объект, а регулируемые параметры воздействуют на регулятор, вызывая в нем требуемое управляющее воздействие, цепь воздействия оказывается замкнутой и система работает с обратной связью.

В соответствии с используемой, по характеру изменения сигналов датчика, системой (стабилизирующая, программная, следящая) изменяется и состав автоматического регулятора. Однако в общем случае блок-схема практически не изменяется. Рассмотрим состав и работу блок-схемы системы автоматического регулирования для ее различных видов.



Р и с. 10.5. Блок-схема САР

Блок-схема системы автоматического регулирования (рис. 10.5) включает в себя объект регулирования ОР и автоматический регулятор АР, все элементы которого расположены внутри прямоугольника, обозначенного на схеме пунктиром. Регулируемый параметр  $a$  поступает из объекта регулирования ОР на датчик Д, откуда сигнал  $a_1$  поступает в анализатор А, где сопоставляется с заданным значением регулируемого параметра  $a_2$ . При значительном расхождении параметров  $a_1$  и  $a_2$  анализатор подает о полученной разнице сигнал  $\Delta a = c$  в усилитель У. Усиленный сигнал  $c_1$  поступает в исполнительный орган ИО, изменяющий рассогласованный сигнал и передающий отрегулированное воздействие  $c_2$  на объект регулирования ОР.

При различных видах систем автоматического регулирования в них вводятся дополнительные устройства.

В стабилизирующей САР вводится задатчик З, подающий постоянный сигнал  $a_2$  (соответствующий такому сигналу  $a_1$ , который появляется в датчике Д при соразмерности регулируемого параметра  $a$  заданному постоянному значению) в анализатор А.

В программной САР сигнал  $a_2$ , изменяющийся по заданному закону во времени, подается в анализатор А также от задатчика З. Однако для перемещающихся во время работы машин, регулируемые параметры которых изменяются по заданной функции пути, сигнал датчика связан с длиной пройденного пути, измеряемого дополнительным датчиком времени или пройденного пути Д<sub>2</sub>.

В следящей САР вместо задатчика используется дополнительный датчик Д<sub>1</sub>, измеряющий значение внешней переменной величины  $a_2$ , в соответствии с которой регулируется параметр  $a$ .

Различают САР прямого и непрямого действия, непрерывные и дискретные, одно- и многоконтурные и т. д.

Наряду с вышерассмотренными, в системе автоматического регулирования используется и *самонастраивающаяся* (адаптивная) система, определяющая путем автоматического поиска такое значение регулируемого параметра, которое обеспечивает наиболее выгодный режим работы регулируемого объекта при изменяющихся условиях его работы.

В качестве рабочих элементов в автоматических системах управления, регулирования, контроля и защиты используются датчики и устройства контроля и регулирования, усилители, микропроцессоры и исполнительные механизмы.

### 10.3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Внедрение в нашей стране Государственной системы приборов (ГСП) позволило наладить выпуск датчиков, преобразователей, исполнительных механизмов и других устройств и средств автоматизации с унифицированными входными и выходными параметрами.

Все изделия ГСП составляют четыре основные группы, в каждую из которых входят определенные устройства.

К *первой группе* относятся средства получения информации о состоянии объектов управления, регулирования и контроля. Эти средства включают в себя измерительные элементы (датчики) и состоят из первичных измерительных (для перевода любого контролируемого параметра в физическую величину — усилие, напряжение, силу тока и т. п.) и нормирующих (для перевода выходного сигнала в унифицированный) преобразователей.

*Вторая группа* представлена средствами приема, переработки и дальнейшей передачи информации, полученной от измерительных элементов, а также для преобразования и передачи управляющих команд. Эта группа представляет собой усилители сигналов, каналы связи, преобразователи и сравнивающие устройства (преобразующие устройства) и состоит из устройств телемеханики, телеуправления, телесигнализации, шифраторов, дешифраторов, согласования и др.

В *третью группу* входят средства получения информации о задачах автоматического управления, регулирования и контроля. Они включают в себя запоминающие и программные устройства, выполненные на базе микропроцессоров и микро-ЭВМ (задающие устройства).

*Четвертая группа* включает в себя средства регулирования параметров контролируемых процессов (исполнительные устройства), состоящие из усилителей входных сигналов и исполнительных механизмов, преобразующих указанные сигналы в энергию механических перемещений.

Следует отметить, что не все вышеуказанные элементы используются во всех автоматических системах, хотя в то же время отдельные элементы способны выполнять сразу несколько функций. Так, центробежный регулятор частоты вращения вала двигателя в системе прямого воздействия является одновременно и измерительным, и исполнительным элементом.

В соответствии с приведенной классификацией рассмотрим основные устройства, используемые в системах автоматики.

Датчики (измерительные преобразователи) являются основным средством измерения, преобразующим измеряемую или контролируемую физическую величину (давление, усилие, температуру и т. д.) в выходной, обычно электрический сигнал, предназначенный для дальнейшей регистрации, обработки и передачи к исполнительному механизму. Первичный преобразователь, непосредственно воспринимающий параметр состояния, т. е. естественную входную величину, называется чувствительным элементом датчика. Если требуется получить сигнал о параметре в другой, более удобной для использования форме, то в системе датчика может устанавливаться второй нормирующий преобразователь, приводящий выходной сигнал в унифицированный.

Датчики классифицируют по ряду признаков:

по назначению — силовые, скоростные, температурные и др. (табл. 10.1);

Таблица 10.1. Основной тип датчиков систем управления и контроля, используемых в строительных и дорожных машинах и оборудовании

Измеряемые параметры	Тип датчика
Механическая деформация	Измеритель смещения, датчик давления, датчик массы
Частота	Доплеровский измеритель скорости
Температура	Термометр, пирометры излучения, датчик уровня жидкости
Давление	Измеритель нагрузки, расходомер
Влажность, состав газов	Гигрометр, газовый сигнализатор
Звук (в том числе ультразвук)	Эхолот, устройства неразрушающего контроля
Свет (в том числе инфракрасное излучение)	Фотодатчик, датчик цвета
Радиация, рентгеновское излучение	Датчик уровня, рентгеновский томограф
Волновое излучение	Радар, измеритель скорости

по принципу действия — механические, электрические, тепловые, акустические, оптические, радиоактивные;

по способу преобразования неэлектрических величин в электрические — активные (генераторные) и пассивные (параметрические).

В генераторных датчиках энергия входного сигнала преобразуется (без участия вспомогательных источников энергии) в электрическую энергию выходного сигнала (ток, напряжение, электрический заряд). В параметрических датчиках под действием входного сигнала изменяется какой-либо собственный параметр

датчика (емкость, сопротивление, индуктивность). При этом схема включения таких датчиков всегда имеет внешний источник питания.

По конструкции и принципу действия чувствительного элемента датчики подразделяют на контактные и бесконтактные. При этом в контактных датчиках чувствительный элемент взаимодействует непосредственно с контролируемым объектом, а в бесконтактных это взаимодействие отсутствует. К последним относятся фотоэлектрические, ультразвуковые, радиоактивные и специальной конструкции щуповые датчики.

Работа датчиков определяется их статическими, динамическими и частотными характеристиками и оценивается величиной входных и выходных сигналов, чувствительностью, инерционностью и погрешностью. Так как измерение одной и той же физической величины может выполняться с помощью различных датчиков, то их выбор должен обеспечить технические требования, предъявляемые к разрабатываемой системе автоматизации технологическим процессом, конструкцией и спецификой эксплуатации машины.

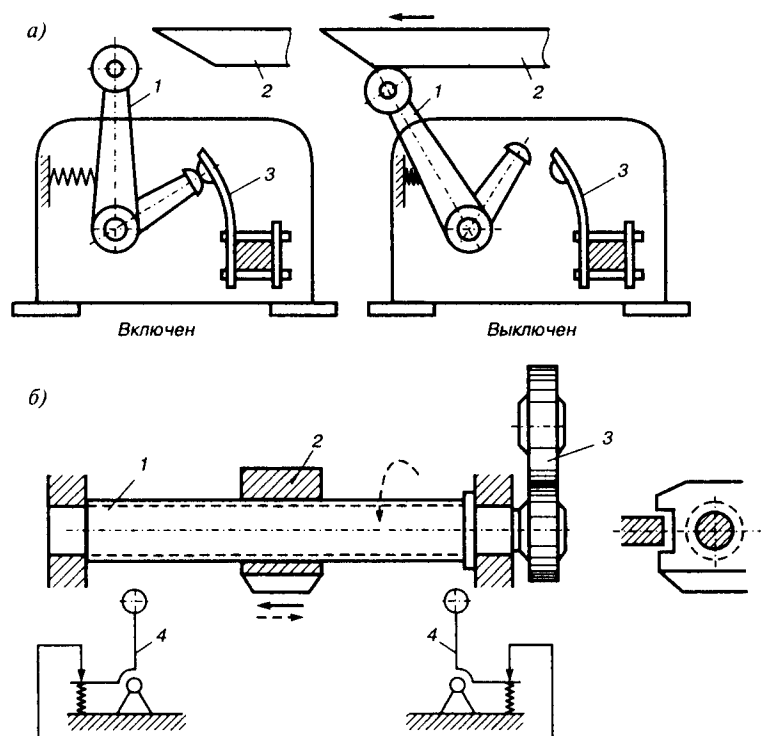


Рис. 10.6. Конечные выключатели

Рассмотрим основные разновидности датчиков, используемых в строительных и дорожных машинах и оборудовании.

К наиболее простейшим устройствам относятся *конечные выключатели*, ограничивающие линейные или угловые перемещения механизма. В первом случае (рис. 10.6, а) при достижении машиной (башенным, козловым, мостовым кранами) во время перемещения по подкрановым путям крайнего положения линейка ограничителя 2 нажимает им рычаг 1 конечного выключателя и, перемещая его, отключает контактную группу 3, прерывая подачу электроэнергии к механизму передвижения. Во втором случае (рис. 10.6, б) перемещение и укладка каната на барабане грузоподъемной машины производится с помощью шпиндельного выключателя. Он состоит из ходового винта 1, установленного в опорах и соединенного с приводом барабана зубчатой (или цепной) передачей 3. При вращении винта гайка 2 с удерживаемым канатом перемещается вдоль него в одну или другую сторону до момента наезда на переключатели 4, в результате чего происходит отключение управляющей цепи и последующее включение с направлением движения в обратную сторону.

В автоматических системах широко используются и *микрпереключатели* (рис. 10.7). Они состоят из корпуса 3, в котором закреплены пластины неподвижных замыкающего 1 и размыкающего 2 контактов, а также подвижного контакта 5 и работающая совместно с ним фигурная пружина 4. Толкатель 7 оснащен возвратной пружиной 6 и приводится в движение рабочим органом, положение которого контролируется, при достижении им конечного положения. При этом второй контакт обычно используется для включения механизма реверса.

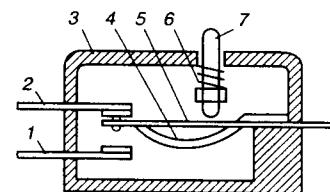
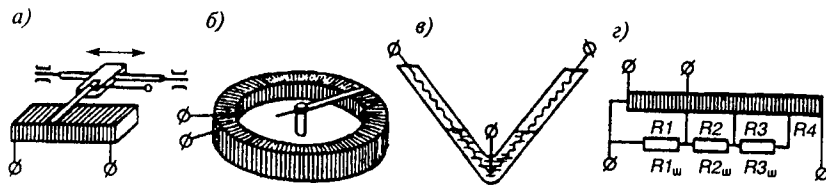


Рис. 10.7. Микрпереключатель

Из генераторных преобразователей наибольшее распространение имеют резистивные преобразователи неэлектрических величин, действие которых основано на изменении омического сопротивления от воздействия изменяемой величины. К таким преобразователям относятся различные конструкции *потенциметрических датчиков*, преобразующих линейные и угловые перемещения в электрический сигнал. Они выполняются в виде переменного сопротивления, т. е. представляют различные конструкции реостатов, подвижный контакт которых связан с преобразуемым элементом. Эти преобразователи состоят из каркаса прямоугольного, круглого или кольцевого сечения (рис. 10.8, а, б), изготовленного на керамики, пластмасс или алюминия, покрытого токопроводящим лаком. На

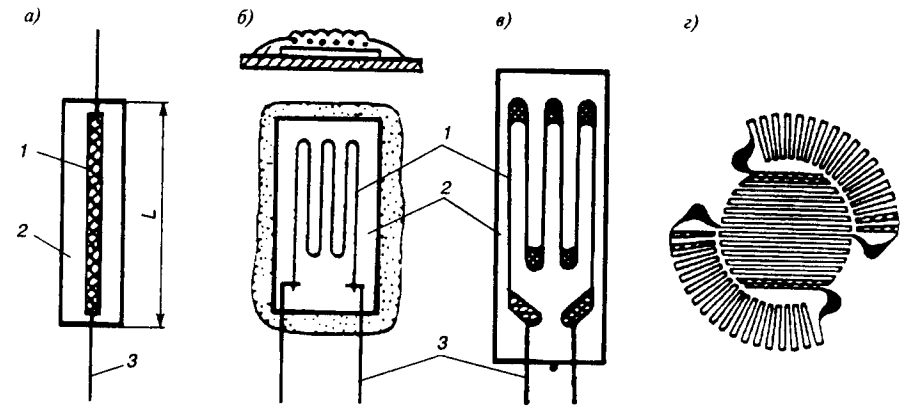


Р и с. 10.8. Реостатные преобразователи

каркас может наматываться эмалированная или оксидированная и покрытая лаком проволока из константана, нихрома, манганина, а также нанесен слой полупроводника или металлической пленки. Подвижная токосъемная щетка скользит по зачищенной контактной дорожке (непосредственно по проволоке или по соединенным с ней контактам).

Наряду с рассмотренными преобразователями при измерении углов наклона конструкций и рабочих органов строительных машин используются также и преобразователи, в которых высокоомное сопротивление шунтируется ртутью или проводящей жидкостью (рис. 10.8, в). При необходимости получения нелинейной характеристики в системах автоматики применяются линейные преобразователи с шунтирующими сопротивлениями (рис. 10.8, г), а также функциональные преобразователи с профилированным или ступенчатым каркасом, позволяющим получать переменные резисторы с квадратичной, логарифмической или другой функциональной зависимостью.

При значительных изменениях давлений, а также для измерений деформаций в элементах конструкций и узлов машин используются *тензометрические* и *пьезоэлектрические преобразователи*. Их работа основана на явлении тензометрического эффекта, т. е. на изменении электрического сопротивления чувствительного элемента от его деформации. В качестве чувствительных элементов, называемых тензолитами, в датчиках используются стержни из порошка сажи, графита или угля, наклеенные на полоске бумаги 2 (рис. 10.9, а). Однако наибольшее распространение получили датчики с проволочными элементами из константана, нихрома или фольги. Проволока диаметром 0,02...0,05 мм или фольга 1 с медными выводами 3 наклеивается в виде прямоугольных или кольцевых петель на бумагу или пленку из изоляционного материала 2 (рис. 10.9, б, в, г). Тензопреобразователи приклеиваются на поверхность детали 4, деформация которой измеряется, и с помощью соединительных проводов подключается к измерительному электрическому мосту. Схема подключения зависит от количества тензодатчиков и вида измеряемой деформации (растяжение, сжатие, изгиб, кручение). При этом, если деталь или



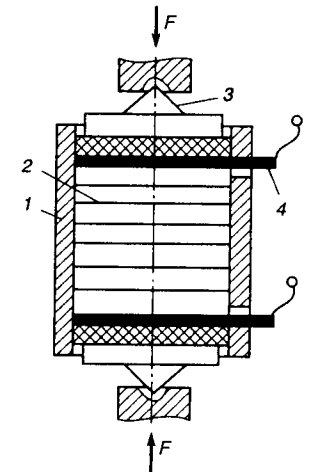
Р и с. 10.9. Тензометрические преобразователи

конструкция сжимается или растягивается, то вместе с ней деформируются и наклеенные датчики, изменяющие величину своего сопротивления. Тензодатчики обычно включаются по мостовой схеме.

В последнее время широкое применение получили *полупроводниковые тензодатчики* из германия и кремния, чувствительность которых в 50...100 раз выше проволочных, а значительный уровень выходного сигнала позволяет обходиться без усилительной аппаратуры. Однако они имеют и существенные недостатки, одним из которых является значительно пониженные температурные характеристики.

С помощью пьезоэлектрических преобразователей механическая энергия преобразуется в электрическую в связи с возникновением электрических зарядов на поверхностях кристаллов некоторых диэлектриков (например, титаната бария) при механическом воздействии на них. Пьезоэлектрический датчик усилий (рис. 10.10) представляет собой корпус 1, в котором расположены пьезоэлектрические пластины 2. Усилия  $F$  передаются на пластины через опорные плиты 3, а полученный сигнал снимается с металлических обкладок 4.

К этому же типу датчиков относятся металлические и полупроводниковые термометры сопротивления, предназначенные для измерения температуры в диапа-



Р и с. 10.10. Пьезоэлектрический преобразователь

зоне от  $-50$  до  $+180^{\circ}\text{C}$  для медных и от  $-250$  до  $+650^{\circ}\text{C}$  для платиновых термометров сопротивления.

В параметрических датчиках, представляющих индуктивные и емкостные преобразователи, питание осуществляется от переменного тока. Принцип работы этих преобразователей основан на изменении реактивного сопротивления в зависимости от величины зазора между неподвижной и подвижной частями.

Имеется много различных конструкций индуктивных преобразователей. Наибольшее распространение получили преобразователи с подвижным якорем (рис. 10.11, а) и соленоидного типа (рис. 10.11, б). Они используются для измерения небольших линейных и

угловых перемещений, деформаций и в управлении следящими системами. Преобразователь состоит из магнитопровода 2 с обмоткой 1 и якоря 3, соединенного с рабочим органом машины или ОГП кранов. Изменение воздушного зазора

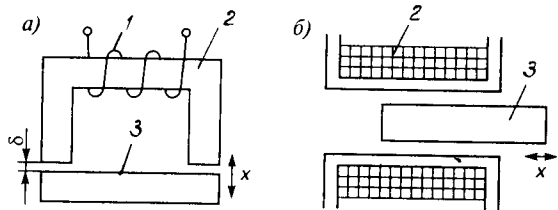


Рис. 10.11. Простые индуктивные преобразователи

δ, представляющего входную величину, изменяет, в свою очередь, индуктивность и сопротивление обмотки дросселя. При этом увеличение зазора уменьшает индуктивность и сопротивление обмотки и ведет к увеличению тока.

Дифференциальные трансформаторы с подвижным сердечником используются в основном в электрических измерительных преобразователях с силовой компенсацией в качестве индикатора рассогласования. Такой преобразователь представляет цилиндрический каркас с перемещающимся сердечником. По всей длине каркаса навита первичная обмотка  $W_1$ , поверх которой симметрично расположены две вторичные обмотки  $W_2'$  и  $W_2''$ , выполненные в виде двух одинаковых катушек. Индикатор уровня типа ДИУ-СЧА (рис. 10.12, а) устроен и работает следующим образом. Сердечник 1, перемещающийся внутри катушек с обмотками, связан посредством жесткой тяги 3 с поплавком 4, находящимся в баке 5 с контролируемой жидкостью. Для уравновешивания выталкивающей силы при изменении уровня жидкости и соответствующего перемещения поплавка и сердечника служит пружина 2. При положении сердечника в средней части трансформатора во вторичных обмотках индуцируются одинаковые электродвижущие силы (ЭДС) и разность потенциалов  $\Delta U$  на выходе трансформатора равна нулю. Перемещение сердечника вверх вызывает увеличение ЭДС индуцируемой в обмотке  $W_2'$ , се

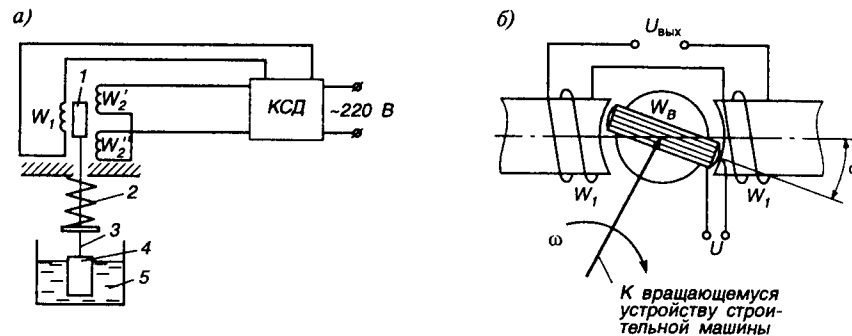


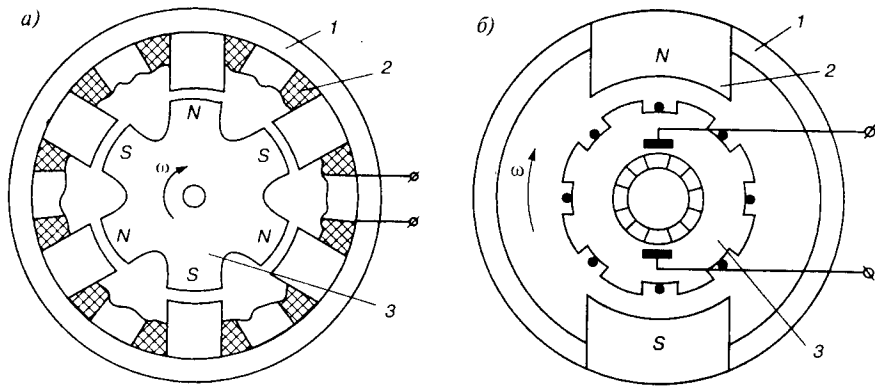
Рис. 10.12. Дифференциальные трансформаторы с подвижным сердечником

уменьшение в обмотке  $W_2''$  и появление сигнала  $\Delta U$  на выходе, значение которого фиксируется прибором КСД-3.

Работа широко используемого поворотного трансформаторного датчика (рис. 10.12, б) состоит в изменении индукции в обмотках датчика  $W_1$  при угловом перемещении сердечника (ротора) с обмоткой  $W_2$ , соединенного с поворотным устройством строительной машины. На обмотку возбуждения  $W_в$  подается входное напряжение  $U_{вх}$ , а с обмоток  $W_1$  снимается выходное напряжение  $U_{вых}$ . При фиксированном установочном положении ротора ЭДС в обмотках  $W_1$  равны между собой и  $U_{вых} = 0$ . После перемещения ротора в обмотках  $W_1$  создаются различные значения ЭДС и происходит изменение напряжения  $U_{вых}$  от минимального до максимально возможного (при  $\alpha_{max} = 90^{\circ}$ ).

