

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЕ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**

**КАРИМОВ МАКСУД САМАДОВИЧ
МИРЗАЕВ БАХОДИР СУЮНОВИЧ
ВАФОЕВ САФО ТУРАЕВИЧ**

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАШИНЫ**

Рекомендовано Приказом № 4186 МВССО Р.Уз от 27 декабря 2019 года в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений по направлению подготовки специальности 5450300 «Механизация водного хозяйство и мелиоративных работ» квалификации «бакалавр».

Ташкент-2019

УДК: 631.311.5:693

В учебном пособии изложены сведения о назначении, области применения, устройстве всех основных видов строительных машин, включая некоторые оригинальные образцы машин производства иностранных фирм, применяемых на водохозяйственном строительстве. В отдельные главы выделены сведения о приводах и ходовых устройствах строительных машин их расчеты. Дано расчеты основных параметров строительных машин.

**Учебная пособия написанно под общей редакцией академика АН РУз
М.М.Мирсаидова**

Рецензенты:

Атакулов Т.У. к.с-х.н., начальник управления Министерството инновационного развития Р.Уз.
Фармонов Э.Т. к.т.н., доцент кафедры “Эксплуатация и ремонт машин” ТИИИМСХ.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современное строительство — одна из наиболее механизированных сфер человеческой деятельности. Строительные машины и оборудование участвуют на всех этапах строительного производства: в карьерной добыче строительных материалов (песка, гравия, глины, мела и т.п.); в изготовлении железобетонных, металлических, деревянных и других строительных элементов заводским способом; при погрузке, разгрузке и транспортировании материалов и строительных конструкций; в технологических процессах возведения зданий и сооружений, строительстве дорог, подземных коммуникаций, объектов гидротехнического, энергетического и других видов строительства — от работ освоения строительных площадок и нулевого цикла до завершающих стадий отделочных и других работ. Строительные машины являются также средствами механизации ремонтных и восстановительных работ.

Если в первой половине прошлого столетия внедрением в строительное производство машин решалась задача замены трудоемких ручных строительных процессов машинами, а впоследствии — вытеснения ручного труда широким внедрением средств малой механизации, то в настоящее время в области механизации строительства решаются проблемы более высокого уровня, к которым относятся:

- в сфере повышения эффективности машинного строительного производства, создание комплексов машин, обеспечивающих наиболее высокую выработку строительной продукции при минимальных затратах на ее создание;

- в социальной сфере — обеспечение комфортных условий персоналу, обслуживающему машины, широкое внедрение автоматических систем управления для облегчения труда человека-оператора и повышения качества строительных работ.

Если прежде строительные машины создавались под уже существующие технологии как средства, облегчающие труд строителей, то в дальнейшем сама

возможность механизации определенных строительных процессов в ряде случаев явилась побудителем создания более совершенных строительных технологий. Пример тому — индустриальный метод строительства с использованием элементов сооружений или полуфабрикатов заводского изготовления, который немислим без применения машин.

Из изложенного следует, что весь строительный цикл от создания проекта строительного объекта до его реализации представляет собой комплекс взаимно увязанных составных частей, включая механизированную технологию и строительные машины как средства ее обеспечения. Для эффективного решения строительных задач каждый участник строительного процесса должен быть специалистом в своей узкой области, а также быть способным оценивать влияние на нее смежных частей указанного комплекса. Например, инженер-механик и специалист-строитель должен ориентироваться в технологических возможностях различных моделей строительных машин определенного назначения для оптимального комплектования ими (по номенклатуре и численному составу) технологических процессов в заданных производственных условиях.

Его познания не должны ограничиваться только производственной составляющей эксплуатации машины. Как всякий другой объект, сопутствующий деятельности человека, машина требует постоянной заботы и ухода. Понимание этой части взаимоотношений строителя и машины нужно не только для того, чтобы учитывать при планировании работ возможные простои машин при их техническом обслуживании, перебазировании и т.п., но и для правильного формирования технической политики строительной организации в отношении обеспечения работоспособности машин.