Тахогенераторы представляют собой маломощные (до 100 Вт) электрические машины переменного или постоянного тока для преобразования скорости механического вращения в электрический сигнал. Тахогенератор переменного тока (рис. 10.13, а) состоит из ряда расположенных на статоре 1 обмоток 2, соединенных между собой последовательно. Ротор 3 является постоянным магнитом и выполняется в виде специальной звездочки или стержня с числом полюсов, равным числу обмоток. Тахогенератор постоянного тока (рис. 10.13, б) является аналогичным генератором с независимым возбуждением от постоянных магнитов 2, установленных в статоре 1. В пространстве между полюсами магнита вращается якорь генератора с обмоткой, с контактной дорожки которого с помощью щеток снимается значение ЭДС. На выходе с тахогенераторов снимается напряжение, пропорциональное частоте вращения.

Емкостные преобразователи в общем случае представляют собой конденсатор, емкостное сопротивление которого изменяется при изменении входной регулируемой величины (зазора между подвижной и неподвижной частями). Эти преобразователи делятся на

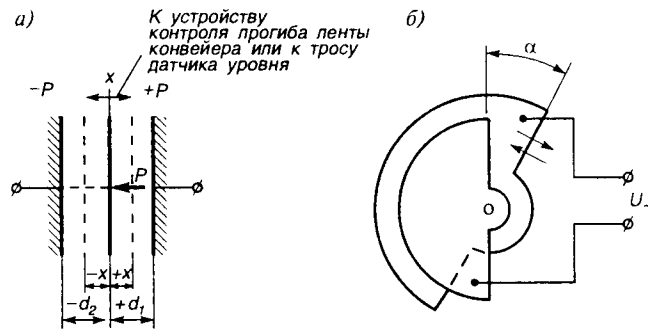


Р и с. 10.13. Тахогенераторы

конструкции с переменной длиной зазора (рис. 10.14, а) и с переменной площадью пластин (рис. 10.14, б). В преобразователе с изменяемым зазором измеряемая величина воздействует на среднюю подвижную пластину, которая изменяет расстояние  $d$  между основными неподвижными пластинами. Увеличение значения  $d$  при перемещении подвижной пластины ведет к уменьшению емкости датчика и снижению сопротивления. Этот преобразователь используют для измерения небольших перемещений и величин (усилий, давления и т. п.).

Наряду с рассмотренными в строительных и дорожных машинах и оборудовании применяют и различные виды *фото- и термоэлектрических, ионизационных* и других преобразователей.

К датчикам, используемым в строительных и дорожных машинах и оборудовании, так же как и ко всем другим элементам и уст-

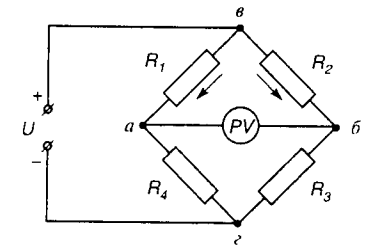


Р и с. 10.14. Емкостные преобразователи

ройствам автоматики и к системе в целом, предъявляются особые требования, обусловленные тяжелыми условиями эксплуатации машин. Они должны выдерживать обычные для указанных машин вибрационные и ударные перегрузки, падения напряжения в сети и при рабочей нагрузке. Большое значение имеет и относительная влажность, достигающая 98 %, а также температура окружающей среды, которая может изменяться от  $-60^{\circ}\text{C}$  на открытом воздухе до  $+150^{\circ}\text{C}$  в специальных производствах, в том числе в пропарочных камерах. При этом наиболее сильное воздействие может оказать термоудар, как например, при быстром нагреве после запуска охлажденного до  $-40^{\circ}\text{C}$  двигателя машин. Это может оказать разрушительное влияние особенно на элементы электроники и соединительные цепи. Одновременно элементы и системы автоматики в целом должны обладать водонепроницаемостью, пыле-, грязе-, влаго- и коррозионной стойкостью, помехоустойчивостью, надежностью, долговечностью и сохранять работоспособность при воздействии паров масел, жидкого топлива и агрессивных примесей выхлопных газов. К основным требованиям следует отнести также необходимые, особенно для передвижных машин, быстрдействие и точность, простоту конструкции, минимально возможные размеры и массу, удобство эксплуатации и невысокую стоимость.

Возникновение электрического сигнала с информацией о состоянии контролируемого или регулируемого параметра обеспечивается разнообразными измерительными схемами с внешними источниками питания. Известно, что методы измерений делятся на метод непосредственной оценки и сравнения. При *методе непосредственной оценки* (неуравновешенный мост) значения измеряемой величины фиксируются по заранее оттарированным приборам (микрометр, амперметр, динамометр и т. п.). В этом случае погрешность измерения определяется классом точности измерительного прибора. Измерение *методом сравнения* (уравновешенный мост) осуществляется путем сопоставления измеряемой величины с образцовой мерой и в соответствии с размером ее погрешности.

Наибольшее распространение в системе автоматического контроля и регулирования получил *нулевой способ сравнения*. При этом способе измерений используется уравновешенный мост (рис. 10.15). Четыре плеча мостовой схемы состоят из сопротивлений  $R_1...R_4$ . К точкам «в» и «г» подключен источник питания  $U$ . В измерительную диагональ «аб» подключен измерительный прибор. При этом в одно плечо моста включается датчик, а в соседнее — образцовая мера.



Р и с. 10.15. Мостовая схема измерений

Два других плеча моста и измерительный прибор образуют дифференциальный указатель. Если  $R_1R_3 = R_2R_4$ , то разность потенциалов  $\Delta U = 0$  и мостовая схема находится в равновесии, обеспечивая независимость результата измерения от величины напряжения питания. При использовании этого способа ошибка составляет менее 0,5%. Сигналы измерительного моста при необходимости могут быть усилены (особенно в неуравновешенном мосте) и преобразованы в цифровые коды для подачи и обработки на ЭВМ.

### 10.3.3. УСИЛИТЕЛИ И ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Усилители предназначены для увеличения (от вспомогательного источника питания) мощности сигнала на выходе измерительной части системы автоматического управления, так как в большинстве случаев она недостаточна для приведения в действие исполнительных устройств. Назначение и место усилителей в системе автоматического управления обуславливает и предъявляемые к ним требования. Так, для усилителя в измерительной цепи главным параметром является стабильность характеристики, большой частотный диапазон и отсутствие искажения сигнала, а для выходного каскада усиления — КПД и выходная мощность.

Наряду с обычными усилителями в системах автоматического управления используют усилители-преобразователи, осуществляющие преобразование постоянного тока в переменный, и операционные усилители, осуществляющие моделирование различных математических операций (суммирование, дифференцирование, интегрирование и т. д.).

В электрических системах используют электронные, электромагнитные и при больших мощностях электромашинные, а в неэлектрических — механические, пневматические и гидравлические усилители.

Электронные усилители делят на ламповые и полупроводниковые. В связи с тем, что полупроводниковые усилители не требуют энергии и время на подогрев, имеют меньшие габариты, массу, значительный срок службы и обладают достаточно высокой механической прочностью и надежностью, они практически вытеснили электровакуумные лампы. К отличительным особенностям полупроводниковых усилителей следует отнести также экономичность, мгновенную готовность к работе, высокий коэффициент усиления и большой диапазон усиливаемых частот, а также вибро- и ударостойкость. По виду усиливаемого сигнала усилители делятся на усилители тока (переменного и постоянного) и напряжения, а по числу каскадов на одно- и многокаскадные. По принципу действия их классифицируют на усилители дискретного (релейного) и анало-

гового действия. При этом в последние годы осуществляется интенсивный переход к интегральным схемам.

В схемах электронных усилителей могут использоваться различные виды обратных связей (рис. 10.16). При этом цепь обратных связей может охватывать как отдельные каскады (местная обратная связь — МОС), так и все каскады усилителя (общая обратная связь — ООС).

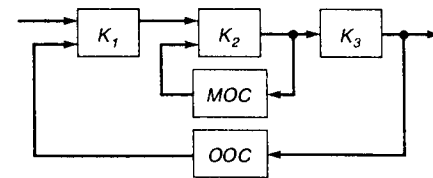


Рис. 10.16. Обратные связи в усилителях

Некоторые вещества, такие как германий, кремний и другие, являясь одновременно и проводниками, и диэлектриками, называют полупроводниками, на их основе выпускают транзисторы, тиристоры, диоды и различные интегральные схемы. Полупроводниковые усилители и преобразователи широко используют в силовых датчиках, самопишущих приборах и т. п.

В общем случае полупроводниковый усилитель состоит из входного устройства ВУ, многокаскадного усилителя напряжения УН, усилителя мощности УМ, источника питания ИП и цепи обратной связи ОС (рис. 10.17). При этом усилители переменного тока содержат только входной трансформатор Т, а постоянного тока — еще и вибропреобразователь ВП. В процессе работы усилителя входной сигнал напряжения постоянного тока  $U_{вх}$  преобразуется с помощью ВП в пульсирующее напряжение и через трансформатор Т подается в пятикаскадный усилитель напряжения переменного тока УН. Затем усиленные сигналы поступают в усилитель мощности УМ, а из него  $U_{вых}$  направляется в цепь исполнительного органа. Через цепь обратной связи ОС выходной сигнал возвращается на вход третьего каскада усилителя напряжения. Источник питания ИП состоит из силового трансформатора и двух выпрямителей, один из которых питает усилитель напряже-

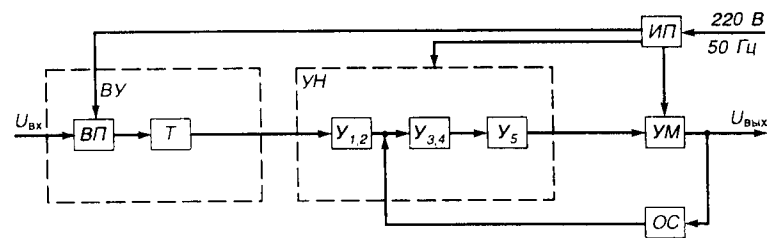


Рис. 10.17. Структурная схема усилителя

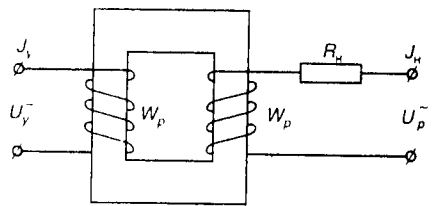


Рис. 10.18. Электромагнитный усилитель

ния, а другой — мощности. Отдельная обмотка силового трансформатора обеспечивает питание вибропреобразователя ВП.

В электромагнитных усилителях используется свойство изменения магнитной проницаемости ферромагнитных материалов в зависимости от величины постоянного подмагничивающего поля. Простей-

шим электромагнитным усилителем (рис. 10.18) является обычный дроссель с подмагничиванием, в котором обмотка управления питается напряжением постоянного тока, а рабочая  $w_p$  подключена последовательно с сопротивлением нагрузки  $R_n$  к источнику напряжения переменного тока. Эффект усиления при работе электромагнитного усилителя осуществляется следующим образом. При подаче сигнала управления  $U_y$  магнитная индукция сердечника магнитного усилителя увеличивается, а магнитная проницаемость уменьшается. При этом изменяется индуктивность катушки и уменьшается индуктивное сопротивление рабочей катушки, что ведет к возрастанию тока нагрузки  $I_n$ .

Электромашины усилители используют для управления и регулирования частоты вращения в автоматизированных электроприводах постоянного тока. Простейшие усилители представляют собой систему из вспомогательного двигателя и генератора постоянного тока с независимым возбуждением. Управление напряжением генератора осуществляется изменением тока в обмотке возбуждения. При этом выходная величина мощности может в 100 раз превышать входную, затрачиваемую на управление работой усилителя. Электромашины усилители с поперечным магнитным полем, в котором для возбуждения выходного каскада используется магнитный поток поперечной реакции якоря, получили наиболее широкое распространение. Эти усилители позволяют иметь усиление на выходе до 10 тыс. раз.

В качестве переключателей в системах автоматики используют большое количество электромагнитных реле клапанного типа с втяжным или поворотным якорем, работающих как на переменном, так и на постоянном токе.

Пневматические и гидравлические усилители обычно выполняются заодно с исполнительными элементами и рассмотрены в п.п. 10.3.5.

#### 10.3.4. МИКРОПРОЦЕССОРЫ И МИКРО-ЭВМ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

В настоящее время в системах автоматического управления используют готовые микроэлектронные интегральные схемы, на основе которых созданы микропроцессоры и микро-ЭВМ. Микропроцессор представляет собой программно-управляемое устройство, осуществляющее процесс обработки поступившей информации и управление этим процессом. Наличие микропроцессорной техники позволило создать и использовать в строительных и дорожных машинах и оборудовании бортовые микропроцессорные системы. Они выполняют программируемые последовательности арифметических и логических операций, управление аппаратурой комплекса, исполнительными устройствами, системой в целом, программами и режимами, сбором, хранением, обработкой и выдачей информации.

В общем случае в состав бортовой микро-ЭВМ входят:

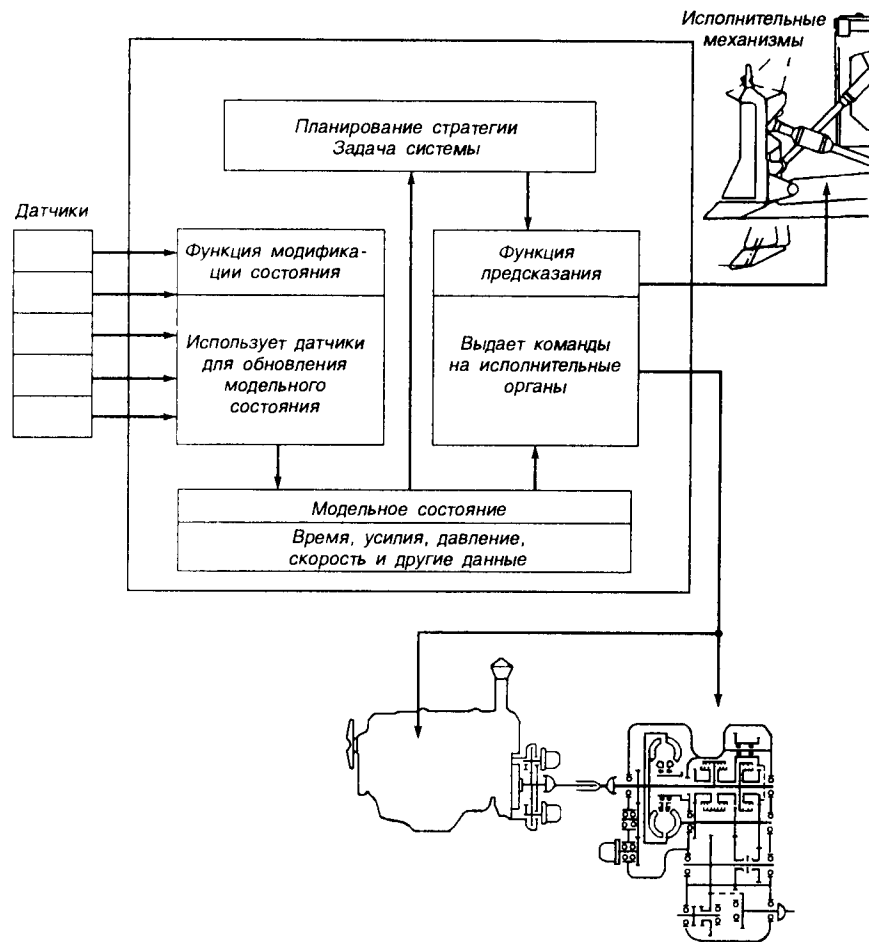
устройства входа (сигналы от датчиков) и выхода (управляющие сигналы на исполнительные устройства);

оперативное и постоянное запоминающее устройство; микропроцессор и соединительные элементы.

Основой микропроцессорного управления является модель реального процесса при работе машины (рис. 10.19). Она содержит три основных компонента, к которым относятся модельное состояние (описывающее процесс работы в каждый момент времени), функция модификации состояний (переход от одного модельного состояния к другому на основании сигналов датчиков) и функция предсказания (устанавливающая требуемое модельное состояние и формирующая набор команд на исполнительные органы). Значительную роль играет и стратегия, определяющая последовательность состояний, через которые проходит управляемый процесс. Программным обеспечением бортовой микро-ЭВМ являются программы, осуществляющие связь между машинистом и аппаратным обеспечением и хранящиеся в постоянном запоминающем устройстве. Носителем памяти являются гибкие диски из майлара, на концентрических дорожках (из микроскопических намагниченных участков) которых записывается информация.

Использование бортовых микропроцессорных систем в строительных и дорожных машинах позволяет значительно улучшить качество и безопасность выполняемых работ, увеличить производительность, продолжительность работы машины в исправном состоянии (за счет оптимизации режимов всей машины и ее узлов и агрегатов, связанных с расходом топлива и действующими нагрузками) и вести постоянный контроль за состоянием как отдельных узлов, так и всей машины в целом.





Р и с. 10.19. Основные компоненты микропроцессорной программы управления машинами

### 10.3.5. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Исполнительные устройства предназначены для преобразования управляющих (командных) сигналов в регулирующие воздействия на объект управления. Практически все виды воздействий сводятся к механическому, т. е. к изменению величины перемещения, усилия к скорости возвратно-поступательного или вращательного движения. Исполнительные устройства являются последним звеном цепи автоматического регулирования и в общем случае состоят из блоков усиления, исполнительного механизма, регулирующего и дополнительных (обратной связи, сигнализации конечных положений

и т. п.) органов. В зависимости от условий применения рассматриваемые устройства могут существенно различаться между собой. К основным блокам исполнительных устройств относят исполнительные механизмы и регулирующие органы.

Исполнительные механизмы классифицируют по ряду признаков:

по виду используемой энергии — электрические, пневматические, гидравлические и комбинированные;

по конструктивному исполнению — мембранные и поршневые;

по характеру обратной связи — периодического и непрерывного действия.

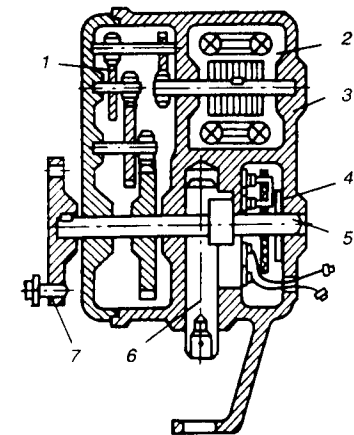
**Электрические исполнительные механизмы** являются наиболее распространенными и включают в себя электродвигатели и электромагнитный привод. В общем случае эти механизмы состоят из электродвигателя, редуктора, тормоза, соединительных муфт, контрольно-пусковой аппаратуры и специальных устройств для перемещения рабочих органов.

В исполнительных механизмах применяют электродвигатели переменного (в основном асинхронные с короткозамкнутым ротором) и постоянного тока. Наряду с электродвигателями массового изготовления используют и специальные конструкции позиционного и пропорционального действия, с контактным и бесконтактным управлением.

По характеру изменения положения выходного органа электродвигательные исполнительные механизмы могут быть постоянной и переменной скорости, а также шаговыми.

По назначению их делят на однооборотные (до  $360^\circ$ ), многооборотные и прямоходные.

**Двухпозиционный двигатель** (рис. 10.20) состоит из однофазного асинхронного электродвигателя 2 и редуктора 1, расположенных в общем корпусе 3. Поворот регулирующего органа (например, секторной задвижки бункера) на  $180^\circ$  осуществляется выходным валом редуктора 5 через муфту 7. Одновременно через шток 6 с помощью кулачкового механизма производится возвратно-поступательное движение другого рабочего органа. Двухпозиционное регулирование обеспечивается выключателем 4.



Р и с. 10.20. Двухпозиционный двигатель

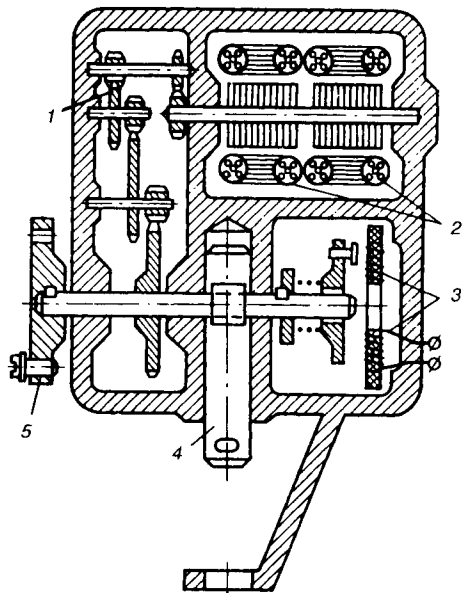


Рис. 10.21. Пропорциональный исполнительный механизм

**Пропорциональный исполнительный механизм** (рис. 10.21) по конструкции похож на двухпозиционный двигатель. Однако возможность пропорционального регулирования достигается установкой на одном валу двух электродвигателей 2. Первый вращает вал в одном направлении, второй — в противоположном. Кроме того, исполнительный механизм включает в себя редуктор 1, муфту 5 и зубчатую рейку 4. Пропорциональное регулирование (например, газового вентиля в дорожных ремонтерах) обеспечивается потенциометром 3, используемым для создания обратной связи в схеме.

Электродвигательные исполнительные механизмы при-

меняют в основном при усилиях не более 53 кН.

**Электромагнитный привод** используется для управления механизмами в гидро- и пневмоприводах, а также различными вентилями и заслонками. Принцип работы этого привода (рис. 10.22) состоит в поступательном перемещении на величину  $L$  металлического якоря 3 относительно электромагнитного вала катушки 1, расположенной в корпусе 2. Различают электромагнитные приводы одно-

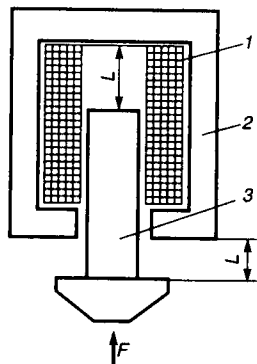


Рис. 10.22. Электромагнитный управляющий элемент

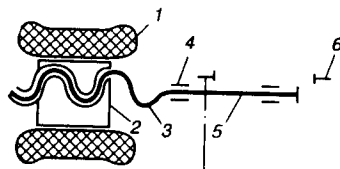


Рис. 10.23. Электромашинный толкатель

двустороннего действия. В первом исполнении возврат якоря в исходное положение производится с помощью пружины, во втором — изменением направления управляющего сигнала. По типу приложения нагрузки привод бывает периодического и непрерывного действия. С его помощью осуществляется релейное (открыто — закрыто) и линейное управление.