Предлагаемое учебное пособие написано в соответствии с примерной программой одноименной учебной дисциплины для вузов инженерно-технических направлений.

Авторы желают студентам, изучающим строительные машины и оборудование успешного освоения изложенного в пособии материала также

будут признателен всем, кто выскажет свои замечания и пожелания, по совершенствованию содержания учебного пособия.

Глава 1. Общие сведения о механизации и автоматизации строительства.

1.1. Основные виды строительных работ, их механизация и основные показатели оценки ее уровня.

В строительстве различают подготовительные, земляные, дорожные, транспортные, погрузочно-разгрузочные, бетонные, свайные, отделочные, электро-монтажные и другие виды работ. В настоящее время строительные работы выполняются преимущественно с использованием машин и оборудования, благодаря их высокой производительности по сравнению с работами, выполняемыми вручную. Это приводит к сокращению сроков строительства и снижению связанных с этим затрат. В то же время в строительстве имеются некоторые технологические процессы или отдельные операции, в которых еще сохранился ручной труд, в основном, из-за нецелесообразности их механизации.

Строительные процессы, в которых заняты машины, называют *механизированными*, а их обеспеченность машинами — *механизацией строительства*, по отношению к которой строительные машины также называют *средствами механизации*. Различают полную и частичную механизацию. В первом случае все технологические операции строительного процесса выполняются машинами, а во втором на отдельных операциях используется также ручной труд.

В настоящее время для выполнения одних и тех же видов строительных работ используются различные типы и модели машин. В строительной практике при планировании организации работ приходится решать задачи оптимального выбора средств механизации для наиболее эффективного выполнения строительных работ. Подобные задачи возникают также при комплектовании парков машин управлений механизации для выполнения

строительных работ более долгосрочного периода. В этих случаях ориентируются на показатели механизации, наиболее существенными из которых являются:

- *производительность труда на одного рабочего*, численно равная отношению общего объема работ, выполненных в течение смены, к общему числу рабочих, занятых на этих работах;

- *стоимость единицы продукции*, равная сумме всех денежных затрат, связанных с ее производством;

- *доля ручного труда*, оцениваемая отношением объема или стоимости работ, выполненных вручную, к общему объему (стоимости) работ или отношением количества рабочих, занятых на ручных работах, к общему их числу.

Эффективность механизации строительства будет тем выше, чем больше первый показатель и ниже два других.

Эти показатели также зависят от таких основных параметров машин как их масса, мощность приводного двигателя и др. Так, при выполнении монтажных работ машинами малой мощности производительность труда в 8...13 раз больше того же показателя при использовании ручного труда, а в случае применения машин большой мощности это отношение может возрасти в 50...100 раз. Отношение стоимостей 1 т смонтированных машинами и вручную конструкций составит 0,4...0,6 в случае применения машин малой мощности и в 3...4 раза меньше этого отношения в случае применения машин большой мощности. Из этого сравнения еще не следует однозначный вывод о более высокой эффективности машин большой мощности. Их целесообразно использовать на массовых строительных работах, так как при ограниченных объемах этих работ, рассредоточенных по различным строительным объектам, и большой стоимости их перебазировок можно получить противоположный результат.

Следует также весьма осторожно относиться к такому показателю как доля ручного труда, который в ряде случаев без связи с другими показателями