Электромагнитные вентили (для открывания в трубопроводах клапанов) по виду используемых чувствительных элементов делят на поршневые и мембранные. При значительных усилиях и длине перемещений используют электромашинный толкатель (рис. 10.23). Принцип его действия основан на поступательном перемещении в обе стороны оси — винта 3 относительно вращающейся, однако закрепленной, гайки 2. Вращение гайки, являющейся одновременно ротором, производится при включении в цепь питания трехфазной статорной обмотки 1. На конце винта расположен прямой участок, представляющий собой шток 5 (толкатель), перемещающийся в направляющих 4 и воздействующий на конечный выключатель 6 управляемого механизма. При необходимости толкатель работает с установленным редуктором.

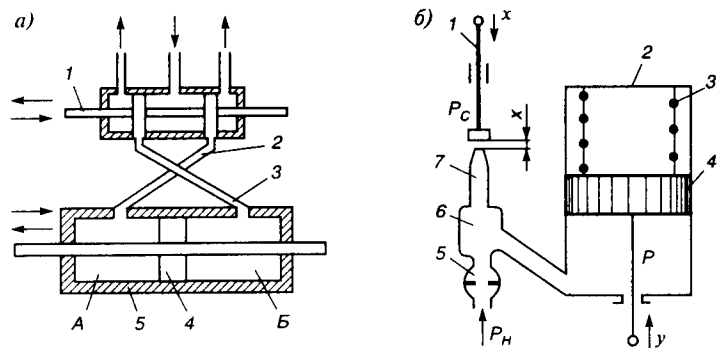
**Пневматические и гидравлические исполнительные механизмы**, использующие энергию сжатого воздуха и минеральных масел (несжимаемой жидкости), делят на самостоятельные и на работающие совместно с усилителями. Так как принцип действия этих двух видов механизмов схож между собой, рассмотрим их совместно.

К самостоятельным механизмам относят цилиндры с поршнем и штоком одно- и двустороннего действия (см. гл. 1).

Исполнительные механизмы, объединенные с усилителями, имеют различные конструктивные решения, часть из которых рассмотрим ниже.

Основным в таком приводе является регулирование скорости движения штока, выполняемое с дроссельным или объемным регулированием.

При управлении с дроссельным регулированием используют золотниковые распределители или «сопло-заслонку». Работа гидропривода с дроссельным регулированием позволяет изменять величину перекрытия отверстий (т. е. дросселировать), через которые жидкость попадает в рабочий цилиндр (рис. 10.24, а). Перемещение золотниковой пары 1 вправо позволяет маслу из напорной линии через канал 2 попасть в полость А рабочего цилиндра 5 и поршень 4 будет перемещаться вправо. При этом масло, находящееся в полости Б, будет сливаться через канал 3 в бак. Перемещение золотника влево переместит в ту же сторону и поршень, а отработанное масло будет сливаться из полости А в бак через канал 2. При расположении золотниковой пары в среднем положении (так, как показано на рисунке) оба канала, соеди-



Р и с. 10.24. Поршневые исполнительные механизмы с усилителями

няющих золотниковое устройство с рабочим цилиндром, перекрыты и поршень неподвижен.

Работа пневмопривода с помощью «сопло-заслонки» (рис. 10.24, б) производится путем изменения давления в рабочем цилиндре 2 и перемещения поршня 4 на величину  $y$  за счет перемещения регулируемой заслонки 1. Через дроссель постоянного сопротивления 5 воздух подается в камеру б под постоянным давлением  $P_n$ . В то же время давление в камере зависит от расстояния  $x$  между соплом 7 (дросселем переменного сопротивления) и заслонкой 1, так как с увеличением этого расстояния давление снижается и наоборот. Воздух под давлением  $P$  поступает из камеры в нижнюю полость цилиндра, а в верхней расположена пружина 3, создающая за счет силы упругой деформации противоположное давление, равное  $P_n$ . Созданная разность давлений позволяет перемещать поршень вверх или вниз. Вместо пружины в цилиндр может подаваться воздух или рабочая жидкость под давлением  $P_n$ . В соответствии с этим поршневые исполнительные механизмы называются механизмами одно- или двустороннего действия и обеспечивают усилия до 100 кН при перемещении поршня до 400 мм.

При управлении с дроссельным регулированием входным управляющим сигналом является величина перемещения золотниковой пары или открытия дросселя, а выходным — перемещение поршня в гидроцилиндре.

Гидро- и пневмопривод обеспечивают объекту управления возвратно-поступательное и вращательное движение.

При управлении с объемным регулированием управляющими устройствами являются насосы переменной производительности, выполняющие и функции усилительно-исполнительного механизма. Входным сигналом является подача насоса. Большое распространение в качестве гидравлического исполнительного механизма имеют

аксиально-поршневые двигатели, обеспечивающие плавное изменение угловой скорости выходного вала и количества подаваемой жидкости (см. гл. 1).

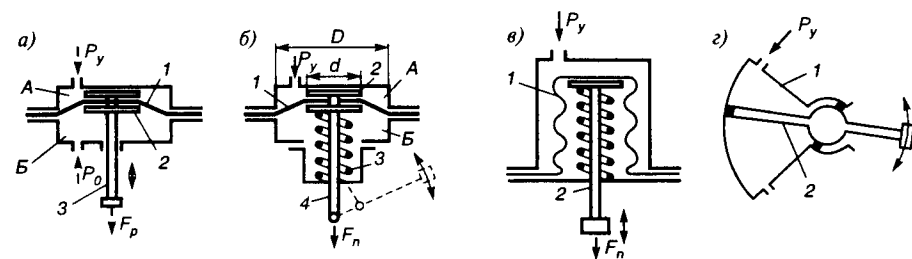
Наряду с рассмотренными выше поршневыми устройствами пневматические исполнительные механизмы выполняют мембранными, сильфонными и лопастными.

**Мембранные устройства** делят на беспружинные и пружинные. Беспружинные мембранные устройства (рис. 10.25, а) состоят из рабочей полости А, в которую поступает управляющий воздух под давлением  $P_y$ , и эластичной резиновой мембраны 1, соединенной посредством жестких центров 2 со штоком 3. Возвратно-поступательное движение штока осуществляется путем подачи в подмембранную полость Б сжатого воздуха с давлением  $P_0$  и за счет перемещения мембраны. Наиболее распространенными являются мембранно-пружинные устройства (рис. 10.25, б), в которых результирующая сила  $P_p$  уравнивается давлением на мембрану управляющего воздуха  $P_y$  и силой упругой деформации пружины 4 —  $F_n$ . При необходимости совершать поворотные движения в прямоходных исполнительных механизмах шток соединяется с шарнирно-рычажной передачей, показанной на рис. 10.25, б штриховой линией.

Мембранные исполнительные механизмы применяют для управления регулирующими органами с перемещением штока до 100 мм и допустимым давлением в рабочей полости до 400 кПа.

**Сильфонные устройства** (рис. 10.25, в) применяют редко. Они состоят из подпружиненного штока 2, перемещающегося вместе с герметичной гофрированной камерой 1 за счет давления управляющего воздуха  $P_y$ . Их используют в регулирующих органах с перемещениями до 6 мм.

В **лопастных исполнительных устройствах** (рис. 10.25, г) прямоугольная лопасть 2 перемещается внутри камеры 1 за счет давления управляющего воздуха  $P_y$ , поступающего попеременно в одну или другую полость камеры. Эти устройства используют в исполнительных органах с углом поворота затвора на  $60^\circ$  или  $90^\circ$ .



Р и с. 10.25. Пневматические исполнительные механизмы

В связи с тем, что практически ни один из приведенных приводов автоматических систем управления не применяют в настоящее время без ряда других элементов, служащих для регулирования привода, то в основном используют комбинированные исполнительные механизмы (электромагнитные золотниковые распределители пневмо- и гидропривода, электромагнитные муфты с электродвигателями и т. д.).

При выборе исполнительных устройств учитывают требования, предъявляемые к ним условиями эксплуатации. Основными из них являются: вид применяемой вспомогательной энергии, величина и характер требуемого выходного сигнала, допускаемая инерционность, зависимость рабочих характеристик от внешних влияний, надежность работы, габариты, масса и т. п.

## 10.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

### 10.4.1. ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ

Постоянно растущее увеличение объемов строительных работ и ужесточающиеся требования по значительному улучшению их качества требуют ускоренного и широкого внедрения автоматизации в строительных машинах и технологических процессах. Для этого в НИИСтройдормаше разработан набор унифицированных приборов регулирования и управления различными машинами, входящих в ряд агрегатированных комплексов автоматической аппаратуры (АКА). Однако выпуск автоматизированной продукции по строительным и дорожным машинам и оборудованию очень неоднороден по номенклатуре, стоимости и объему производства. Значительную часть объема выпуска (53%) составляют автоматизированные мобильные строительные и дорожные машины. К ним относят самоходные стреловые краны, гидравлические экскаваторы, землеройно-транспортные и дорожные машины.

Практически одинаковый объем выпуска составляет продукция на базе автоматизированных тракторов и для промышленности строительных материалов. И всего по 4 % приходится на долю мелиоративных, торфяных и лесозаготовительных машин, строительно-отделочных машин и электроинструмента и другой продукции. Объем выпуска специализированных средств автоматизации для дорожно-строительных машин также неоднороден и в большинстве своем предназначен для защиты строительных кранов от перегрузки и для систем контроля, диагностики и управления. Рассмотрим основные разработки, внедренные в строительные и дорожные машины и оборудование.

Автоматическое управление перемещением, взвешиванием, перемешиванием, контролем за работой и порционной выдачей материалов в асфальтосмесительных и цементосмесительных установках всех типов и назначений осуществляется системой «АКА-Бетон».

Автоматизация контроля безопасности работы различных кранов и погрузчиков, ограничения их грузоподъемности, применения дистанционного и автоматического управления осуществляется системой «АКА-Кран».

Автоматизация саморегулирования рабочих органов, элементов управления и контроля аэродромных, мелиоративных и дорожно-строительных машин при возведении земляного полотна и устройстве дорожных покрытий в части обеспечения ровности взлетной полосы, траншеи, дороги и покрытий, требуемых поперечного и продольного уклонов, толщины и плотности укладываемого материала осуществляется системой «АКА-Дормаш».

В комплект аппаратуры «АКА-Дормаш» входят следующие устройства (рис. 10.26): *I* — «Стабилоплан» для скреперов, канавокопателей, дреноукладчиков и др.; *II* — «Автоплан» для бульдозеров; *III* — «Профиль» для автогрейдеров и профилировщиков; *IV* — «Стабилослой» для различных укладочных машин.

В комплекте аппаратуры используют следующие автономные системы управления:

- маятниковые датчики, установленные на борту машины, для контроля положения рабочего органа;
- копирные системы, обеспечивающие контроль положения по внешнему копиру — проволоке (тросу), бордюру, колесу, лыже, поверхности готового покрытия, радио- и световому лучу и т. п.;
- комбинированные системы, в которых контроль углового положения осуществляется автономными датчиками, а определение положения по высоте — копиром.

Все системы, используемые в машинах различного назначения (рис. 10.26), комплектуют в основном из двух разновидностей автономных маятниковых датчиков *1* (отличающихся между собой типом установочного приспособления и разрешающей способностью преобразователя), шуповым (копирным) датчиком *2*, подъемным устройством *3*, двумя разновидностями электрогидрозолотников *4* (при этом один вид золотника является составным элементом другого), унифицированным пультом дистанционного управления *5* и вспомогательным блоком *6*. Вместо шупового или маятникового датчика может использоваться следящая система управления с дискретным регулированием. В этом случае дополнительно применяется унифицированное согласующее устройство *7*, лазерный излучатель (световой луч вместо копира) *8* и фотоэлектрический приемник *9*.

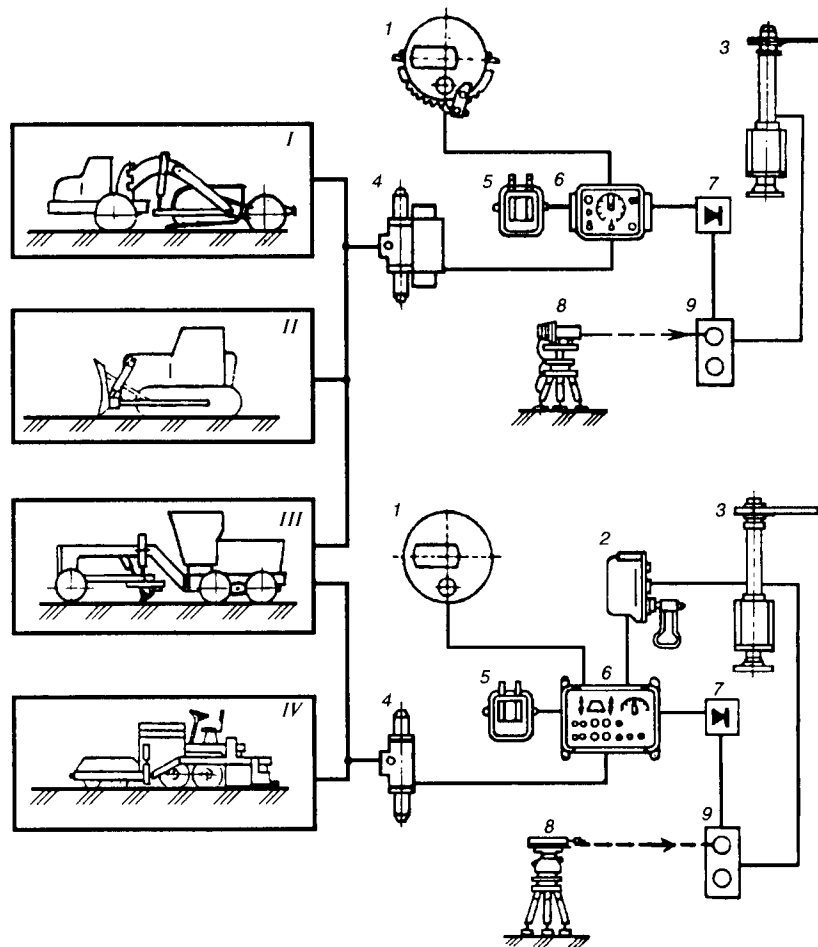


Рис. 10.26. Комплект аппаратуры «АКА-Дормаш»

В датчиках углового положения (ДУП) первого поколения используется преобразователь контактного типа. В последующих конструкциях применяется датчик углового положения (ДКБ), в котором преобразование изменения угла отклонения в электрический сигнал осуществляется унифицированным бесконтактным преобразователем. Маятниковый датчик ДКБ (рис. 10.27, а) состоит из закрепленного на валу тонкостенного цилиндра со смещенным, относительно оси вращения, центром тяжести.

Экран, связанный с чувствительным элементом, при повороте корпуса датчика (изменении угла наклона рамы машин) изменяет

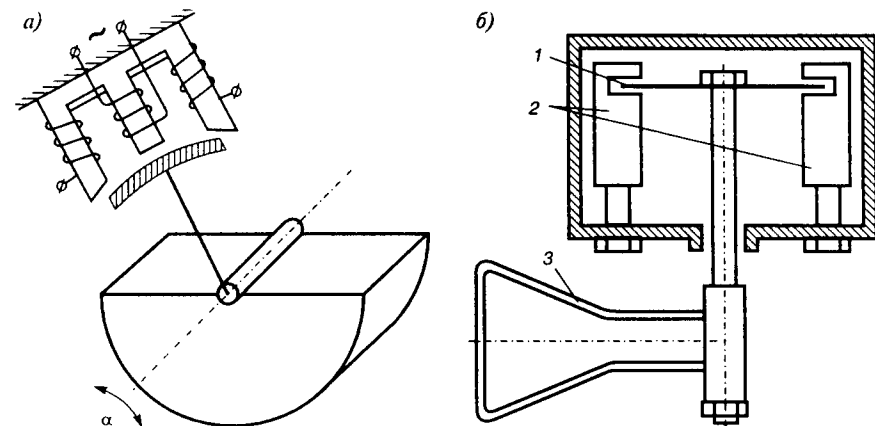


Рис. 10.27. Датчики контроля положения рабочего органа машины

свое положение относительно катушек, закрепленных на корпусе, и изменяет выходной сигнал преобразующего блока.

При работе машины с внешним копирным устройством применяют датчики типа ДЩ (рис. 10.27, б), состоящие из бесконтактного датчика 2 и экрана 1, соединенного с шупом 3. Поворот шупа относительно тросика и соответственно экрана на угол, превышающий допустимое значение, вызывает подачу датчиком дискретного сигнала, осуществляющего управление рабочим органом. В датчике второго поколения ДЩБ используют унифицированный преобразователь аналогового типа с выходным сигналом, пропорциональным угловому перемещению шупа и необходимым для индикации отклонения и в качестве управляющего сигнала. При этом преобразователь перемещения в электрический сигнал является унифицированным и применяется в обоих типах датчиков последнего поколения.

Системы автоматического управления по положению рабочего органа машин разделяют на одно-, двух- и трехканальные. При *одноканальных* системах управления рабочий орган машины удерживается в заданном положении в одной плоскости: продольной у скреперов и бульдозеров, поперечной — у автогрейдеров. К таким системам относятся «Стабилоплан-1» и заменяющие их системы последующих поколений, «Стабилоплан-10» и «Копир-Стабилоплан» для скреперов, «Автоплан-1» и «Копир-Автоплан-10» — для бульдозеров, «Профиль-1» и «Профиль-10» — для легких и средних автогрейдеров. При *двухканальных* системах управления стабилизация положения рабочего органа обеспечивается одновременно в продольной и поперечной плоскостях. К этим системам относятся «Комбиплан» для бульдозеров, «Профиль-2» и «Профиль-20» — для

средних и тяжелых автогрейдеров, «Стабилослой-1» и «Стабилослой-10» — для укладчиков покрытий. Унифицированный ряд систем автоматического управления типа «Профиль», предназначенных для управления положением рабочих органов, представлен в табл. 10.2. При *трехканальных* системах управления, помимо фиксации положения рабочего органа в двух ортогональных вертикальных плоскостях, имеется еще и управление движением машины в плане («по курсу»). Эти системы управления «Профилومات-1», «Профилومات-2, 5, 6 и 7» устанавливаются на профилировщиках оснований и укладчиках покрытий, входящих в комплект машин типа ДС-110 для скоростного строительства автомобильных дорог и взлетно-посадочных полос аэродромов.

Т а б л и ц а 10.2 Унифицированный ряд систем типа «Профиль»

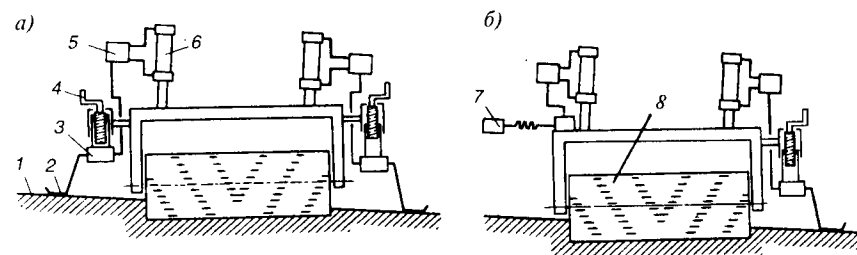
Наименование системы	Вид системы	Применение системы
Копир-Автоплан-10	Одноканальная (автономная, копирная по жестким направляющим)	Бульдозеры
Копир-Стабилоплан-10	Одноканальная (автономная, копирная по жестким направляющим, копирная по лазерным направляющим)	Скреперы
Стабилослой-10	Двухканальная комбинированная (автономная, копирная по жестким направляющим)	Асфальтоукладчики
Комбиплан-10	Двухканальная комбинированная (автономная, копирная по лазерным направляющим)	Бульдозеры
Профиль-30 (включая Профиль-10 и Профиль-20)	Двухканальная комбинированная (автономная, копирная по жестким направляющим, копирная по лазерным направляющим)	Автогрейдеры, асфальтоукладчики, дренажукладчики, торфяные профилировщики

Копирные системы автоматики, использующие внешний копир-проводку (тросик), имеют ряд недостатков. К ним следует отнести повышенную трудоемкость очень точных работ по установке тросика, появление погрешностей в работе копиру-щуповой системы в связи с провисанием тросика, колебания щупа, ошибок при установке тросика и постоянным работам по его поддержанию в заданном положении.

При использовании в качестве жесткой опорной базы уже готовых дорожного основания, дорожного покрытия, бордюрного камня или дорожной разметки воздействие на датчик может передаваться через промежуточный механизм, перемещающийся по указанным поверхностям. В качестве такого механизма-щупа используются колесо, лыжа с выравнивающими шарнирными или рычажными устройствами. Так, на машинах, осуществляющих холодное фрезерование дорожных покрытий (ремонтные работы по

снятию верхнего изношенного слоя покрытия), для выдерживания продольного уклона глубину фрезерования на правой и левой сторонах рабочего органа (фрезы) устанавливают отдельно в зависимости от базовой плоскости, (рис. 10.28, а). Заданный уклон относительно базовой плоскости 1, на которую опирается щуп — лыжа 2, устанавливают с регистрацией на шкалах рукоятками 4. Подъем и опускание фрезы 8 производят двумя гидроцилиндрами 6, управляемыми через золотники 5 от датчиков с блоками сравнения 3 действительной и заданной величины.

В случае отсутствия на одной стороне рабочего органа базовой плоскости или необходимости выдерживания задаваемого поперечного профиля поверхности дорожного покрытия используют регулятор поперечного уклона 7 (рис. 10.28, б). Он представляет собой цифровой задатчик уклона и автоматически сохраняет заданный поперечный уклон независимо от установленной глубины фрезерования. Этот регулятор может устанавливаться как на одной, так и на другой стороне рабочего органа машины.



Р и с. 10.28. Схема автоматического выдерживания продольного (а) и поперечного (б) уклонов рабочим органом машины для фрезерования дорожных покрытий

В настоящее время наиболее прогрессивными и используемыми в качестве копиров являются лазерные системы управления. В них широко применены элементы микроэлектроники, интегральные схемы, микропроцессоры, логические запоминающие и вычислительные устройства. Такие системы используются как для управления одной строительной или дорожной машиной, так и группой машин на значительных площадях и расстояниях (до 1500 м) при достаточно высоких скоростях движения. Применение этих систем обеспечивает как раздельное, так и одновременное управление курсом машины и толщиной укладываемого слоя материала (бетон, асфальт) укладочными машинами, а также автоматическую ориентацию рабочих органов в пространстве. Опорной базой в этой системе служит секторная в горизонтальной плоскости или крестообразная форма излучения, образованная пересечением двух секторов.

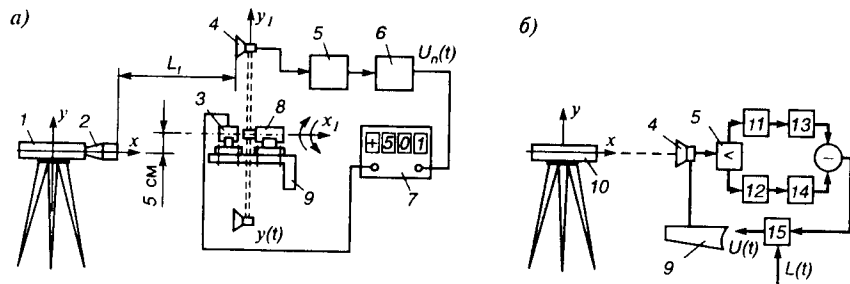


Рис. 10.29. Схемы лазерного сканирующего (а) координатора и растрового автокоординатора (б)

Для управления рабочими органами строительных и дорожных машин широко используют лазерные координаторы различных конструкций и назначения. К достоинствам сканирующих координаторов (рис. 10.29, а) следует отнести возможность при одном излучателе быть двухкоординатными, а также простота их изготовления и эксплуатации. Они состоят из лазерного излучателя 1 с формирователем оптического луча 2, воздействующего на фотоприемник 4, установленный на рабочем органе 9 (отвал землеройно-транспортной машины). Полученный фотоприемником сигнал проходит через блок его усиления 5, электронный ключ 6, цифровое измерительное устройство 7 и подается на датчик положения рабочего органа 3, связанного с блоком рассогласования фотоприемника 8. Растровые автокоординаторы (рис. 10.29, б) используют для программного управления рабочими органами строительных и дорожных машин. От сканирующих излучателей они отличаются наличием растрового излучателя, фильтрами частот  $f_1(11)$  и  $f_2(12)$ , детекторами 13 и 14 и усилительно-множительным устройством 15. К перспективному оборудованию для применения на строительных и дорожных машинах следует отнести и радиоанализаторные координаторы.

В настоящее время осуществляется серийное производство современных отечественных электронных устройств отображения информации для экскаваторов и погрузчиков, ограничителей нагрузки кранов типа ОНК для самоходных гидравлических кранов и унифицированный ряд систем «Профиль-30» для автогрейдеров, скреперов, бульдозеров и асфальтоукладчиков, включающий в себя и заменяющий все ранее разработанные системы для этих машин.

Наряду с НИИСтройдормашем большие работы по разработке и внедрению в строительных машинах различных систем регулирования, управления и контроля ведутся в различных учебных и научных институтах, проектных организациях и промышленных предприятиях.

#### 10.4.2. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМИ ПРОЦЕССАМИ МАШИН

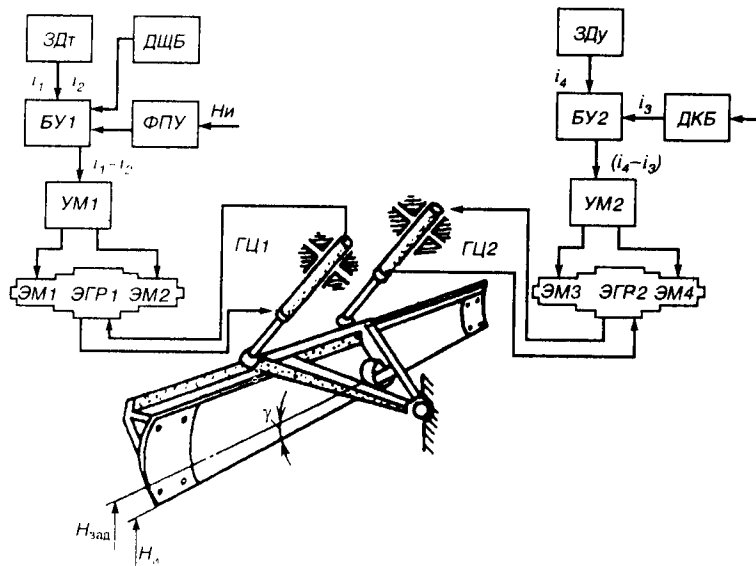
Автоматизация строительных и дорожных машин ведется в основном по трем направлениям, обеспечивающим управление пространственным положением рабочих органов машин, оптимизацию наиболее энергоемких режимов работы машин и создание на основе лазерной техники комплексной автоматизированной системы управления технологическими процессами в строительстве.

Первое направление автоматизации содержит вопросы повышения планирующих свойств машин для получения заданных профиля и уклона поверхности, так как эти виды работ требуют значительных затрат времени и трудоемкости, а невыполнение требований существенно снижает качество работ, вызывает перерасход материалов и т. п. Это направление обеспечивается унифицированным рядом систем автоматики типа «Профиль» с микроэлектронными блоками управления, которые делятся на автономные, копирные и комбинированные.

Автономные системы обеспечивают контроль положения рабочих органов относительно вертикали с помощью рассмотренных выше бортовых датчиков, обычно маятникового типа. В копирных системах датчик, установленный на одной стороне машины, по ходу контролирует положение рабочего органа в соответствии с заданным профилем — по натянутому тросу, лучу лазера, точно построенной полосе дороги или бордюра. В комбинированных системах, к которым относится и «Профиль-30», требуемый уклон рабочего органа в поперечной плоскости обеспечивается автономным датчиком, а его высотное положение — по копирному устройству. Рассмотрим принцип действия этой системы в общем случае (рис. 10.30).

Обычно рабочий орган землеройной, профилировочной или укладочной машины при их движении по неровной поверхности перемещается по высоте относительно заданного положения  $H_{зад}$ . В этом случае щуповой датчик ДЩВ или фотоприемное устройство ФПУ лазерного излучения определяют отклонение одной из кромок рабочего органа относительно копирной поверхности. При этом выходной сигнал  $i_2$  поступает в первый микроэлектронный блок управления БУ1 и сравнивается с сигналом  $i_1$  задатчика толщины срезаемой стружки ЗДт. Разность сигналов ( $\Delta i_{1-2} = i_1 - i_2$ ) проходит через первый усилитель мощности УМ1 и поступает на электромагниты ЭМ1 и ЭМ2 первого электрогидравлического распределителя ЭГР1, который направляет требуемый поток рабочей жидкости в одну из полостей гидроцилиндра ГЦ1. Перемещение поршня со штоком изменяет высоту  $H_n$  управляемой кромки рабочего органа до совпадения ее с требуемым положением  $H_{зад}$ .

При осуществленном изменении высоты первой кромки рабочего органа или наклоне машины в процессе ее движения по не-



Р и с. 10.30. Функциональная схема системы «Профиль-30»

ровностям рабочим органом совершаются угловые перемещения в поперечной плоскости относительно вертикали. В этом случае в работу включается второй автономный канал управления системы. Автономным маятниковым датчиком ДКБ измеряется величина угла поперечного наклона рабочего органа, которая преобразуется в электросигнал  $i_3$  и подается в блок управления БУ2. Здесь  $i_3$  сравнивается с сигналом  $i_4$  задатчика ЗДу угла наклона, управляемого машинистом-оператором. При возникшем рассогласовании разность этих сигналов подается в усилитель мощности УМ2, а из него на электромагниты ЭМ3 и ЭМ4 электрогидрораспределителя ЭГР2, направляющего поток рабочей жидкости в требуемую полость гидроцилиндра ГЦ2. Перемещение штока гидроцилиндра поднимает или опускает вторую кромку рабочего органа до углового положения  $\gamma$ , равного заданному углу  $\gamma_{зад}$ .

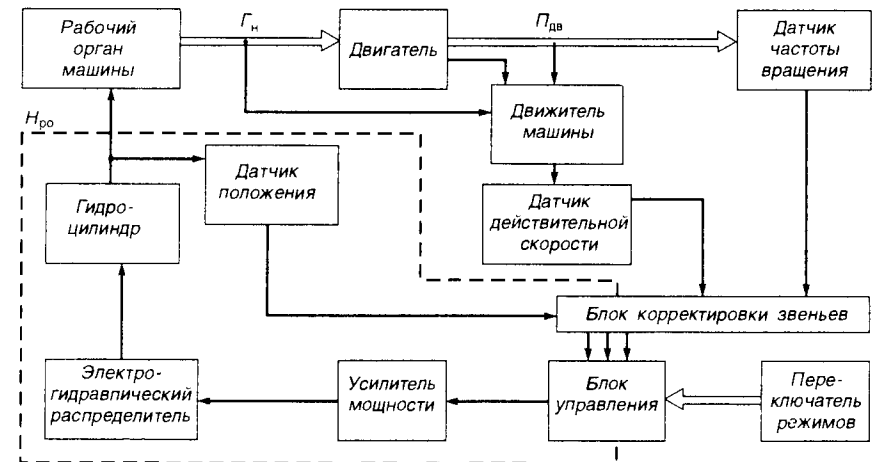
В т о р о е н а п р а в л е н и е автоматизации машин обеспечивает автоматизацию наиболее энергоемких технологических процессов, позволяющих максимально использовать тяговые возможности машин, снизить расход топлива, износ ходовой части, облегчить труд машиниста и т. п. Для оптимизации силового контура и регулирования рабочих процессов разработаны унифицированные системы типа «Режим». При этом изменение тягово-скоростных характеристик машин позволяет управлять нагрузкой при автоматическом заглублении и выглублении рабочего органа. Управляющим параметром может быть скорость машины, обороты двигателя

или гидротрансформатора, угловое положение тяговой рамы или толкающего бруса, а также их сочетание в случае, например, буксования движителей. Стабилизация каждого из этих параметров осуществляется при заданных ограничениях на другие. В строительных машинах эта система может использоваться как автономно, так и совместно с системами типа «Профиль».

Принцип работы такой системы представлен на рис. 10.31. Для предотвращения остановки двигателя при перегрузке в процессе копания аппаратура обеспечивает стабилизацию частоты вращения вала двигателя  $n_{дв}$  на заданном уровне  $n_3$ . При этом сигнал датчика частоты вращения ДЧВ сравнивается с заданным значением частоты  $n_3$ , после чего вырабатывается сигнал на подъем или опускание рабочего органа. Одновременно с этим измеряются и сравниваются со своими граничными значениями такие параметры, как угловое положение, скорость и буксование. При достижении граничных значений управление отключается и вырабатывается команда на выглубление рабочего органа.

В процессе транспортирования грунта обеспечивается поддержание действительной скорости машины на заданном уровне.

При планировочных работах система «Режим» работает совместно с системой «Профиль». В этом случае разность частот вращения вала ( $n_{дв} - n_3$ ) усиливается по мощности и подается на блок управления «Профиль» вместе с выходным сигналом датчика толщины срезаемой стружки. Это обеспечивает непрерывную регулировку толщины стружки и нагрузки, действующей на отвал, а также и частоты вращения вала двигателя.



Р и с. 10.31. Функциональная схема аппаратуры «Режим»



Третье направление автоматизации машин является наиболее прогрессивным и нацелено на совершенствование технологии и организации строительных работ путем создания на базе лазерной и микропроцессорной техники комплексной системы дистанционного программного или автоматического управления машинами, а также приборов оперативного контроля качества укладываемых дорожно-строительных материалов. Эти системы управления предназначены в основном для машин, занятых на строительстве дорог, мелиоративных и других сооружений. Системы управления с помощью лазерной техники обеспечивают и контролируют требуемые высотные отметки, продольный и поперечный профиль разрабатываемых и укладываемых дорожно-строительных материалов для каждой машины, работающей в любой точке строительной площадки. Рассмотрим работу такой системы на примере комплекта аппаратуры «Дорога» (рис. 10.32).

Система управления состоит из задающей I, контрольно-следающей II и программно-управляющей III частей. Задающая часть с помощью лазерного излучателя устанавливает параллельно проектной поверхности дороги световую опорную плоскость. При этом оптический пучок в приборе подается на пентопризму, которая разво-

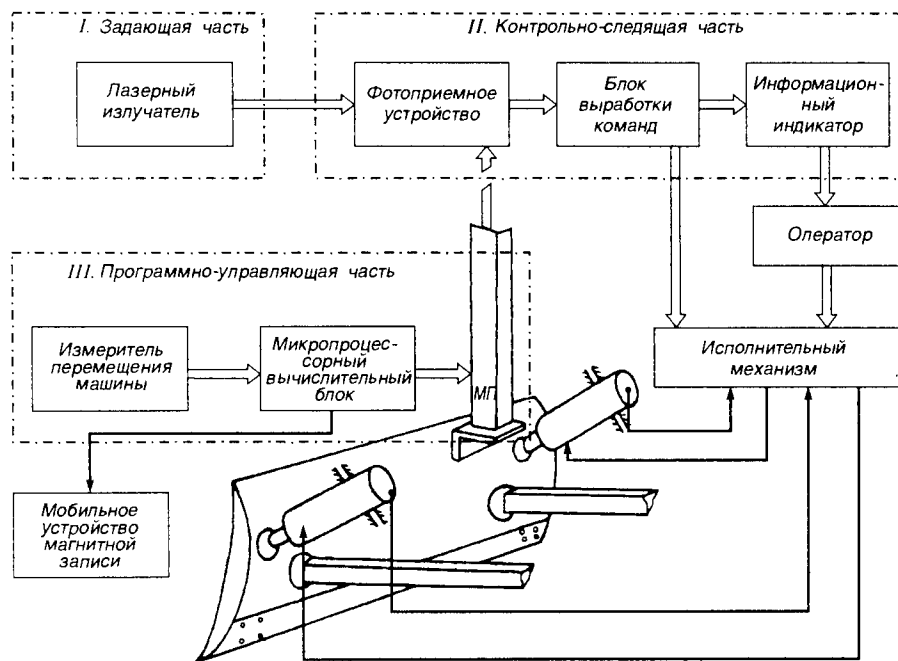


Рис. 10.32. Функциональная схема аппаратуры «Дорога»

рачивает излучение на  $90^\circ$  и осуществляет его вращение вокруг вертикальной оси излучателя.

Контрольно-следающая часть включает в себя фотоприемное устройство (ФПУ), установленное на штанге механизма перемещения (МП), которая закреплена на рабочем органе машины, в данном случае на отвале. ФПУ служит для преобразования лазерного сигнала в электрический, поступающий в блок выработки команд управления (БВК), где формируются управляющие сигналы для исполнительных механизмов с одновременным отображением на информационном табло-индикаторе положения режущей кромки отвала относительно проектной поверхности.

Программно-управляющая часть состоит из измерителя перемещения машины, микропроцессорного вычислительного блока выработки команд управления высотным положением ФПУ, механизма перемещения ФПУ и устройства для магнитной записи данных. При работе в ручном режиме оператор по показаниям индикатора сам устанавливает требуемое положение рабочего органа. В автоматическом режиме управляющие сигналы с БВК подаются на исполнительный механизм, т. е. на систему типа «Профиль». ФПУ автоматически удерживается в плоскости лазерного излучения, а величина его перемещения несет информацию о неровностях возводимой дороги. Необходимый уклон возводимой поверхности на постоянных продольных участках поверхности может задаваться отклонением оси излучателя от вертикали.

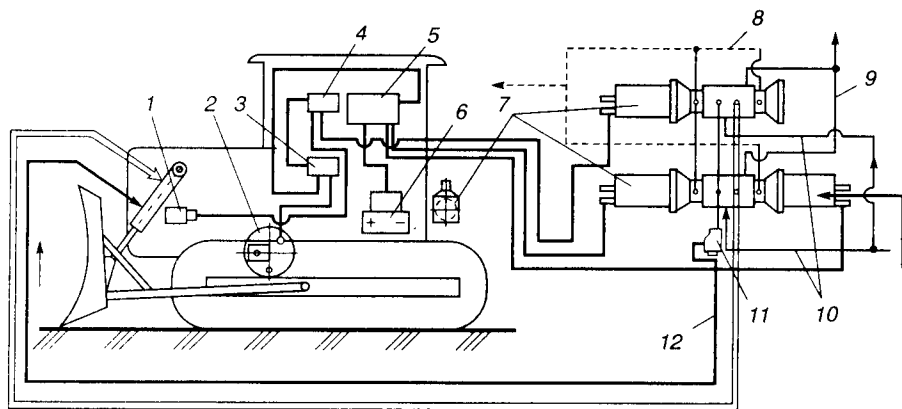
При работе на переходных вертикальных кривых требуется более сложное управление машиной, которое обеспечивается программным устройством. В этом случае микропроцессор рассчитывает необходимое высотное положение рабочего органа и формирует сигнал для механизма перемещения. При изменении положения ФПУ во высоте в БВК вырабатывается сигнал управления, по которому рабочий орган поднимается или опускается на высоту перемещения ФПУ. Такая система обладает большими возможностями, т. к. световая опорная поверхность позволяет не только управлять работой машины или комплекта машин, но и осуществлять постоянный геодезический контроль высотных отметок в любой точке и на любом этапе строительства дороги. Рассмотрим используемые системы автоматического управления рабочими органами для различных строительных и дорожных машин и оборудования.

#### 10.4.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ БУЛЬДОЗЕРОВ

Возросшие требования к качеству планировочных работ, особенно при сооружении земляного полотна дороги, вызвали ускоренную автоматизацию скреперов, бульдозеров и автогрейдеров. вы-

полняющих эти работы. При этом основными направлениями автоматизации явились стабилизация требуемого углового положения рамы и ножа в поперечной и продольной плоскостях, управление подъемом отвала при перегрузке двигателя, управление скоростью для реализации имеющейся мощности и управление группой машин по направляющему лучу лазера. Наибольшее распространение среди землеройной техники имеют бульдозеры.

Автономная система автоматического управления рабочим органом бульдозера типа «Автоплан-10» (рис. 10.33) состоит в общем случае из блоков управления 5 и перегрузки 4, пульта управления 3, маятникового датчика углового положения отвала 2, датчика числа оборотов двигателя (тахогенератора) 1, реверсивных гидрозолотников 7, аккумуляторных батарей 6, обратного клапана с дросселем 11, агрегатов и приборов гидросистемы, а также трубопроводов (дренажного 8, слива рабочей жидкости в бак 9, подвода 10 и подачи 12 рабочей жидкости под давлением).



Р и с. 10.33. Электрогидравлическая схема системы «Автоплан-10» на бульдозере

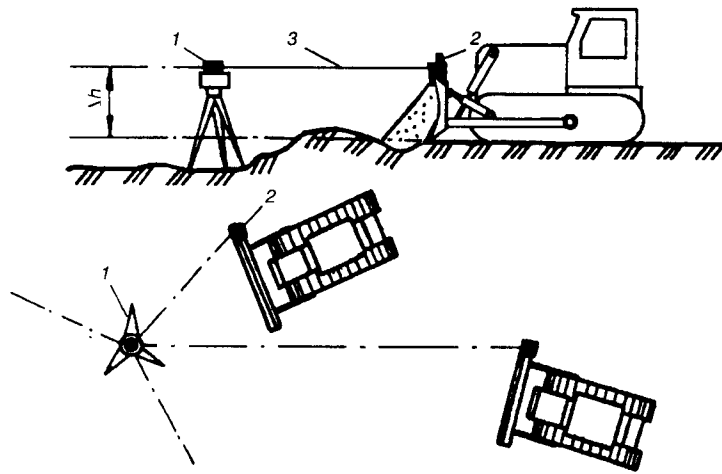
Пульт, блоки управления и перегрузки, а также аккумуляторные батареи установлены в кабине машиниста. С помощью блока управления отвалу бульдозера задается требуемый угол продольного наклона, а сигнал датчика преобразуется в команду, подаваемую на электромагниты реверсивного гидрозолотника. Пульт управления служит для обеспечения кнопочного дистанционного управления подъемом и опусканием отвала бульдозера. Реверсивный гидрозолотник осуществляет управление гидроприводом перемещения отвала в соответствии с командами блока управления и расположен позади корпуса бортовых фрикционов трактора. Маятниковый датчик углового положения установлен на одном из толкающих

брусьев универсальной рамы бульдозера рядом с шарнирным соединением толкающей рамы. Он предназначен для подачи электрического сигнала в блок управления и представляет собой маятник, соединенный с подвижным контактом потенциометра.

Работа бульдозера с автоматическим управлением осуществляется следующим образом. В зависимости от уклона поверхности строящейся дороги или площадки на пульте управления задается необходимый угол наклона толкающего бруса, который соответствует положению режущей кромки ножа отвала относительно опорной поверхности гусениц. В процессе работы бульдозера гусеницы встречаются с неровностями площадки, а угол наклона толкающих брусьев при этом изменяется в обе стороны от горизонтали и вертикали. В этом случае маятниковый датчик посылает в блок управления электрические сигналы — импульсы тока об изменении угла наклона толкающего бруса рамы. В свою очередь импульсы, преобразованные в электрический ток, направляют его в электрозолотник, соленоид которого обеспечивает подачу рабочей жидкости гидросистемы в соответствующую полость рабочего гидроцилиндра. При этом шток гидроцилиндра перемещается, устанавливая отвал бульдозера в заданное положение.

Указанная система стабилизации положения отвала обеспечивает надежность работы только при практически постоянной частоте вращения вала двигателя. При снижении частоты вращения вала двигателя, возникающим с увеличением усилий на отвале, механизм контроля системы отключает автомат стабилизации, подавая сигнал на выглубление отвала. После восстановления частоты вращения вала двигателя трактора до нормальной, контролируемой датчиком числа оборотов двигателя (тахогенератором, приводимым от работомера), вновь включается автомат стабилизации положения отвала, который принимает прежнее заданное положение. Скорость опускания отвала для заглубления регулируется обратным клапаном с дросселем, который служит и ограничителем. Предохранительный клапан рассчитан на давление 10 МПа и защищает систему от перегрузки. Работа гидропривода автоматической системы осуществляется от шестеренного насоса, установленного на тракторе.