не столько проясняет оценку уровня механизации, сколько усложняет ее. Рассмотрим это на примере механизации отрывки траншей с применением траншейного экскаватора производительностью $500 \text{ м}^3/\text{ч}$. Предположим, что доля ручного труда в этом процессе (очистка вручную траншеи от осыпавшегося грунта) составляет $0,5 \%$. Следовательно, уровень механизации в этом случае составит $99,5 \%$. На первый взгляд эта цифра свидетельствует о весьма высоком уровне механизации. Оценим теперь долю ручного труда по отношению числа рабочих, занятых ручным трудом, к общему их числу, предположив, что экскаватор обслуживается одним машинистом. При указанной выше доле ручного труда в $0,5 \%$ ежечасно из траншеи будет вынуто примерно $2,5 \text{ м}^3$ грунта вручную. При средней выработке $0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ на одного рабочего-ручника для выполнения этого объема работ потребуется 5 рабочих, что по отношению к общему числу рабочих $5 + 1 = 6$ составит $5/6 \cdot 100 \% = 83,3 \%$. Другими словами, на каждого механизатора при указанном выше уровне механизации потребуется 5 рабочих, занятых ручным трудом. Производительность труда на одного рабочего составит $(500 + 2,5)/6 = 83,75 \text{ м}^3/\text{ч}$. Даже незначительное (на $0,1 \%$) снижение доли ручного труда при прочих равных условиях приведет к сокращению рабочих-ручников на одного человека и увеличению производительности труда до $(500 + 2) / 5 = 100,4 \text{ м}^3$, что почти на 20% выше прежнего показателя. При переходе от ручного труда к машинному эффект достигается благодаря техническому перевооружению занятых в строительном процессе рабочих — замене примитивных ручных инструментов (лопат) машиной (экскаватором), соответствующей современному техническому уровню.

Более высокой эффективности применения машин (их высокой производительности, минимальному расходу энергии, эксплуатацион-

ных материалов и инструментов при их работе, минимальным затратам времени и других ресурсов на ремонт, техническое обслуживание и перебазирование машин, минимальному числу машинистов и другого обслуживающего персонала) соответствуют меньшие удельные затраты.

В механизации строительства существует также понятие *малой механизации* с использованием ручных машин, механизмов, приспособлений и оснастки, упрощающих и облегчающих ручной труд и повышающих его производительность.

1.2. Основные термины и определения.

Изделие – единица продукции, выпускаемая предприятием для дальнейшего потребления (винт, двигатель, экскаватор...).

Деталь – изделие, выполненное, как правило, из однородного материала без применения сборочных операций (гайка, крюк, вал, корпус редуктора и т. п.).

Сборочная единица – изделие из деталей, соединенных сборочными операциями (свинчиванием, сваркой, склеиванием и т. п.).

Узел – несколько собранных вместе деталей, образующих отдельную функциональную единицу в составе более сложного технического устройства (подшипниковый узел...).

Механизм – совокупность взаимосвязанных подвижных и неподвижных деталей, предназначенных для изменения начального движения с целью выполнения какой-либо из производственных функций машины.

Машина – устройство, предназначенное для выполнения полезной работы при передаче, переработке, получении энергии, материалов, информации и обеспечивающее частичное или полное высвобождение «живого» труда.

Типы машин - машины-двигатели, машины-преобразователи, машины-орудия (рабочие машины). Машины-двигатели преобразуют какой-либо вид энергии в механическую работу (например, вращение вала двигателя). Машины-преобразователи, наоборот, механическую работу превращают в энергию (электрическую...). Рабочие машины предназначены для выполнения производственной функции (перемещение грузов, копание грунта и т. п.).

Рабочая нагрузка – сила или момент, воспринимаемые элементами машины. **Статическая нагрузка** – воздействие на элемент машины, значение и место приложения которого неизменно или медленно меняющееся. **Динамическая нагрузка** – воздействие с резко выраженным характером изменения его значения и (или) места приложения.

Износ – физическое или моральное устаревание машины. Физический износ связан с потерей первоначальных размеров, других характеристик при механическом изнашивании в процессе эксплуатации. Моральный износ отражает отставание возможностей машины от требований времени. При оценке объектов недвижимости (например, сооружений и оборудования предприятий стройиндустрии) может учитываться внешний (экономический) износ, связанный с негативными изменениями внешней среды, в том числе и от ухудшения экономических условий в районе местоположения объекта.

Маневренность – способность машины работать и перемещаться в стесненных условиях. Основной показатель – радиус поворота машины. **Мобильность** – способность машины перемещаться с высокой транспортной скоростью. Основной показатель – транспортная скорость.