Система «Копир-Автоплан», используемая в работе бульдозеров, позволяет контролировать положение рабочего органа по внешним жестким направляющим (трос, бордюр и т. п.). В настоящее время наиболее совершенной системой автоматического управления бульдозеров является система «Комбиплан-10ЛП» с лазерными приборами (рис. 10.34). Эта система позволяет изменять и стабилизировать угловое положение отвала в продольной и поперечной плоскостях с помощью датчиков, установленных на отвале и раме машины, а также защищать двигатель от перегрузок. При этом



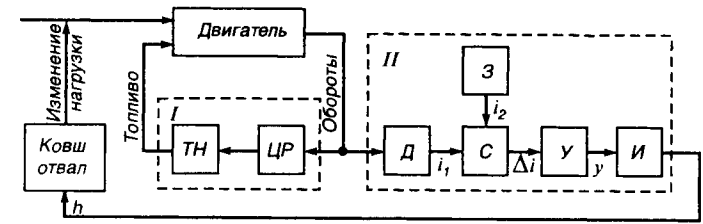
Р и с. 10.34. Система лазерного контроля планирования поверхности земли бульдозером:

1 — лазерный нивелир; 2 — приемник; 3 — лазерная плоскость

для соблюдения машиной заданного направления движения и регулирования положения рабочего органа по высоте используют лазерные устройства. Они включают в себя лазерный нивелир (излучатель), устанавливаемый на площадке, и фотоприемное устройство ФПУ, контролирующее положение отвала относительно луча лазера, установленное на отвале бульдозера. Глубина резания в продольной плоскости задается из кабины путем установки ФПУ на требуемую высоту  $H$ . Отклонение положения ФПУ от заданного при проходе машины по неровностям вызывает появление сигнала  $\Delta H$ , воздействующего на механизм перемещения ФПУ, который восстанавливает требуемое положение рабочего органа на эту величину.

К достоинствам этих систем следует отнести возможность осуществлять управление не только одной машиной, но и группой машин на значительных линейных расстояниях и площадях при оптимальных рабочих скоростях. При этом точность планировки грунта по продольному профилю с системой автоматического автономного управления положением отвала составляет  $\pm 50$  мм, а по лучу лазера —  $\pm 30$  мм.

При работе землеройно-транспортных машин циклического действия машинисту приходится производить многократные включения и выключения привода рабочего органа. В среднем за смену он более 1000 раз изменяет положение отвала бульдозера. Это не позволяет осуществлять рациональную загрузку двигателя. Поэтому стабилизация нагрузки двигателя путем изменения толщины



Р и с. 10.35. Блок-схема системы стабилизации загрузки двигателя

срезаемой стружки грунта по мере его набора рабочим органом бульдозера или скрепера возможна только при автоматизации указанного процесса.

Автоматическое регулирование работы двигателя включает в себя две параллельные и в то же время зависимые системы, представленные в виде упрощенной блок-схемы на рис. 10.35:

1) регулирование частоты вращения вала двигателя с помощью центробежного регулятора, увеличивающего подачу топлива при изменении этой частоты;

2) регулирование частоты вращения вала двигателя в функции изменения нагрузки.

В первой системе цепь регулирования частоты вращения вала двигателя состоит из центробежного регулятора оборотов ЦР и топливного насоса ТН, которые регулируют подачу топлива в цилиндры двигателя. Вторая система регулирования включает в себя следующие основные элементы и принципы их действия:

- датчик (тахогенератор)  $D$ , сигнал которого  $i_1$  пропорционален частоте вращения двигателя;
- задающий элемент  $Z$ , подающий постоянный электрический сигнал  $i_2$ , пропорциональный заданным номинальным частотам вращения вала двигателя;
- сравнивающее устройство  $C$ , в котором производится алгебраическое сложение сигналов от датчика и задающего элемента и полученная разность представляет собой управляющий сигнал  $\Delta i$ ;
- усилитель  $U$ , усиливающий управляющий сигнал до величины  $I$ , способный управлять механизмом подъема-опускания рабочего органа;
- исполнительный механизм  $I$ , преобразующий управляющее воздействие в механическое перемещение рабочего органа  $h$  и представляющий собой два гидроцилиндра двустороннего действия с электрогидравлическим золотниковым устройством.

Автоматически перемещая рабочий орган машины по вертикали, исполнительный механизм тем самым регулирует толщину стружки грунта, которая определяет нагрузку на двигатель.

В связи с тем, что требования к нагрузке двигателя во время работы остаются постоянными, рассмотренная система автоматического регулирования является стабилизирующей.

Благодаря автоматизированной системе управления производительность бульдозеров увеличивается в среднем на 15 %.

#### 10.4.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ АВТОГРЕЙДЕРОВ

Автогрейдеры выполняют значительный объем планировочных и отделочных работ при устройстве, в основном, земляного полотна с требуемыми продольным и поперечным профилями. На этих машинах устанавливают различные комплекты аппаратуры системы «Профиль».

Система автоматики «Профиль-10» предназначена для автоматического управления положением отвала автогрейдера только в поперечной плоскости машины. Комплект этой аппаратуры состоит из пульта управления, датчика углового положения ДКБ, сравнивающего и усиливающего устройства и реверсивного гидрораспределителя с электроуправлением.

Для дистанционного и автоматического управления отвалом, автоматической стабилизации углового положения отвала в поперечной плоскости и управления им по высоте используют систему «Профиль-20». В состав комплекта аппаратуры входит то же самое оборудование, что и в аппаратуре предыдущего поколения «Профиль-10», с добавлением датчика высотного положения ДЩБ, установленного на специальном кронштейне с правой стороны грейдерного отвала по ходу автогрейдера. Работа этой системы ведется с использованием жестких направляющих.

При стабилизации положения отвала *1* в поперечной плоскости (рис. 10.36) применяют маятниковый датчик *2*, установленный на тяговой раме. Стабилизация высотного положения отвала в профильной плоскости и движения автогрейдера по курсу осуществляется при совместном действии щуповых датчиков соответственно *5*

и *4*, установленных на отвале и на выносной штанге, и копирного троса *6*. Одновременно в сочетании с датчиком *4* работает датчик угла поворота *3*, который контролирует положение колес автогрейдера. При этом в

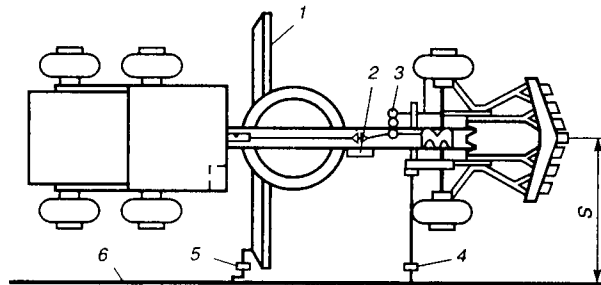


Рис. 10.36. Автогрейдер с системой «Профиль-20»

первом случае положение установки копирного троса должно соответствовать заданному профилю, а управляемым параметром во втором случае является расстояние *S* от оси машины до копирного троса. Сигналы датчиков поступают в блок управления, где преобразуются в управляющие и обрабатываются соответствующими гидrocилиндрами и гидросистемами автогрейдера. При этом переход рулевого управления с автоматического на ручное производится отключением питания системы автоматики и выключением муфты сцепления редуктора.

В настоящее время на автогрейдерах устанавливаются автоматические системы управления типа «Профиль-30», одна из которых оснащена датчиками углового положения и продольного профиля, а другая — датчиком углового положения и лазерной установки.

Благодаря использованию систем автоматического управления работой автогрейдера существенно увеличивается производительность машины и повышается качество планируемых поверхностей.

#### 10.4.5. АВТОМАТИЗАЦИЯ СКРЕПЕРОВ

Скреперы нашли широкое применение на послышной разработке грунта и точной планировке под заданные отметки крупных строительных площадок и дорог. Для этого прицепные гидроруляемые скреперы оборудованы автоматической аппаратурой, обеспечивающей автоматическое управление положением ковша по высоте, перемещением задней стенки и выглублением ковша при перегрузке для предотвращения отключения силовой установки. Использование автоматизированных скреперов позволяет повысить производительность труда за счет сокращения числа проходов, качество выполняемых работ и улучшить условия работы машиниста.

Для точной планировки под заданные отметки и получения различных уклонов земляной поверхности используют аппаратуру «Копир-Стабилоплан-10Л» (рис. 10.37) с лазерным устройством. В состав аппаратуры входят электрогидрораспределитель *1*, пульт с

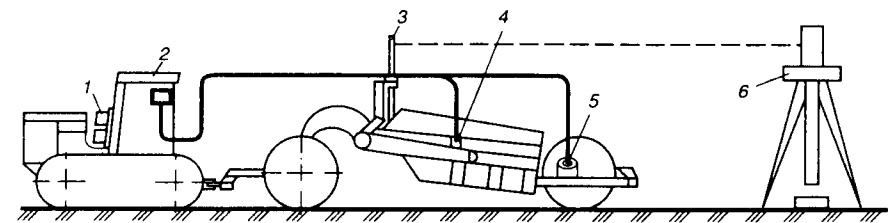


Рис. 10.37. Скрепер с системой «Копир-Стабилоплан-10Л» с лазерным устройством

блоком управления 2, механизм перемещения 3 с ФПУ, датчики управления КВД задней стенкой ковша 4 и углового положения ДКБ рамы скрепера 5. В этой системе автоматическая стабилизация положения ножа скрепера может осуществляться с помощью датчика углового положения ДКБ или автономной системой управления, или копирной по лучу лазера. Этот датчик устанавливается на буфере ковша скрепера и предназначен для преобразования перемещения своего корпуса относительно вертикали в электрический сигнал, передаваемый после усиления и замера рассогласования на исполнительный механизм.

Пульт с блоком управления и защиты от перегрузок расположен в кабине машиниста. При этом переход с автономного управления на копирный производится простым переключателем, установленным в блоке управления.

В копирном режиме управления система обеспечивает стабилизацию ножа скрепера по высоте. Работа этой системы аналогична ранее рассмотренным и осуществляется с помощью ФПУ, установленного в передней части ковша скрепера и контролирующего положение режущей кромки ковша относительно лазерной направляющей 6.

Защита двигателя от перегрузки обеспечивается чувствительным элементом, которым является датчик частоты вращения вала двигателя — тахогенератор ТГ. Его сигналы после сравнения и усиления передаются на исполнительные механизмы, изменяющие в ту или другую сторону заглубление рабочего органа скрепера.

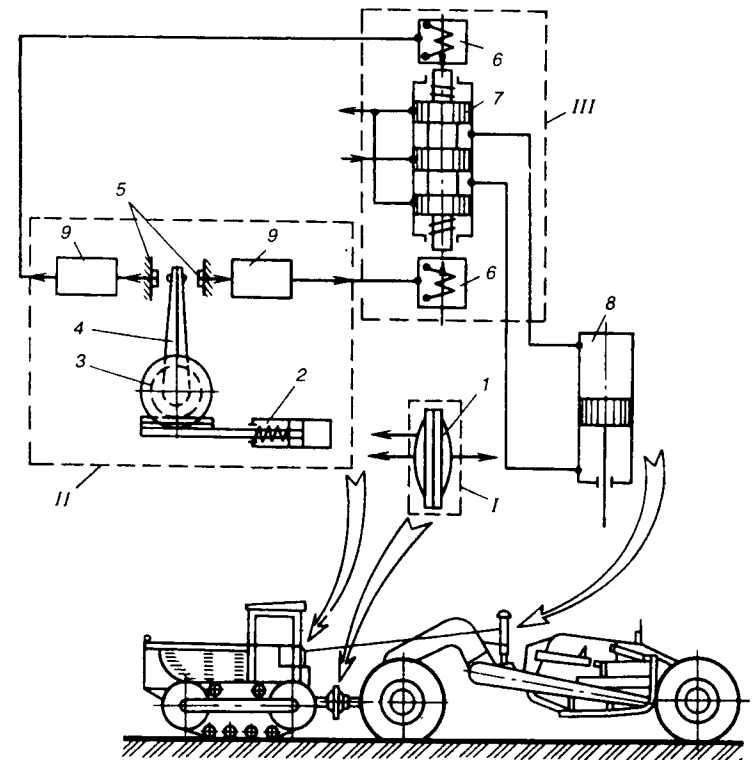
При движении скрепера под уклон и на выемках подсыпка грунта производится автоматически путем принудительного его выталкивания задней стенкой скрепера. Это осуществляется с помощью датчиков управления задней стенкой КВД (установленных на ковше скрепера и представляющих собой бесконтактные выключатели), сравнивающего устройства, усилителя, исполнительного механизма (гидроцилиндра перемещения задней стенки). Автоматическую остановку задней стенки скрепера при достижении ею крайних положений обеспечивают конечные выключатели типа ВК-200, установленные на направляющей ковша скрепера.

Автоматическое выдвижение задней стенки ковша происходит в процессе движения скрепера при положении режущей кромки выше уровня передних колес, а ее возвращение в исходное положение — при опускании ножа. Это контролируется датчиками выдвижения и возврата стенки, установленными на раме скрепера. При подъеме ковша на 3...5 см выше уровня передних колес срабатывает один из датчиков и стенка выдвигается и выталкивает грунт, а при резании стружки грунта толщиной более 1 см другой датчик направляет заднюю стенку в противоположную сторону, освобождая место для набора грунта. Требуемая глубина резания устанавливается дистанци-

онно из кабины машиниста задатчиком, а контролируется датчиками ДКБ, ФПУ, ТГ и КВД и управляется электромагнитами гидрозолотников, воздействующими на гидроцилиндры ковша скрепера.

Аппаратура «Стабилоплан-10» предназначена только для автоматического управления положением ковша по высоте и состоит из датчика углового положения ДКБ, пульта и блока управления и гидрораспределителя. Такая система обеспечивает точную планировку поверхности в автоматическом автономном режиме.

Стабилизация тягового усилия землеройно-транспортных машин также может осуществляться автоматически. Схема стабилизации на примере прицепного скрепера приведена на рис. 10.38. Она включает в себя датчик тягового усилия I, регулятор II и привод управления III. Объектом регулирования является рабочий орган машины — ковш. Его положение определяет значение независимого параметра регулирования — толщины срезаемой стружки грунта. Именно от этого параметра зависит величина нагрузки.



Р и с. 10.38. Схема стабилизации тягового усилия скрепера

Стабилизация тягового усилия осуществляется следующим образом. При работе скрепера тяговое усилие посредством гидравлического динамометра 1 преобразуется в перемещение штока мерного гидроцилиндра 2, который через зубчато-реечную передачу 3 вращает вал переключателя 4. Если сопротивление грунта соответствует тяговому усилию скрепера, переключатель расположен в нейтральном положении так, как показано на схеме. При увеличении или снижении нагрузки на режущий орган ковша переключатель замыкает один из неподвижных контактов 5, в результате чего срабатывает одно из двух реле 9, воздействующее на соответствующий электромагнит 6. Электромагнит, в свою очередь, перемещает золотник гидрораспределителя 7 вверх или вниз и, включая гидроцилиндр 8, поднимает (выглубляет) или опускает (заглубляет) ковш.

В приводе механизма передвижения самоходных скреперов устанавливается гидромеханическая передача, позволяющая автоматически изменять скорость машины в зависимости от сопротивления движению.

В самоходных скреперах используется и восьмискоростная полуавтоматическая коробка с сервопереключением передач. Для создания высокого тягового усилия на колесах при загрузке и выгрузке ковша первые две передачи и задний ход работают с применением гидротрансформатора. Передачи 3...8 работают напрямую и предназначены для эффективного использования скорости при перемещениях по дорогам. Во время циклической работы машинист выбирает наивысшую в зависимости от дороги передачу, а трансмиссия автоматически переводит ее на 2-ю при загрузке и выгрузке и вновь возвращает к назначенной скорости при перевозке.

#### 10.4.6. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСКАВАТОРОВ

Одноковшовые экскаваторы выполняют до 38 % земляных работ в строительстве. При ручном управлении ими на зачистку и планировку дна котлована после копания остается слой грунта до 20 см. Поэтому внедрение на экскаваторах микропроцессоров и лазерных информационно-измерительных устройств для управления процессом копания позволяет повысить точность и качество выполняемых работ, снизить трудозатраты и численность обслуживающего персонала. В одноковшовых экскаваторах используются различные виды указанных устройств.

В одном случае при автоматизации работы экскаватора 1 с обратной лопатой на рытье траншей приемник лазерного излучения 3 крепится на ковше экскаватора (рис. 10.39). Лазерный излучатель 2 устанавливается на дне траншеи в начале ее разработки с направлением пучка лазера вдоль оси траншеи с проектным углом наклона.

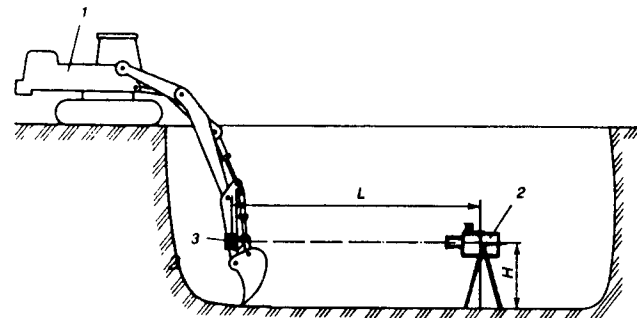
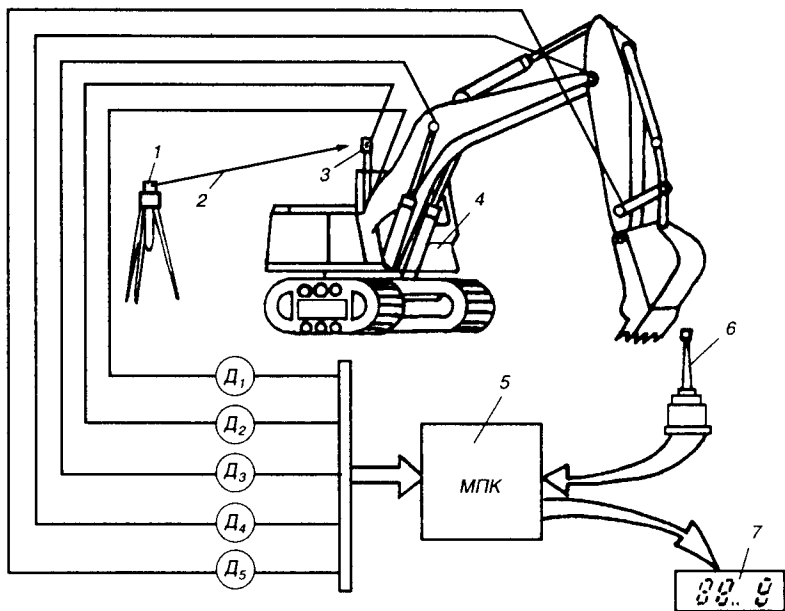


Рис. 10.39. Лазерная система автоматизации контроля работы экскаватора

В кабине машиниста располагается информационно-индикаторное устройство, на экране которого он по положению (перемещению) лазерного пятна определяет величину и направление отклонения ковша от заданных отметок и устанавливает ковш в требуемое положение.

Другая автономно-копирная система управления одноковшовым экскаватором 4 по лучу лазера 2 состоит из лазерного излучателя 1, информационно-измерительного устройства с датчиками  $D_1...D_5$ , установленными в шарнирах крепления рабочего оборудования, и механизмом перемещения фотоприемного устройства 3, а также микропроцессорного устройства 6, реализующего заданный закон управления рабочим процессом машины (рис. 10.40). Во время работы микропроцессорное устройство по сигналам датчиков вырабатывает управляющие сигналы, поступающие на исполнительные устройства, т. е. на гидроцилиндры положения стрелы, рукоятки ковша для поддержания заданной глубины копания и требуемого угла резания. Управление работой машины осуществляется рукояткой 6, а рабочие параметры высвечиваются на дисплее 7. При этой системе копание производится вручную по индикатору глубины копания, а на зачистных операциях включается автоматическая система управления, обеспечивающая заданную глубину копания, прямолинейность траектории движения режущей кромки ковша и заданный угол резания.

Наибольшую эффективность использования экскаваторов с лазерными системами дает применение бортовых микрокомпьютеров. В этом случае в память компьютера вносятся все необходимые данные, такие как геометрические размеры котлована, углы откосов, емкость, угол поворота, высота подъема ковша и т. п. Тогда во время работы в компьютер автоматически поступают сигналы с фотоприемника, а затем на исполнительные устройства для «моментальной» корректировки выполняемого процесса по отрывке траншеи или котлована.



Р и с. 10.40. Автономно-копирная система управления экскаватором

Для гидравлических одноковшовых экскаваторов и погрузчиков, выполняющих длительные работы с постоянно повторяющимися циклами, разработана компьютерная система управления погрузочными работами. Наиболее эффективно эта система используется при отрывке траншей, планировке откосов, погрузке разрабатываемых материалов в транспортные средства, в шахтах и т. п. Она позволяет частично освободить машиниста от ручного управления при многократных повторениях выполняемых операций.