Проходимость – способность машины перемещаться по слабым грунтам и снежному покрову, преодолевать неровности местности, небольшие водные преграды (лужи). Проходимость связана с удельным давлением на грунт, величиной дорожного просвета (от нижней точки подвесной конструкции машины до опорной поверхности), базовыми размерами ходовой части. **Устойчивость** – свойство машины сопротивляться действию опрокидывающих ее сил. Устойчивость машины связана с положением центра тяжести (чем он ниже, тем машина устойчивее).

Парк машин – совокупность машин отдельной организации либо группа машин, концентрирующаяся на определенной территории.

Производственная эксплуатация машин – использование техники по назначению для выполнения работ производственного цикла. **Техническая эксплуатация** – комплекс мероприятий по ремонту, техническому

обслуживанию, диагностированию, транспортировке, консервации и хранению машин

Наработка – объем продукции или продолжительность работы машины.

Механизация производственных процессов – применение машин для выполнения технологических операций. Частичная механизация – выполнение с помощью машин отдельных операций производственного цикла.

Автомат – техническое устройство, выполняющее производственную функцию по заранее заданной программе.

Автоматизация – высшая форма механизации, предусматривающая полную передачу производственных функций машинам. Роль человека сводится к периодическому контролю работы машин. При автоматическом выполнении более половины операций технологические процессы считаются автоматизированными, а при автоматизации более 98 % операций – автоматическими.

Управление – процесс формирования и реализации воздействий, призванных обеспечить достижение управляемой системой желаемого результата.

Система автоматического управления – выполнение управленческих воздействий специально предназначенными для этого средствами на объект управления без непосредственного участия человека.

Автоматизированные системы управления (АСУ) – человекомашинные системы, призванные обеспечить получение оптимизированных решений при управлении технологическими и производственными процессами. АСУ предусматривают широкое применение компьютерных средств и программ, в том числе создание современных информационных систем, банков данных.

Манипулятор – машина, частично подменяющая человеческую руку (выполняющая функции руки).

Робот – машина с антропоморфным (человекоподобным) действием.

Роботизация – применение роботов в технологических процессах.

Глава 2. Общие сведения о строительных машинах и оборудовании.

2.1. Исторические сведения о развитии строительных машин.

Практическое применение строительных машин можно отнести к началу XIX в., когда была создана паровая машина. Одной из первых землеройных машин была многоковшовая землечерпалка с двигателем мощностью 15 л.с. (11 кВт), построенная Ижорским заводом в 1812 г. под руководством инженера А. Бетанкура. Впоследствии завод построил еще две такие землечерпалки, успешно работавшие на углублении гаваней. За рубежом подобные землечерпалки появились только в 1830 г. Паровые землечерпалки были в 14 раз производительнее, чем землечерпалки с ручным или конным приводом.

В 1836 г. механик Отис (США) изобрел паровой экскаватор с ковшом вместимостью 1,14 м³ при мощности 15 л. с. на рельсовом ходу без привода. Его производительность составила 30... 80 м³/ч, что в 1,5 —2 раза меньше производительности современного канатного экскаватора с ковшом такой же вместимости. Экскаваторы Отиса успешно работали на строительстве железной дороги Санкт-Петербург—Москва, а впоследствии на добыче руды на Урале.

В начале XIX в. появились копры для забивки свай с чугунными бабами массой до 400 кг, поднимаемые канатами вручную, конной тягой или водяным колесом. На строительстве железной дороги Санкт-Петербург — Москва работали свайные подвесные молоты с приводом от паровых лебедок. Первый отечественный паровой молот был построен в 1869 г.

Первый колесный скрепер с конной тягой появился в XVIII в. Во второй половине XIX в. на земляных работах использовались конные совковообразные скреперы-волокуши вместимостью 0,1...0,3 м³, а также колесные скреперы с ковшами 0,2...0,3 м³.

Еще в 1850-х гг. в России выравнивали дороги бревнами, которые волочили конной тягой. В 1870-х гг. в США появились первые грейдеры с подвешенным к телеге ножом-отвалом. Впоследствии телега была заменена металлической рамой на колесах и усовершенствована некоторыми механизмами. Еще 2... 3 тыс. лет до н. эры на дорожных работах применялись каменные катки с ручной тягой. Во второй половине XIX в. тяга была заменена на конную, а затем каменные катки были заменены металлическими. В конце XIX в. на Коломенском заводе началось производство паровых катков массой 10 т при мощности 15...25 л.с. (11...18,4 кВт). В 1970-е гг. появились грейдер-элеваторы с конной тягой производительностью до 100 м³, которые использовались на дорожных работах.

Со второй половины XIX в. для дробления щебня в дорожном строительстве начали применять щековые дробилки. Первые смесительные машины с деревянным барабаном и ручным приводом появились в середине XIX в. В дальнейшем ручной привод был заменен конным, а деревянные барабаны — железными, еще позже они были переведены на паровой привод.

С конца XIX в. начали использовать пневматические трамбовки для уплотнения бетонной смеси взамен деревянных.

Первые простые машины создавались для выполнения наиболее тяжелых и трудоемких работ, где требовались очень большие рабочие усилия. Идеи сложных машин — землечерпалок, экскаваторов с элементами подъемных устройств появились в средние века. Однако для их реализации потребовались большие сроки. Так, от создания эскиза грейфера Леонардо да Винчи (1500 г.) до постройки грейферного механизма землечерпалки прошло 225 лет, от изобретения того же автора цепной землечерпалки до первой такой машины с конным приводом - более 200 лет, а до цепной паровой землечерпалки - более 300 лет.

Первая эпоха создания машин с ручным, конным, водяным и ветровым приводами длилась до XIX в., после чего, с изобретением паровой машины, наступила вторая эпоха, длившаяся менее столетия. Она совпала с бурным

развитием постройки железных дорог, которое создало благоприятные условия для применения паровых экскаваторов мощностью до 1000 л. с. (735 кВт), массой до 500 т на рельсовом ходу. Следующим решающим фактором в развитии строительных машин стало освоение в начале XX в. гусеничного, а затем пневмоколесного хода.

В 1920-е гг. начался третий этап развития строительных машин, сопровождавшийся увеличением их мощности, повышением производительности, снижением энергоемкости и материалоемкости, применением более совершенных видов привода и управления, созданием сменного рабочего оборудования для различных условий и видов работ. Начало XX столетия знаменуется заменой на строительных машинах парового привода двигателями внутреннего сгорания в широких масштабах. Началось внедрение индивидуального электрического и гидравлического приводов, а также современных систем управления.

В развитии строительных машин отмечаются следующие тенденции: при создании большинства машин использовался принцип подобия ручным рабочим процессам; первые машины были целиком или частично деревянными, только в конце XIX в. железо вытеснило дерево из всех несущих конструкций машин; ручной, конный, ветряной и водяной приводы были заменены более прогрессивным паровым приводом с одновременным повышением его мощности (от 14...15 л.с. в середине XIX в. до 800 л.с. к концу XIX в.); неприводные ходовые устройства из деревянных катков и колес были последовательно заменены гусеничным и пневмоколесным приводным ходом; внедрение прогрессивных видов привода (двигателей внутреннего сгорания, электро- и гидропривода), а также современных систем управления на основе достижений науки и техники способствовало дальнейшему совершенствованию конструкций строительных машин, снижению их энергоемкости и материалоемкости, созданию комфортных условий для обслуживающего машину персонала.

2.2. Определения строительных машин и оборудования.

Строительной машиной - называют устройство, которое посредством механических движений преобразует размеры, форму, свойства или положение в пространстве строительных материалов, изделий и конструкций.