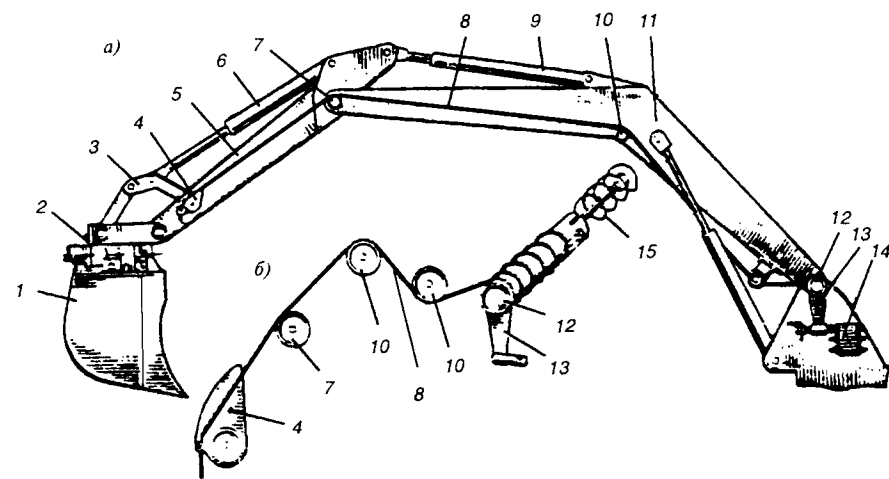
Управление работающим в карьере экскаватором, оборудованным компьютерной системой, осуществляется следующим образом. Вначале машинист в ручном механизированном режиме управления выполняет все операции рабочего цикла экскаватора: заполнение ковша разрабатываемым материалом и его перемещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях, остановка над самосвалом, разгрузка и возвращение в первоначальное положение. Запоминающее устройство компьютера фиксирует поступающую от датчиков информацию о проделанной траектории и скоростях движения ковша, о расположении самосвала и возможных помехах на пути следования ковша, например, задний борт самосвала. В результате обработки полученных данных компьютер устанавливает оптимальную

траекторию и максимально возможные скорости перемещения ковша независимо от квалификации работающего машиниста и эргономических показателей, определяющих взаимодействие между оператором и машиной.

Разработанная компьютером программа оптимального перемещения ковша приводится в действие системой автоматики после включения соответствующей кнопки на пульте управления. Работа машиниста в ручном режиме остается только при заполнении ковша материалом. При перемещении экскаватора или погрузке во вновь прибывший самосвал необходимо опять выполнить один цикл в ручном режиме, заново «обучая» компьютер. С помощью переключателя машинист при необходимости в любой момент может перейти на ручное механизированное управление.

Благодаря применению компьютерной системы управления не только повышается, но и стабилизируется максимально возможная производительность машины.

Для повышения эффективности использования гидравлических одноковшовых экскаваторов при выполнении планировочных и зачистных работ на них устанавливается автоматизированная система управления рабочим органом. Эта система (рис. 10.41) выполнена с однопроводной управляющей связью и состоит из датчика 4 положения ковша, датчиков 7 и 12 положения рукояти и стрелы, каната 8 управляющей связи, рычага 13 и аппаратуры управления 14 гидрораспределителем ковша.



Р и с. 10.41. Автоматизированная система управления рабочим органом одноковшового экскаватора:

а — общий вид; б — запасовка каната управляющей связи

Датчик кулачкового типа 4 закреплен на оси рычага 3 шести-звенного механизма, управляющего положением ковша 1 при работе. Датчики в виде канатных блоков свободно установлены на осях поворота рукояти 5 и стрелы 11. Канат проходит по блоку-датчику 7, по направляющим и поддерживающим блокам 10 и крепится одним концом на кулачке 4, а другим — на блоке 12. Для натяжения каната используется пружина кручения 15, закрепленная одним концом на пальце оси стрелы, а другим соединенная с блоком 12. Рычаг управляющей связи 13 через фрикционный механизм также соединен с датчиком 12, выполняющим одновременно и функцию суммирующего устройства, а конец рычага при работе экскаватора взаимодействует с толкателем системы управления. Управление поворотом ковша из плоскости копания осуществляется гидроцилиндрами 2.

Работы по планировке земляных поверхностей осуществляются следующим образом. Ковш устанавливается на грунт плоской частью передней стенки, а стрела переводится в плавающее положение с одновременным включением фрикционного механизма. При включении в работу гидроцилиндра 9 рукоять 5 поворачивается и изменяет угловое положение ковша относительно планируемой поверхности. При этом посредством каната 8 (при включенном фрикционном механизме) осуществляется поворот рычага 13 и перемещение толкателя системы управления. Последний включает гидрораспределитель ковша и происходит перемещение штока гидроцилиндра 6. Ковш возвращается в первоначальное угловое, относительно планируемой поверхности, положение. При перемещении штока рычаг 3 поворачивается вместе с датчиком кулачкового типа и вызывает противоположное направление движения каната, датчика 12 и рычага. После этого гидрораспределитель ковша закрывается. Поворот датчика 12 и рычага, а также натяжение каната происходят под действием пружины кручения, что исключает возможность проскальзывания каната в направляющих ручьях блоков датчика 12. В результате при изменении положения рукояти следящая система позволяет сохранить первоначальное положение режущей кромки ковша.

Автоматизация работы цепного многоковшового экскаватора облегчается благодаря непрерывности совершаемого им рабочего процесса на значительных расстояниях.

Автоматизированное устройство предназначено для поддержания заданного положения, в том числе наклона дна траншеи, и оптимизации режима копания. Регулирование глубины копания с заданным углом осуществляется по проволочному канату малого диаметра 1, натягиваемому по нивелиру вдоль трассы траншеи параллельно ее будущему дну (рис. 10.42).

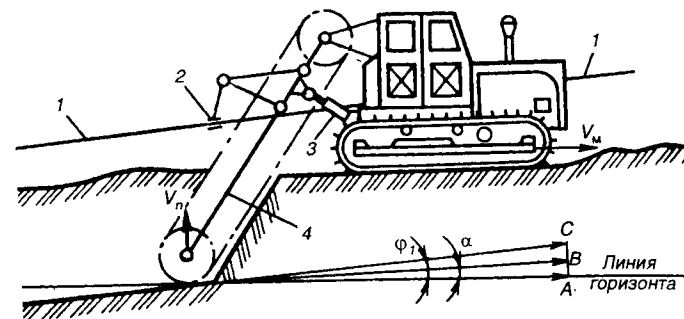


Рис. 10.42. Система автоматического управления глубиной копания траншейного экскаватора

При движении экскаватора во время работы вдоль копирного каната 1 одновременно перемещается электромагнитное контактное устройство 2. Оно состоит из двух датчиков, между которыми проходит канат, и установлено на кронштейне, закрепленном на раме рабочего органа 4. Если рабочий орган экскаватора движется параллельно канату и последний не касается ни одного из датчиков, дно образуемой траншеи находится на проектной отметке.

Изменение заданного угла наклона  $U_{зад}$  ведет к изменению положения рабочего органа и замыканию контактов одного из датчиков слежения при соприкосновении с копирным канатом. Преобразованный и усиленный сигнал поступает на исполнительный механизм, приводящий в действие гидроцилиндр 3. При этом с помощью микропроцессора производится подъем или опускание рабочего органа до требуемой отметки. В то же время следует отметить, что изменение положения рассматриваемого рабочего органа по высоте осуществляется прерывисто (т.е. неравномерно).

В качестве базовой линии в процессе отрывки траншей могут использоваться и лазерные установки, принцип работы которых практически не отличается от вышеизложенных.

В роторных экскаваторах производительность обусловлена прочностью грунта и скоростью передвижения машины. При этом значительные колебания загрузки основных механизмов и снижение производительности экскаватора зависят от категории грунта, изменения сопротивления копанию, неровностей почвы и состояния режущего инструмента. Обеспечение максимальной производительности может быть достигнуто путем полной загрузки двигателя, что возможно только при наличии системы автоматического управления, регулирования и контроля рабочего процесса машины.



В настоящее время большегрузные строительные автосамосвалы, работающие совместно с загружающими их экскаваторами и погрузчиками, также оснащают современными бортовыми электронными системами. Эти системы предназначены для управления работой автосамосвала в наиболее экономичном режиме, а также для получения импульсов от датчиков, обработки их микрокомпьютером и выдачи на дисплей оперативных данных по использованию, техническому обслуживанию и ремонту машины.

Экономичная работа автомобиля достигается за счет оптимального режима работы двигателя при правильно выбранной скорости, обеспечиваемой в некоторых моделях автоматической коробкой передач. При этом в компьютер заложены программы на режим раннего переключения скоростей для различных условий работы автосамосвала в зависимости от его массы, рельефа и вида дороги, а также свойств ее покрытия. В то же время автоматическое переключение передач снижает износ дисков сцепления и само время переключения передач.

Максимальное использование мощности двигателя, обеспечение высокой проходимости, отказ от применения дифференциала, что позволяет снизить износ покрышек колес, обеспечиваются разработанными системами для предотвращения блокировки ведущих колес при торможении, а также для регулирования проскальзывания в приводе и обеспечения минимальной пробуксовки колес при движении.

Наряду с информацией о состоянии узлов и машины в целом на дисплей в цифровой и текстовой форме выводятся сведения о малейших отклонениях от нормальной работы автомобиля, что позволяет еще на ранней стадии их возникновения определить возможность устранения неисправностей. При этом с помощью командной клавиатуры на дисплей вызываются различные варианты устранения неисправностей. Одновременно с устранением неисправностей компьютер позволяет обнаружить и более серьезные неполадки, а также заказать необходимые для замены при ремонте запасные части.

Для того чтобы обратить внимание водителя на возникновение нестандартных ситуаций в работе самосвала, одновременно с выводом на дисплей текста срабатывает световая и звуковая сигнализация.

Использование микроэлектроники в строительных грузовых автосамосвалах позволяет облегчить управление и обслуживание, обеспечить надежность, безопасность эксплуатации машины и снижение ее эксплуатационных расходов, а также значительно улучшить тягово-скоростные и топливно-экономические свойства автомобилей-самосвалов.

Автоматическое управление **дизель-молотами** обеспечивает повышение их надежности и стабильности в работе. Рассмотрим рабочий процесс дизель-молота на схеме (рис. 10.43). При недостаточной высоте подскока поршня сигналы датчиков номинального  $P_{ном}$  и максимального  $P_{max}$  подскока отсутствуют, контакты их реле остаются открытыми, реле P2 и P3 — выключенными, в результате чего осуществляется автоматическая подача топлива. В этом случае контакт IP3 реле P закрыт.

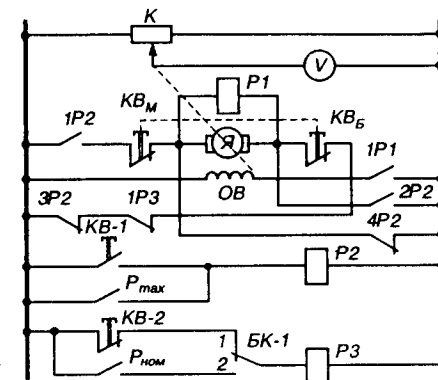


Рис. 10.43. Электросхема автоматического управления работой дизель-молота

Увеличение высоты подскока поршня оказывает воздействие на датчик номинального подскока. При этом контакт  $P_{ном}$  замыкается, включается реле P3 и открывается контакт IP3, выключая привод Я регулировочной иглы топливного насоса.

Подскок поршня до уровня максимального датчика вызывает замыкание контакта  $P_{max}$  и включение реле P2, замыкающее цепь питания электродвигателя. При этом вращение вала электродвигателя обеспечивает такое направление и расстояние перемещения иглы, которое уменьшает подачу топлива. Это происходит до окончания воздействия поршня на датчик максимального подскока или до снятия усилия с ограничителя хода KB<sub>м</sub>. После приведения регулировочной иглы топливного насоса в нормальное положение вновь продолжается работа дизель-молота в оптимальном режиме.

Для контроля вертикального и высотного положения сваи при ее погружении используются лазерные приборы, оборудованные специальными устройствами. Эти устройства 1 обеспечивают разделение выходящего лазерного пучка на горизонтальный 2 и наклонный 3, которые направляются соответственно к нижней 6 и верхней 5 рискам, расположенным на свае 4 (рис. 10.44). При этом прибор устанавливается по высоте так, чтобы горизонтальный пучок находился на уровне проектной отметки оголовка сваи, т. е. совпал с риской 5 при полном ее погружении. В процессе погружения сваи проекции лазерных пучков должны находиться на ее геометрической оси. При этом угол наклона пучка 3 уменьшается и при достижении горизонтального положения погружение сваи прекращается.

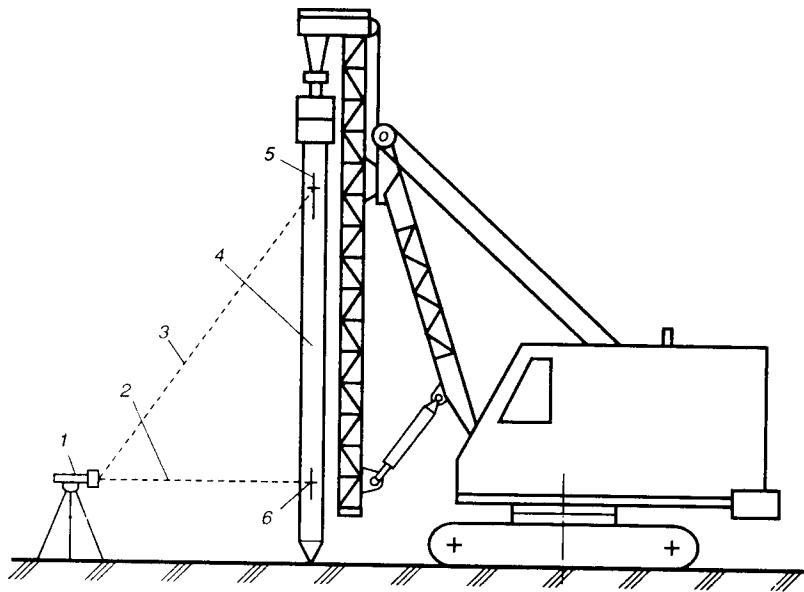


Рис. 10.44. Контроль точности погружения свай по двум лазерным лучам

Современные **вибропогружатели** оборудуют автоматическими системами изменения таких параметров, как моменты дебаланса и частота. Это, в свою очередь, изменяет вынуждающую силу и позволяет более эффективно использовать мощность двигателей при работе в постоянно изменяющихся грунтовых условиях.

В автомат управления поступают сигналы от датчика мощности о ее величине в процессе погружения свай и от переключателей и концевых выключателей, фиксирующих крайние положения регулятора скорости погружения и положения подвижных частей дебалансов. На исполнительные устройства автомат управления выдает командные сигналы о включении и реверсе сервомотора регулятора скорости и включении электромагнитов реверсивного золотника, предназначенного для управления перемещением дебалансов.

В автоматике управления расположен задатчик мощности, устанавливающий необходимые пределы ее потребления. Здесь происходит сравнение потребляемой мощности с ее заданным уровнем. В соответствии с алгоритмом управления погружением свай уменьшается скорость вращения и статический момент дебалансов. При этом происходит так называемый сброс частоты, т. е. уменьшение скорости вращения рабочего органа за счет подачи на сервопривод регулятора скорости требуемого напряжения.

В **буровых установках** для устройства набивных свай используют регулятор подачи винтовых рабочих органов. Этот регулятор

состоит из электронного блока с устройством рассогласования и формирователем, блока управления приводом подачи и блока привода. Он обеспечивает автоматическое поддержание мощности привода вращателя при изменяющемся сопротивлении бурению. При работе установки (рис. 10.45) величина потребляемой мощности поступает через трансформатор тока ТТ в устройство рассогласования Р. Здесь оно сравнивается с заданным номинальным режимом работы двигателя и поступает в блок формирования Ф. В зависимости от величины поступающего сигнала формирователь вырабатывает по принципу релейного трехпозиционного устройства одну из требуемых команд: «меньше», «равно», «больше».

Поступающие команды обрабатываются электрогидравлическим исполнительным механизмом ИМ, который управляет приводом подачи рабочего органа на забой, включающим гидростанцию ГС, гидроцилиндр ГЦ, лебедку Л.

#### 10.4.9. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОХОДКИ ТОННЕЛЕЙ

Строительство тоннелей метрополитена, автотранспортных и водоотводных тоннелей, а также специальных тоннелей и штреков, особенно при встречной их разработке и на криволинейных участках, требует абсолютной точности заданного направления проходки. При этом существенное значение имеют современные высокопроизводительные механизированные проходческие шитовые комплексы, реализующие повышенные скорости проходки. Однако, так как традиционные методы строительства, появились необходимость в эффективном непрерывном контроле за положением проходческого оборудования и его движением. Решение этой задачи осуществляется различными методами, использующими лазерные приборы.

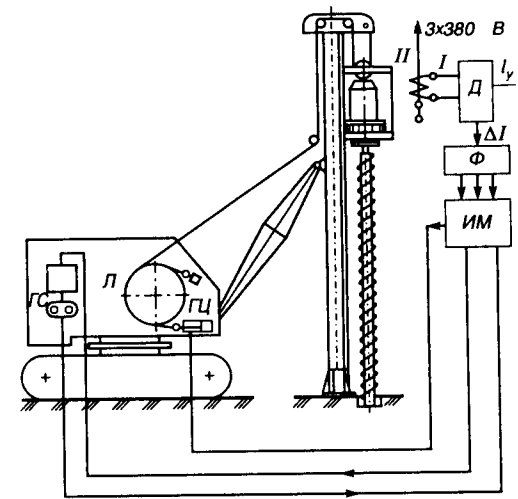
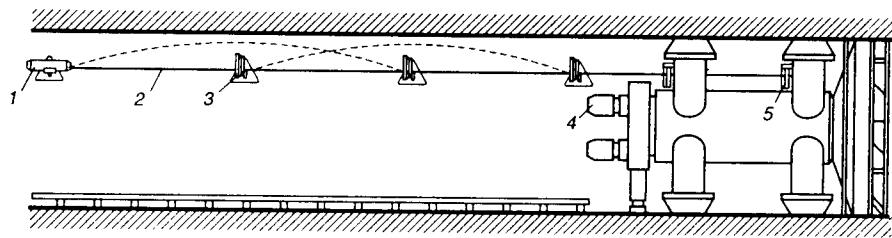


Рис. 10.45. Схема автоматического регулирования мощности привода в буровых установках

Наибольшее применение в тоннельном строительстве нашел метод установки лазерного прибора 1 и контрольных марок 3 на столбах или на стенах построенного участка тоннеля (рис. 10.46). В этом случае лазерный пучок 2 проецируется на приемное устройство 5, закрепленное на проходческом щите 4. При этом он проходит две диафрагмы в контрольных марках, одна из которых расположена на стене, а другая на ближайшем к излучателю конце проходческого щита. Перед началом работы лазерный пучок проходит через две диафрагмы, положение которых определено геодезическим путем и соответствует продольной оси щита, и наводится на центр приемного устройства, находящегося на машине. При перемещении проходческого щита во время работы в заданном направлении пучок должен попадать в центр приемного экрана, а при изменении направления подаются световые и звуковые сигналы и осуществляется корректировка работы машины. Возвращение движения машины на заданный курс производится либо машинистом путем включения корректирующего устройства, либо автоматически с помощью управляющей микро-ЭВМ.



Р и с. 10.46. Управление работой проходческого щита по лазерному лучу

Работа лазерного излучателя с приемным устройством возможна на расстоянии до 600 м. После перемещения проходческого щита на определенное расстояние происходит перестановка контрольных марок, а затем и лазерного прибора.

При проходке криволинейных участков тоннелей дополнительно используются усилитель излучения и призмы развертки луча, обеспечивающие отклонение его на заданный угол поворота тоннеля.

#### 10.4.10. АВТОМАТИЗАЦИЯ КАТКОВ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УПЛОТНЯЕМЫХ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Незаменимыми машинами для уплотнения дорожно-строительных материалов при строительстве дорог и различных площадок являются дорожные катки, автоматизации которых в последнее время уделяется большое внимание.

Современные дорожные катки с гидравлической системой управления для автоматической настройки на оптимальный режим работы оснащаются электронной системой с микропроцессорной техникой. Применение бортового микропроцессора позволяет, в зависимости от требуемой плотности и толщины укатываемого слоя, выбирать и автоматически поддерживать постоянную скорость передвижения катка, а ее изменение производить плавно, равномерно и качественно уплотняя материал. Эта система обеспечивает не только соответствие между направлением движения машины и вращения вала вибровозбудителя, но и автоматический разгон и торможение, а также изменение частоты колебаний в зависимости от плотности укатываемой поверхности, включение и отключение вибровозбудителя при изменении направления движения катка.

Система электронного автоматического управления вибрационным катком состоит из силовой (гидравлической) части и электронного блока управления ЭБУ с операционным усилителем. Силовая часть содержит регулируемые реверсивные аксиально-поршневые насосы, аксиально-поршневые регулируемые и нерегулируемые гидромоторы, насосы систем управления и подпитки, а также редукционные клапаны с пропорциональным электрическим управлением.

Величина электрического сигнала из ЭБУ обеспечивается пропорциональным регулированием насосов ходовой системы и вибровозбудителя. В этом случае задающий сигнал от рычага подачи топлива подается в ЭБУ, усиливается, преобразуется в нем и поступает на управляющие обмотки пропорционального электромагнита редукционного клапана, формирующего требуемое давление в системе управления. При этом поток рабочей жидкости перемещает поршень гидроусилителя насоса и, изменяя угол наклона блока цилиндров, определяет подачу насоса в соответствии с заданным сигналом.

Регулирование подачи насоса в зависимости от нагрузки производится следующим образом. Увеличение нагрузки на движителях вызывает увеличение крутящего момента на валу двигателя, что определяется датчиком скорости. Датчик обратной связи регистрирует снижение частоты вращения вала двигателя и подает сигнал в ЭБУ, из которого сигнал рассогласовывания поступает в редукционный клапан, формирующий давление в системе управления в соответствии с величиной поступившего сигнала. В связи с этим уменьшается и подача насоса.

В случае отключения одного из мостов катка в ЭБУ подается сигнал, преобразуемый в уменьшенный и подаваемый на пропорциональные электромагниты редукционных клапанов. В результате этого подача насоса уменьшается в два раза, а заданная скорость движения катка сохраняется постоянной.

Вибровозбудитель приводится в работу с помощью объемного гидропривода. При этом для предотвращения образования наплывов грунта и в особенности асфальта при изменении направления движения или при остановке катка происходит автоматическое отключение вибровозбудителей (в связи с уменьшением скорости катка ниже допустимой), а при достижении заданной скорости они вновь включаются в работу.

В системе автоматики используются переключатели выбора частоты вибрации и отключения одного из вибровозбудителей, а также задатчик изменения частоты вибрации, постоянно контролирующей плотность покрытия. При этом требуемая частота вибрации задается независимо от направления и скорости движения машины.

В комбинированных катках задние пневматические колеса приводятся во вращение попарно отдельными гидродвигателями. Это позволяет при движении катка на поворотах осуществлять автоматическую регулировку скорости качения одной пары колес относительно другой.

Во время работы с горячим асфальтом смачивание и охлаждение вальцов выполняется автоматически путем периодического включения насоса для подачи воды под давлением.

В катках на пневматических колесах, при работе с материалами различного вида и состава, требуемыми толщиной уплотнения и плотностью, обеспечивается централизованное автоматическое регулирование давления воздуха в шинах.

Наряду с автоматическим управлением вибровозбудителя и катка возможно их переключение на ручное.

Благодаря использованию в катках чувствительной электронной системы, насосы и гидродвигатели работают в оптимальном режиме, что значительно увеличивает срок их службы.

Автоматизация управления рабочим процессом дорожных катков позволяет оптимизировать этот процесс с учетом физико-механических свойств уплотняемого материала и ведет к повышению производительности и качеству выполняемых работ, снижению времени уплотнения и расхода топлива, а также улучшает условия работы машиниста.

Контроль качества уплотняемых дорожно-строительных материалов делится на контроль прочности, плотности, влажности и толщины покрытия. Эти виды контроля осуществляются различными методами, к которым относятся механический, электронно-механический, электромагнитный, низкочастотный, СВЧ-метод (сверхвысокие частоты), ультразвуковой и радиоизотопный.

Механический метод или метод отбора проб уплотненного материала сопряжен с необходимостью разрушения дорожного покрытия и с дальнейшим исследованием их в лабораторных условиях. В связи с ограниченным количеством отобранных проб

полученные данные не будут отличаться достаточной достоверностью и не смогут (по истечении затрат времени, требуемых на исследование) повлиять на качество уплотнения уже готовых покрытий. При этом в некоторых случаях, например на покрытиях автомобильных мостов и эстакад, такой отбор проб может привести и к нарушению прочности несущих конструкций.

Электромагнитный, низко- и высокочастотные методы контроля зависят от внешних источников энергии и по своей сложности не всегда удовлетворяют специфическим требованиям, предъявляемым дорожным строительством к таким приборам.

Ультразвуковой метод для работы с дорожно-строительными материалами также не вполне эффективен. Это объясняется тем, что в средах, обладающих вязкостью, происходит потеря энергии при распространении ультразвуковых волн. При этом величина поглощения их в грунте и асфальтобетоне довольно значительна. Одновременно к недостаткам следует отнести возможность работы приборов при температуре окружающего воздуха в незначительном диапазоне (от  $-5$  до  $+35^{\circ}$  С).

В практике известны и другие методы непрерывного контроля дорожно-строительных материалов при послойном их уплотнении машинами динамического воздействия. Одним из устройств, устанавливаемых на катках, является динамический индикатор для автоматического контроля качества уплотнения в процессе трамбования или вибрирования.

В катках 1 с вибровозбудителем (рис. 10.47, а) на вибровальце 5 устанавливается вибродатчик 4, сигналы от которого поступают по кабелю 3 в преобразователь и орган сравнения 2, усиливаются и подаются в исполнительные органы. Одновременно данные измерений поступают в постоянное запоминающее устройство и на панель индикации в кабине машиниста. В процессе работы катка на уплотняемой площадке приборы по показаниям вибродатчиков регистрируют изменяемые физические и динамические свойства уплотняемого

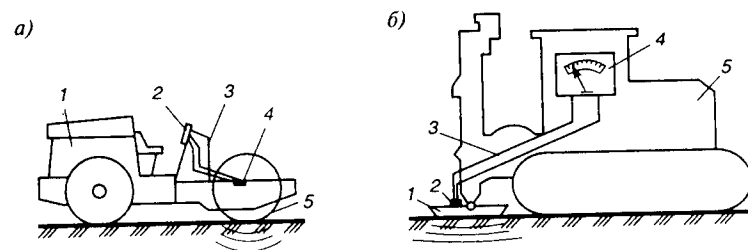


Рис. 10.47. Автоматизация контроля качества уплотняемых дорожно-строительных материалов

материала. При повышении плотности и одновременном увеличении модуля упругости земляного полотна на приборе фиксируются возрастающие показания. В случае устройства полотна из грунта с различными модулями упругости определяется результирующий динамический модуль упругости и регистрируется относительная величина несущей способности основания.

На экране дисплея или индикаторе счетчика высвечиваются цифры средних значений за период измерения от 5 до 30 с. Прибор настраивается на показания, соответствующие требуемой степени плотности, которые устанавливаются после стандартных испытаний. Превышение заданной плотности регистрируется световым или звуковым сигналами, которые оповещают о достижении нормативного уровня укатываемой поверхности.

Каток может комплектоваться дополнительным печатающим устройством для выдачи на бумажную ленту данных за время работы машины.

В трамбующих машинах 5 (рис. 10.47, б) автоматическое устройство включает в себя подобные элементы и состоит из индукционного вибродатчика 2, установленного на трамбующей плите 1, и прибора 4, размещенного в кабине машиниста, регистрирующего сигнал датчика и соединенного с ним кабелем 3. Перед началом работ определяют показания индикатора (тарировку), соответствующие требуемой плотности грунта при заданной толщине слоя. Степень уплотнения при работе машин динамического действия обратно пропорциональна скорости их движения. Поэтому следует стремиться к поддержанию той скорости, которая получена при тарировке.

Использование динамических индикаторов плотности повышает производительность грунтоуплотняющих машин и качество уплотнения грунта.

В связи с тем, что не все указанные методы способны обеспечить контроль всех видов качества уплотненных дорожно-строительных материалов, возникла необходимость в разработке нетрадиционных методов измерений.

Для оперативного неразрушающего контроля грунтовых оснований, бетонных и асфальтобетонных покрытий используют контрольно-измерительные радиометрические приборы. Их работа основана на применении источников  $\gamma$ -излучения (Cs-137), быстрых нейтронов (Am-241, Be) или на их совместном действии. В приборах используются свойства высокой проникающей способности  $\gamma$ -лучей и снижения интенсивности их излучения при прохождении через исследуемый материал. Поэтому, зная интенсивность излучения, исследуемый материал и заданную толщину уплотняемого слоя, можно, протарировав приборы, определять степень плотности уклады-

ваемого материала. Содержание влаги в контролируемом материале определяется по замедлению нейтронного излучения атомами водорода, а содержание связующего в асфальтобетонной смеси — по количеству углеводородных соединений в битуме.

Эти приборы используют как для поверхностного (метод вторичного рассеивания), так и для глубинного (метод просвечивания) измерения параметров уплотняемых материалов.

В настоящее время на строительстве дорог применяются переносные приборы для поверхностного измерения плотности асфальтобетонных покрытий толщиной 2,5...6 см, для поверхностного толщиной 10 см и глубинного толщиной 25 см измерения плотности и влажности грунтов и материалов покрытий (рис. 10.48), а также для определения содержания связующего в асфальтобетонных смесях. Эти автономные приборы состоят из встроенного микропроцессора, цифрового дисплея на жидких кристаллах, переключателя положения зонда с фиксацией через каждые 5 см и кнопки управления для задания требуемых параметров. При работе они переставляются по готовой поверхности.

Навесные приборы подобного типа устанавливаются на дорожных катках и предназначены для непрерывного контроля плотности укладываемого и укатываемого асфальтобетона в процессе работы уплотняющей машины. Такой прибор состоит из корпуса, закрепленного на нижней стороне рамы катка между вальцами. Внутри корпуса в двойных герметизированных капсулах из нержавеющей стали помещен источник излучения, отвечающий требованиям температурного класса и хранения радиоактивных материалов. Дополнительную термическую и механическую изоляцию обеспечивают конструкция и материал корпуса.

Источник излучения и приемное устройство расположены в корпусе прибора таким образом, что  $\gamma$ -лучи проникают в исследуе-

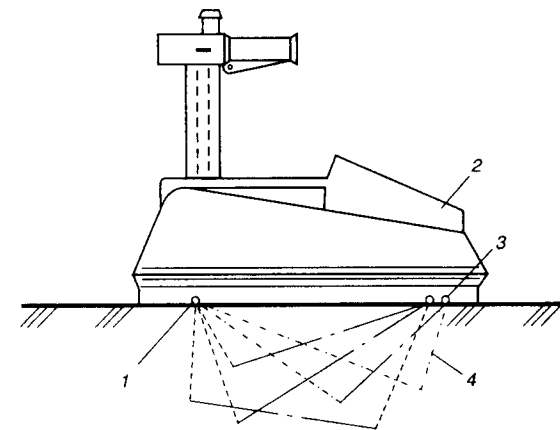


Рис. 10.48. Схема работы прибора оперативного неразрушающего контроля уплотняемых и укладываемых дорожно-строительных материалов:  
1 — источник; 2 — дисплей; 3 — приемник;  
4 — траектории фотонов

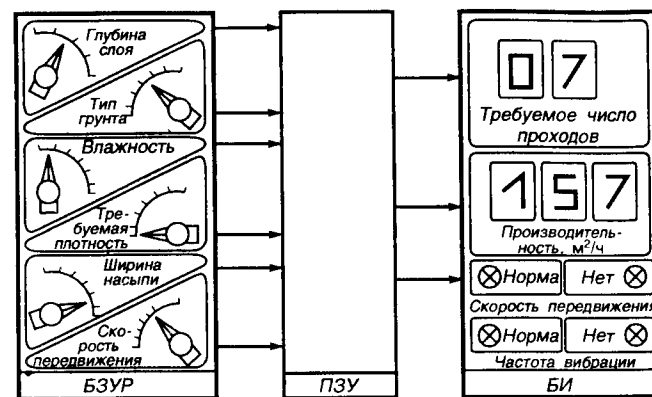
мый материал, рассеиваются в нем, преломляются и возвращаются к детектору. Отсюда данные непрерывных измерений передаются с помощью соединительного кабеля на бортовой микрокомпьютер, где происходит обработка и сравнение результатов измерений с заданным значением параметров. Индикаторно-регулирующий блок, соединенный с компьютером и установленный на приборной панели кабины перед машинистом, подает информацию на устройство визуального отображения информации — дисплей. На блоке управления катка устанавливаются также цветные сигнальные лампы, а при необходимости может подключаться и звуковая сигнализация.

Степень уплотнения асфальтобетона определяется в течение нескольких секунд в процессе работы катка. Перевод катка на смежную полосу укатки производится только после получения требуемой плотности материала, фиксируемой на дисплее с одновременным включением сигнальной лампы. После перемещения катка на новый участок работы определяется и степень предварительного уплотнения, достигнутая асфальтоукладчиком. Полученные значения плотности асфальта можно ввести в запоминающее устройство и получить результаты измерений в распечатанном виде за любой промежуток времени с указанием участков измерений.

Все приборы надежно защищены от воздействия вибрации, перепада температур и пылевлагодонепроницаемы. Изоляция изотопов обеспечивает практически естественный уровень радиации. Доза излучения при работе с приборами не превышает 4% от предельно допустимого значения. Для полной безопасности с помощью быстроразъемных соединений прибор по окончании работы снимается с катка и автоматически переводится в положение транспортировки или хранения, а перед началом смены вновь устанавливается.

К достоинствам радиометрического метода контроля уплотнения дорожно-строительных материалов следует отнести возможность проводить замеры на горячем асфальте и в непосредственной близости от рабочих органов катков, асфальто-, бетоно- и бордюроукладчиков, контролировать возрастание степени уплотнения при каждом проходе катка и определять оптимальное число проходов, а также быстро, надежно и с высокой степенью точности производить измерения состояния материалов. Все сказанное необходимо для достижения требуемых параметров дорожных покрытий и оптимального использования катков.

Современное устройство, устанавливаемое на катках и обеспечивающее его автоматический режим работы, состоит из трех основных блоков. К ним относятся блок задания условий работы (БЗУР), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) и блок индикации (БИ) (рис. 10.49). БЗУР состоит из набора переключателей, с



Р и с. 10.49. Автоматическое устройство режима работы катков

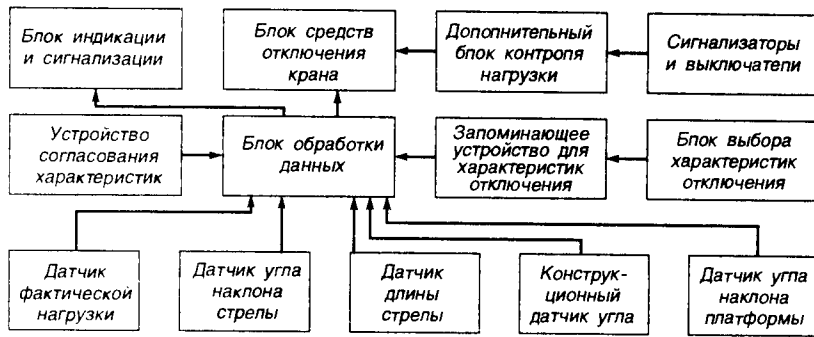
помощью которых задаются условия работы катка. ПЗУ содержит информацию по специально разработанным программам, устанавливающим взаимосвязь между условиями и режимами работы катка. На блок индикации в цифровой (на дисплее), световой, а при необходимости и звуковой форме поступают данные о работе катка.

#### 10.4.11. АВТОМАТИЗАЦИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Большое внимание в последние годы уделяется автоматизации грузоподъемных машин, таких, как погрузчики, самоходные стреловые и башенные краны. Основным направлением автоматизации этих машин также является управление, безопасность, контроль и диагностика. Однако в связи со спецификой использования главную роль в работе грузоподъемных машин играет их безопасность.

В настоящее время имеется большое количество ограничителей нагрузки кранов по конструктивным решениям и их видам. Наиболее полная схема современных универсальных приборов приведена на рис. 10.50.

Основной характеристикой кранов является грузовая, представляемая зависимостью между вылетом и нагрузкой. Ограничитель включает в себя датчик фактической нагрузки и датчик(и) датчики) изменения вылета, по сигналу которых определяется допустимая нагрузка. Это датчики угла наклона стрелы и длины стрелы (при телескопической стреле с изменяемой длиной). Для повышенной точности контроля нагрузки и вылета в некоторых типах ограничителей используются конструкционные датчики угла (меж-



Р и с. 10.50. Структурная схема ограничителей нагрузки крана .

ду осями стрелы и гидроцилиндрами подъема), а также датчик угла наклона платформы. Сигналы указанных датчиков поступают в блок обработки данных, где сравниваются с данными о характеристиках отключения, выдаваемыми из запоминающего устройства. Результаты обработки выводятся на блок индикации, а при превышении фактической нагрузки относительно допустимой — на блок средств отключения. Все универсальные ограничители имеют блок выбора характеристик отключения (в зависимости от вида установленного оборудования и режима работы крана) и устройство согласования характеристик отключения. В некоторых ограничителях содержатся дополнительные средства контроля, создающие второй уровень защиты кранов от опрокидывания путем контроля давления в гидроопорах, а также сигнализаторы и выключатели, блокирующие предельные перемещения механизмов и нагрузку на них. Эта схема ясно доказывает, как важно широкое внедрение, особенно в гидравлических самоходных стреловых кранах, современных средств автоматизации.

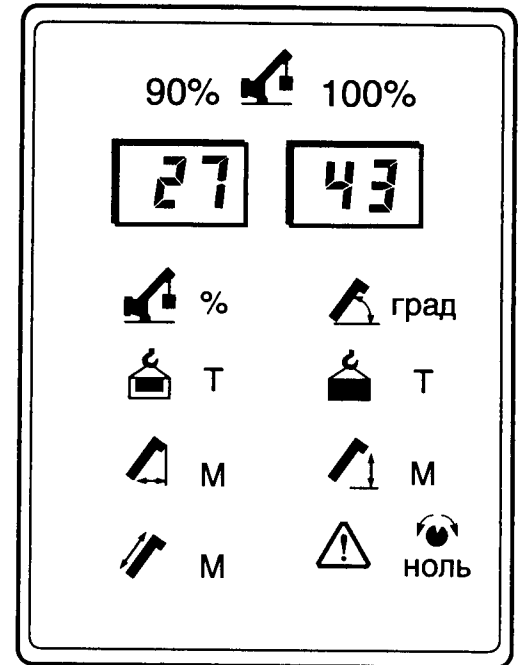
**Стреловые самоходные краны** последних моделей имеют бортовые электронные системы, состоящие из микропроцессора, пульта управления и датчиков, установленных на базовой машине и на крановой установке. Системы контроля и диагностики базовой машины и управляющих систем крана подобны рассмотренным (на экскаваторах) и обеспечивают машиниста всеми необходимыми данными для правильной эксплуатации машины и проведения технического обслуживания и ремонта, а также предупреждают о возможных неисправностях и способах их устранения. Крановые установки имеют свои особенности. Безопасное ведение работ кранами обеспечивается автоматически работающими средствами защиты. К ним относятся: конечные выключатели и различные ограничители; креномеры и анемометры; устройства, сигнализирующие о приближении к ЛЭП и предотвращающие столкновение стрел работающих рядом кранов между собой или с окружающими кран конструкциями; уст-

ройства, предотвращающие падение груза и обеспечивающие его опускание в аварийных ситуациях.

К последним внедренным на кранах разработкам относятся различные конструкции автоматических ограничителей с информационной панелью в кабине машиниста. В такой панели (рис. 10.51) на экранах двух дисплеев в цифровой форме, обычно постоянно, выводятся получаемые от датчиков ограничителей значения грузового момента и угла наклона стрелы. Нажатием соответствующих кнопок на панели на дисплей можно вызвать значения фактической и допускаемой грузоподъемности, фактического вылета и допускаемой высоты подъема крюка, фактической длины и угла наклона стрелы. При случайной ошибке машиниста, ведущей к перегрузкам и выходу из штатных режимов, включаются световая и звуковая сигнализации и одновременно отключаются все рабочие механизмы. В этом случае, так же, как и при возникновении неисправностей в машине, на дисплей выводится цифровой ход с указанием ошибки или неисправности.

Бортовые системы обеспечивают автоматический режим задания основных параметров кранов (например, грузоподъемность и вылет при заданной высоте подъема крюка) и работы гидравлических насосов и двигателей в зависимости от действующей нагрузки. Они позволяют стабилизировать в требуемых пределах температуру рабочей жидкости в гидравлических системах и воздуха в кабине.

Благодаря используемой в кранах гидравлической системе управления производится автоматическая установка и регулировка выносных опор и синхронное выдвижение двух-трех телескопических секций стрелы одновременно с автоматической фиксацией их в рабочих положениях.



Р и с. 10.51. Информационная панель в кабине управления стрелового крана

В зависимости от требуемой грузоподъемности, высоты подъема и вылета крюка на ряде кранов применяются автоматически перемещаемые противовесы.

При передвижении кранов по бездорожью или по тяжелым грунтам строительной площадки в работу могут автоматически включаться дополнительные ведущие мосты шасси. При этом во многих кранах все ходовые мосты машины оборудованы независимыми пневмогидравлическими подвесками с автоматическим выравниванием дорожного просвета при проходе по неровным поверхностям.

Торможение большинства многомостовых кранов при их передвижении по дорогам производится сервопневматическим тормозом, автоматически действующим на все колеса.

**Башенные краны** в основном оборудованы электромеханическими устройствами безопасности. К автоматически срабатываемым устройствам кранов относятся постоянно действующие управляемые рельсовые захваты, указатели вылета, частоты вращения грузовой лебедки (у кранов с двумя автономно управляемыми лебедками) и силы ветра, ограничители конечных положений рабочих органов (передвижения крана и грузовой тележки, высоты подъема и опускания крюка, поворота крана и угла наклона стрелы) и грузоподъемности. В последнее время, наряду с механическими передачами, для включения основных узлов в работу краны оснащаются и гидравлическими устройствами, используемыми в механизме выдвигания башни и выносных опорах (гидроцилиндры), в механизмах поворота и передвижения (гидромурфты) и для автоматической подачи смазывающего материала к труднодоступным местам редукторов, особенно планетарных (гидронасосы). Появление гидравлических систем в башенных кранах позволяет автоматизировать работу этих механизмов.

Значительное увеличение высоты подъема, вылета и грузоподъемности в башенных кранах (особенно зарубежных) ведут к дальнейшему усилению и совершенствованию систем защиты. Для предотвращения столкновения стрел при работе нескольких кранов на одной строительной площадке разработаны и применяются две системы защиты: *электромеханическая* с контролем двух зон и *модульная* с контролем пяти зон. Принцип работы этих систем заключается в том, что сигналы положения поворотной части крана и грузовой тележки поступают в электронные модули с регулируемым порогом чувствительности в зависимости от углового положения стрелы и вылета. Если сигналы превысят пороги, соответствующие границам контролируемой зоны, информация поступает на реле в пульт машиниста, и происходит непосредственное воздействие на механизмы крана, т. е. замедление движения или остановка одного или всех узлов крана. Одновременно через систему световой и звуковой сигнала

лизации идет оповещение машиниста о возникновении аварийной ситуации.

В последние годы в мировой практике появились различные многопараметрические системы защиты и диагностики, в том числе основанные на использовании микропроцессоров. В последнем случае краны оснащаются датчиками, установленными в механизмах и в ответственных узлах металлоконструкций кранов. Появление любых неполадок в работе крана высвечивается на экране дисплея и позволяет своевременно устранять все появившиеся неисправности.

Большое значение для безопасной работы кранов имеет и точный контроль скорости всех движений, осуществляемый регуляторами бесступенчатого контроля. При этом система оптимальной надежности в работе и защите крана от предельных отклонений основана на программируемом логическом контроллере. Одновременно ведется бесступенчатый контроль максимальных значений нагрузки и скорости при соответствующих вылетах. Возникающие отклонения от нормальной работы «мгновенно» появляются на дисплее и одновременно в световом и звуковом исполнении в кабине машиниста, а механизмы крана отключаются от электропитания.

На мощных кранах используется автоматическая укладка каната на барабан грузовой лебедки и автоматическое натяжение каната передвижения грузовой тележки.

В кранах применяют системы автоматического уравнивания массы стрелы с грузом на крюке за счет изменения положения противовеса с рычажно-шарнирной рамой (в кранах с подъемной стрелой) и с кареткой на противовесной консоли (в кранах с горизонтальной стрелой и грузовой тележкой).

#### 10.4.12. АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИН ДЛЯ ПРИКЛЕИВАНИЯ И СВАРКИ РУЛОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кровельные работы и устройство полов с использованием рулонных материалов (рубероида, линолеума и т. п.) находят широкое применение в гражданском и промышленном строительстве и относятся к наиболее трудоемким работам. Поэтому внедрение механизации и автоматизации основных производственных процессов при устройстве кровли значительно снижает трудоемкость и повышает производительность с одновременным улучшением качества выполняемых работ.

Для автоматического контроля и управления процессом разогрева рулонных материалов разработано электронное устройство к существующим машинам, предназначенным для приклейки наплавляемого рубероида и сварки линолеума. Поддержание заданной



## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТУ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

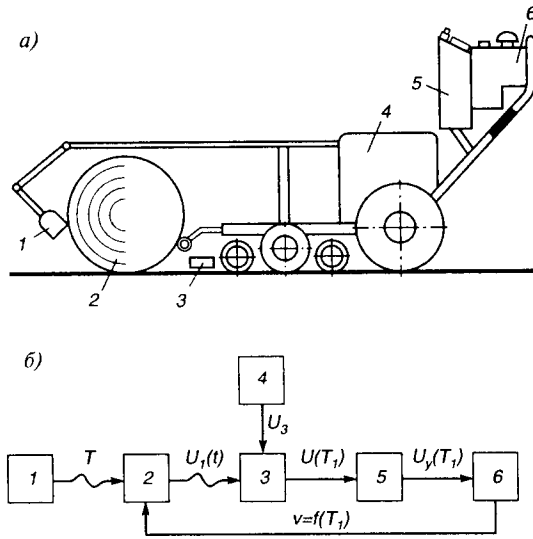


Рис. 10.52. Автоматизация работы машины для приклейки наплавляемого рубероида

греватель 1 с температурой  $T$  воздействует на рулонный материал 2, нагревая его за время  $t$  до температуры  $T_1$ . Под действием этой температуры датчики 3 вырабатывают электрический сигнал  $U(T_1)$ , поступающий в блок управления 5. Здесь сигнал преобразуется в управляющее напряжение  $U_y(T_1)$  для питания электропривода 6, который приводит в движение со скоростью  $v = f(T_1)$  приклеивающую или сварочную машины. В зависимости от используемого материала и условий работы начальная установка скорости осуществляется задающим напряжением  $U_3$  от задатчика 4.

Датчик 3 выполнен по схеме равновесного моста постоянного тока. Чувствительный элемент (терморезистор), изменяющий свое сопротивление в зависимости от изменения температуры, подключен к одному плечу этого моста и располагается в процессе работы на расстоянии 4...6 мм над поверхностью разогреваемого материала. Датчиком 3 определяется температура нагрева поверхностного слоя рубероида и выдается электрический сигнал соответствующего уровня в блок управления 5. Этот блок устанавливает такую частоту вращения вала электродвигателя привода 4 машины, при которой за счет изменения времени пребывания материала в зоне нагрева обеспечивается необходимая температура его разогрева в диапазоне, заданном блоком регулирования 6.

температуры разогрева укладываемого отделочного материала в соответствии с технологическим процессом осуществляется с помощью автоматизированного электропривода. Принцип его работы состоит в автоматическом изменении частоты вращения приводного электродвигателя машины, а следовательно, и скорости ее движения, в зависимости от изменения температуры поверхностного слоя материала.

В представленной на рис. 10.52, а, б функциональной схеме на-

### 11.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Высокий уровень организации и технической эксплуатации и ремонта строительных машин позволяет содержать парк машин в исправном состоянии, обеспечивает повышение их работоспособности и восстановление ресурса.

У нас в стране принята плано-предупредительная система технического обслуживания и ремонта строительных машин (система ППР). Эта система представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий, проводимых в плано-порядке. В соответствии с ГОСТ 18322—78 все работы, предусмотренные системой ППР, подразделяются на техническое обслуживание и ремонт.

Техническое обслуживание представляет собой комплекс операций по поддержанию работоспособности машины при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании. Техническое обслуживание предусматривает обязательный, периодически выполняемый по плану объем работ, заранее установленный для данного типа и модели машины. Несмотря на плано-порядок проведения работ по техническому обслуживанию, при известной степени изнашивания дальнейшее использование машины становится технически и экономически нецелесообразным или даже опасным (аварийным). В этом случае возникает необходимость в ремонтных работах.

Ремонт — это комплекс операций по восстановлению работоспособности машины и восстановлению ресурса машины и ее составных частей. Объем работ по ремонту машин зависит от качества технического обслуживания, условий использования машины, квалификации машиниста, в большинстве случаев он не регламентируется и устанавливается на основании фактической потребности.

В соответствии со строительными правилами (СНиП 111-1-76) и нормативными документами предусматривается проведение ежесменного технического обслуживания (ЕО), периодического технического обслуживания (ТО), сезонного технического обслуживания (СО) и плановых ремонтов: текущего (Т) и капитального (К).

*Ежесменное техническое обслуживание* должно обеспечить работоспособность машины на протяжении всей рабочей смены. Его выполняют перед началом, в течение или после окончания рабочей смены. В состав этого вида обслуживания входят смазка узлов и деталей машины и подготовка ее к передаче при смене бригад, а также контрольный осмотр перед работой.

*Периодическое техническое обслуживание* выполняется через установленные в эксплуатационной документации значения наработки или интервала времени. Этот вид обслуживания предупреждает интенсивность изнашивания сопряженных деталей машин за счет проведения профилактических мероприятий. Для машин, смонтированных на базе автомобиля, предусмотрено проведение двух технических обслуживаний (ТО-1 и ТО-2), а для машин, смонтированных на базе трактора или с тракторным двигателем, — трех технических обслуживаний (ТО-1, ТО-2 и ТО-3). В состав периодических технических обслуживаний входят: внешний уход, диагностирование, крепежные и регулировочные работы, а также смазывание машины.

*Сезонное техническое обслуживание* проводят для подготовки машин к осенне-зимней и весенне-летней эксплуатации, а также перед их хранением. Обычно этот вид обслуживания осуществляют два раза в год. При сезонном обслуживании производят замену масел, топлива и охлаждающей жидкости при переходе к соответствующему периоду эксплуатации.

Текущий ремонт выполняют для обеспечения работоспособности машины; он состоит из операции по восстановлению и замене деталей и сборочных единиц при частичной разборке машины.

Капитальный ремонт проводят для устранения неисправностей и восстановления полного или близкого к полному ресурса машины, включая любые ее части и даже базовые.

В системе ППР предусматривается выполнение в машине необходимых воздействий после отработки ею определенного количества часов. В соответствии с этим для каждой машины разрабатывается план-график периодичности выполнения технических обслуживаний и ремонтов (на время жизненного цикла машины, определенный год, месяц). основополагающим для разработки является ремонтный цикл, т. е. время работы машины (в ч) между очередными капитальными (К) ремонтами. Он устанавливается для каждой машины в зависимости от ее назначения и основных параметров. Ремонтный цикл рассчитывается так, чтобы каждая остановка маши-

ны на ремонт соответствовала времени достижения предельного износа определенной группы деталей и сборочных единиц. Например, для землеройной машины продолжительность ремонтного цикла (Ц) составляет 5760 ч. За это время необходимо провести четыре текущих (Т) ремонта через каждые 960 ч. В каждом цикле текущего ремонта Ц<sub>т</sub> проводится три ТО-2 со временем цикла Ц<sub>ТО-2</sub> = 240 ч, а в каждом Ц<sub>ТО-1</sub> — три ТО-1 со временем цикла Ц<sub>ТО-1</sub> = 60 ч. Интервалы между отдельными видами воздействий всегда являются величиной кратной и для приведенной периодичности представлены соотношением 1:4:16:96 или в часах как 60:240:960:5760. Для башенных кранов 5...9 размерных групп (М = 250...1400 т·м) это отношение составит 1:3:6:72 или в часах — 200:600:1200:14400, т. е. проведение двух ТО-1 и одного ТО-2 до текущего ремонта и одиннадцати текущих ремонтов в полном ремонтном цикле.

Технологический процесс технического обслуживания машин состоит из совокупности операций, каждая из которых составляет часть процесса, осуществляемого одним или несколькими рабочими. Операция представляет собой комплекс последовательных действий по обслуживанию сборочной единицы (узла или агрегата) или группы сборочных единиц. Так, операциями технического обслуживания являются: замена масла в поддоне картера двигателя, регулирование тормозов, регулирование фрикционной муфты и т. п. Техническое обслуживание машины состоит из большого числа операций, которые по своему характеру и условиям выполнения могут быть объединены в определенные группы, охватывающие цикл работ. Практика показывает, что техническое обслуживание независимо от его вида можно подразделить на следующие основные работы: уборочно-моечные, диагностические, крепежные, регулировочные, смазочные и заправочные. Такое подразделение обусловливается, во-первых, необходимостью использования рабочих соответствующих специальностей и квалификации при выполнении каждой работы и, во-вторых, применением специального оборудования, приборов и инструмента на месте выполнения работ.

Перечисленные группы работ характеризуются определенной значимостью. Уборочно-моечные работы (внешний уход), которые предшествуют всем остальным видам работ, позволяют установить наличие внешних неисправностей строительных машин, а также определяют качество последующих работ, их производительность и культуру выполнения.

Диагностирование строительных машин, которое заключается в определении их технического состояния без предварительной разборки, позволяет предусмотреть появление неисправностей и принять соответствующие меры, предупреждающие нарастание износов сопряженных деталей. Существенно важным является также то об-

стоятельство, что в результате проведения диагностирования представляется возможным установить остаточный ресурс машины и ее сборочных единиц, т. е. определить время нормальной работы машины до ее капитального ремонта.

В процессе выполнения практической работы строительная машина систематически подвергается воздействию динамических нагрузок, которые приводят к нарушению затяжки резьбовых соединений. Это обстоятельство вызывает необходимость в периодической затяжке резьбовых соединений, что требует выполнения крепежных работ. Несвоевременное проведение крепежных работ может вызвать аварийный дефект.

Сопряженные детали сборочных единиц характеризуются определенным расположением в пространстве и возникновением между деталями зазоров определенной величины. В процессе работы машин величины этих зазоров изменяются и после определенного промежутка времени их размер достигает предельных значений. С целью восстановления первоначальных зазоров и возникает необходимость в выполнении регулировочных работ.

Во время работы машины между трущимися поверхностями сопряженных деталей образуются силы трения, приводящие к повышению температуры обеих деталей и к их заеданию. Чтобы уменьшить трение, а следовательно, нагрев и износ, между этими деталями вводят смазочные материалы, позволяющие перейти от трения без смазки к трению граничному, а в отдельных случаях и к жидкостному.

Места смазывания, вид смазочного материала, периодичность смазывания и требования к нему указываются в заводской инструкции по эксплуатации для каждой машины. Система смазывания делится на индивидуальную и централизованную. В первом случае смазочные материалы подводятся к трущимся поверхностям индивидуально с помощью смазочного устройства, расположенного рядом с сопрягаемыми деталями. Во втором случае одно смазочное устройство обслуживает ряд сопряженных деталей, расположенных в различных местах машины.

Заправочные работы выполняются с целью заполнения систем строительных машин эксплуатационными материалами и специальными жидкостями: топливом, маслом, тормозной и гидравлическими жидкостями.

Наряду с плановыми ремонтами возможен и аварийный (не планируемый) ремонт (мелкий, средний), который выполняют эксплуатационные и ремонтные участки строительных организаций (управлений механизации).

## 11.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Работы по техническому обслуживанию и ремонту строительных машин выполняются централизованно, частично централизованно и децентрализованно.

Централизованная форма технического обслуживания заключается в том, что все технологические операции технического обслуживания и текущего ремонта выполняют бригады рабочих высокой квалификации под руководством инженерно-технического персонала. Таким образом, при этой форме обслуживания машинисты машин полностью освобождены от этих работ. Централизованное обслуживание относится к числу наиболее прогрессивных форм. Оно направлено на выполнение всех элементов планово-предупредительной системы в соответствии с техническими условиями и при наименьших затратах. Особенностью этой формы обслуживания является специализация отдельных операций, что позволяет решать следующие задачи: увеличить объем механизированных работ применительно к отдельным элементам технического обслуживания; повысить производительность машин в процессе эксплуатации за счет сокращения простоев в результате увеличения количества рабочих и механизации работ; улучшить качество обслуживания благодаря высокой квалификации рабочих. Разновидностью централизованного обслуживания является проведение работ специализированными звеньями.

Сущность специализации заключается в том, что звенья осуществляют работы только по техническому обслуживанию определенных видов или марок машин, а каждый из членов звена при этом выполняет с помощью выделенных ему средств механизации установленные однотипные виды работ, сложность которых соответствует присвоенному ему разряду. Специализированные звенья целесообразно создавать для выполнения периодических технических обслуживаний (ТО-1, ТО-2 и ТО-3). В эксплуатационных организациях, характеризующихся наличием смешанных парков машин, звенья целесообразно специализировать на обслуживании отдельных видов машин (землеройные, стреловые краны и т. д.).

Частично централизованная форма организации технического обслуживания характеризуется тем, что ежесменное обслуживание выполняют машинисты, которые закреплены за данными машинами, а периодические ТО и текущий ремонт — специализированные бригады рабочих. Недостатками этой формы организации технического обслуживания являются снижение эффективности системы ППР; уменьшение рабочего времени машины в результате ее простоя при техническом обслуживании; значительное, против пла-

новых норм, повышение трудовых затрат на рабочие операции из-за немеханизированного их выполнения; трудность осуществления должного контроля за работами по техническому обслуживанию и текущему ремонту.

Децентрализованная форма технического обслуживания характеризуется тем, что все виды работ выполняют машинисты машин. Специализированные бригады осуществляют лишь текущий ремонт машин. Недостатки этой формы организации технического обслуживания те же, что и при частично централизованной форме. Кроме того, при этой форме организации значительно увеличиваются простои машин при обслуживании.

Выше указывалось, что организацию технического обслуживания и ремонта строительных машин осуществляют эксплуатационные предприятия (управления механизации), в состав которых входят стационарные и передвижные мастерские. В зависимости от состава парка машин стационарные мастерские развиты в большей или меньшей степени. Так, при наличии в управлении механизации большого количества мобильных строительных машин основной объем работ по техническому обслуживанию и ремонту выполняется в условиях стационарных мастерских, которые в этом случае оснащены всем необходимым оборудованием для выполнения работ. При эксплуатации машин малой мобильности (экскаваторы, бульдозеры и др.), рассредоточенных на значительном расстоянии друг от друга, существенно важным является использование передвижных мастерских, входящих в состав управления механизации. Современные мастерские оснащаются оборудованием (компрессором, сварочным трансформатором, гидропрессом, пароводоструйным очистителем, емкостями для дизельного, трансмиссионного масла и для гидрожидкости, солидолонагнетателем, станками, инструментами, запасными частями, гидроманипулятором-краном и т. д.), обеспечивающим высокий уровень механизации ремонтных работ.

Для проведения работ по техническому обслуживанию промышленностью выпускаются универсальные и специальные передвижные мастерские. Последние характеризуются значительным разнообразием и могут предназначаться для технического обслуживания одного типа машин: башенных кранов, экскаваторов и т. п. Для технического диагностирования строительных машин используют передвижные диагностические станции КИ-4070А, КИ-5164 и КИ-13905, смонтированные на базе автомобиля. Станции оснащены комплексом приборов и инструментов, наличие которых позволяет осуществлять диагностирование машин с определением 60...130 параметров диагностирования.

Текущий ремонт строительных машин выполняется в стационарных мастерских управлений механизации и передвижными мастерскими в условиях строительной площадки.

Капитальный ремонт осуществляется ремонтными заводами. В настоящее время используют два метода капитального ремонта: *индивидуальный* и *агрегатно-узловой*. При индивидуальном методе ремонта отремонтированные сборочные единицы устанавливают на ту же машину, с которой они были сняты. При агрегатно-узловом методе ремонта сборочные единицы обезличиваются. Снятые с машины сборочные единицы направляют в ремонт, а взамен их устанавливают на машины сборочные единицы из оборотного фонда, которые заранее отремонтированы. Агрегатно-узловой метод ремонта характеризуется рядом преимуществ. В частности, исключается необходимость транспортирования машин от эксплуатационного предприятия на ремонтный завод, кроме этого значительно сокращается время на выполнение собственно ремонта машин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Добронравов С.С., Дронов В.Г.** Машины для городского строительства. М., 1985.
2. **Добронравов С.С.** Строительные машины и оборудование. М., 1991.
3. **Заленский В.С., Кузин Э.Н., Сырков А.Б.** Автоматизация управления строительными и дорожными машинами. М., 1996.
4. **Карабан Г.А., Баловнев В.И., Засов И.А., Лившиц И.А.** Машины для городского хозяйства. М., 1988.
5. **Машины и механизмы для отделочных работ / Под ред. С.С. Добронравова.** М., 1989.
6. **Основы автоматизации в дорожном строительстве / В.Н. Колышев, Б.С. Марышев, В.А. Рихтер и др.** М., 1987.
7. **Сидоров В.И.** Автоматизация работы строительных машин. М., 1989.
8. **Эксплуатация специальных автомобилей для содержания и ремонта городских дорог.** М., 1998.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3	<b>Глава 6. Машины для производства бетонных работ . . . . .</b>	<b>328</b>
Введение . . . . .	4	6.1. Машины для приготовления бетонных и растворных смесей . . . . .	328
<b>Глава 1. Общие сведения о строительных машинах . . . . .</b>	<b>7</b>	6.2. Машины и оборудование для транспортирования бетонных и растворных смесей . . . . .	340
1.1. Основные понятия и требования к машинам . . . . .	7	6.3. Машины для укладки и уплотнения бетонных смесей . . . . .	349
1.2. Классификация и индексация строительных машин . . . . .	17	<b>Глава 7. Машины для отделочных работ . . . . .</b>	<b>359</b>
1.3. Трансмиссии . . . . .	19	7.1. Машины для штукатурных работ . . . . .	360
1.4. Специальные узлы и детали строительных машин . . . . .	44	7.2. Машины для малярных работ . . . . .	381
1.5. Силовое оборудование . . . . .	58	7.3. Машины для устройства и отделки полов . . . . .	400
1.6. Ходовое оборудование . . . . .	69	7.4. Машины для кровельных работ . . . . .	418
1.7. Системы управления . . . . .	74	<b>Глава 8. Ручные машины . . . . .</b>	<b>426</b>
1.8. Основные технико-эксплуатационные показатели строительных машин . . . . .	76	8.1. Электрические ручные машины . . . . .	428
<b>Глава 2. Транспортные, транспортирующие и погрузочно-разгрузочные машины . . . . .</b>	<b>81</b>	8.2. Пневматические ручные машины . . . . .	461
2.1. Грузовые автомобили, тракторы, пневмоколесные тягачи . . . . .	81	8.3. Ручные машины с пиротехническим приводом . . . . .	471
2.2. Специализированные транспортные средства . . . . .	91	<b>Глава 9. Машины для содержания и ремонта дорог . . . . .</b>	<b>475</b>
2.3. Ленточные строительные конвейеры . . . . .	102	9.1. Машины для летней уборки дорог . . . . .	475
2.4. Погрузо-разгрузочные машины . . . . .	105	9.2. Машины для зимней уборки дорог . . . . .	479
<b>Глава 3. Грузоподъемные машины . . . . .</b>	<b>115</b>	9.3. Машины для ремонта дорог . . . . .	488
3.1. Домкраты, тали и лебедки . . . . .	115	<b>Глава 10. Автоматизация строительных машин и технологических процессов в строительстве . . . . .</b>	<b>494</b>
3.2. Строительные подъемники . . . . .	124	10.1. Общие положения . . . . .	494
3.3. Строительные башенные краны . . . . .	136	10.2. Классификация систем автоматики . . . . .	499
3.4. Стреловые самоходные краны . . . . .	166	10.3. Элементы систем автоматики . . . . .	504
3.5. Козловые краны . . . . .	193	10.4. Автоматизация работы строительных машин . . . . .	524
<b>Глава 4. Машины для земляных работ . . . . .</b>	<b>197</b>	<b>Глава 11. Общие сведения по эксплуатации и ремонту строительных машин . . . . .</b>	<b>567</b>
4.1. Взаимодействие рабочих органов машин с грунтом . . . . .	198	11.1. Основные положения системы технического обслуживания и ремонта строительных машин . . . . .	567
4.2. Машины для подготовительных работ . . . . .	203	11.2. Организация технического обслуживания и ремонта строительных машин . . . . .	571
4.3. Землеройно-транспортные машины . . . . .	211	Литература . . . . .	573
4.4. Экскаваторы . . . . .	227		
4.5. Машины для разработки мерзлых и прочных грунтов, разрушения дорожных покрытий и строительных конструкций . . . . .	272		
4.6. Машины для бестраншейной прокладки коммуникаций . . . . .	280		
4.7. Бурильно-крановые машины . . . . .	294		
4.8. Машины для уплотнения грунтов, дорожных оснований и покрытий . . . . .	299		
<b>Глава 5. Оборудование для свайных работ . . . . .</b>	<b>304</b>		
5.1. Свайные молоты . . . . .	305		
5.2. Вибропогружатели, вибромолоты и шпунтовывергиватели . . . . .	314		
5.3. Копры и самоходные копровые установки . . . . .	319		
5.4. Машины и оборудование для устройства буронабивных свай . . . . .	324		

*Учебное издание*

**Добронравов** Сергей Сергеевич  
**Дронов** Владимир Георгиевич

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ  
И ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Редактор *Т.Ф. Мельникова*

Художник *В.А. Дмитриев*

Художественный редактор *Ю.Э. Иванова*

Технический редактор *А.А. Овчинникова*

Корректоры *В.А. Жилкина, О.Н. Шебашова*

Оператор *Ю.А. Кунашова*

ЛР № 010146 от 25.12.96. Изд. № СТР-170. Сдано в набор 17.01.2001  
Подп. в печать 04.06.2001. Формат 60x88<sup>1/16</sup>. Бум. газетн. Гарнитура «Таймс»  
Печать офсетная. Объем: 35,28 усл. печ. л., 35,28 усл. кр.-отт., 36,25 уч.-изд. л.  
Тираж 8000 экз. Заказ № 1251

ГУП «Издательство «Высшая школа», 127994, Москва,  
ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14

Факс: 200-03-01, 200-06-87 E-mail: V-Shkola@g23.relcom.ru  
<http://www.v-shkola.ru>

Набрано на персональном компьютере издательства

Отпечатано во ФГУП ИПК «Ульяновский Дом печати»  
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14