Например, станок для нарезки арматурных стержней в производстве железобетонных изделий превращает исходные стальные прутки в арматурные стержни определенной длины без изменения других их размеров; формовочная машина в том же производстве укладывает бетонную смесь в опалубку, придавая будущему бетонному или железобетонному изделию определенную форму; поверхностные или глубинные вибраторы уплотняют уложенную в инженерное сооружение бетонную смесь, преобразуя ее плотность; башенный кран перемещает строительное изделие или груз (железобетонную плиту перекрытия, металлоконструкцию арки, контейнер и т.п.) из одного пространственного положения в другое. Изменяемые факторы (размеры, форма, свойства, положение в пространстве) не обязательно должны быть целевыми, как это имеет место в приведенных примерах. Многие машины преобразуют отдельные из этих факторов попутно при преобразовании других факторов. Например, разрабатывая грунтовую выемку, одноковшовый экскаватор отделяет часть грунта от массива, переносит его в ковше и отсыпает в кузов автосамосвала или в отвал. Для строительного материала — части грунта это, по существу, изменение его положения в пространстве. Однако попутно исходный материал — массив грунта — претерпевает также изменения по форме (измельченные куски грунта в процессе его разработки) и по свойству (изменение объема пор, плотности).

В соответствии с приведенным выше определением машины, изменяющие только положение строительных материалов в пространстве, следует отнести к *транспортным*, а все остальные – к *технологическим*.

В инженерной практике первый термин относят только к таким машинам как автомобили, тракторы, тягачи и т. п. Все другие машины этой группы

получили название, более конкретно определяющее их назначение, например грузоподъемные машины для перемещения грузов по пространственным траекториям, транспортирующие машины для перемещения грузов по постоянным траекториям и др. Основой рабочих процессов большинства технологических машин являются транспортные операции или их отдельные части - рабочие движения.

Состояние функционирования машины, в процессе которого она вырабатывает продукцию, называют *производственной эксплуатацией*. Она включает выбор типов машин, их расстановку, определение технологических схем комплексной механизации и их реализацию. Выработку (производство) продукции здесь следует понимать в широком смысле, распространяя это понятие также на изменение (преобразование) положения строительных материалов в пространстве. Мероприятия, обеспечивающие поддержание качества машин при их эксплуатации (приемка и сдача машин, их обкатка, монтаж и демонтаж, транспортирование, хранение и консервация, техническое обслуживание и ремонт, снабжение эксплуатационными материалами и запасными частями, обеспечение безопасной эксплуатации и др.), составляют содержание *технической эксплуатации*.

В процессе эксплуатации вследствие деформирования, поломок и износа элементов машины, обрывов и коротких замыканий в электрических цепях, нарушения регулировок, залипания и забивания рабочих органов обрабатываемой средой, засорения гидравлических систем, образования течей в местах соединения шлангов, загрязнения или ослабления контактов электропроводки, ослабления креплений вследствие вибраций, встречи рабочего органа с непреодолимым препятствием и другими причинами машина частично или полностью теряет свою работоспособность и не может выполнять заданные функции с изначально установленными параметрами. Невозможность дальнейшей эксплуатации машины из-за нарушения требований безопасности или выхода заданных параметров за установленные пределы, снижения эф-

фективности эксплуатации ниже допустимой определяет *предельное состояние* машины.

Календарную продолжительность эксплуатации машины от ее начала или возобновления после ремонта до наступления предельного состояния называют *сроком службы*. Подобный показатель, но измеренный либо в часах чистой работы машины, либо в единицах ее продукции до наступления предельного состояния, называют *техническим ресурсом*.

2.3. Параметры машины. Типоразмер и модель.

Параметром машины называют количественную, реже, качественную характеристику какого-либо существенного ее признака. *Различают главные, основные и вспомогательные параметры*.

Главными называют такие параметры, которые в наибольшей мере определяют технологические возможности машины. Для большинства машин к таким параметрам относят: массу машины, мощность силовой установки или суммарную мощность основных двигателей в электроприводе, производительность и др.

К *основным* параметрам, включающим также главные, относят такие, которые необходимы для выбора машин в определенных условиях их эксплуатации. Кроме перечисленных, к этим параметрам относятся характеристики проходимости (удельное давление на грунт в рабочих и транспортных режимах и др.), маневренность машины (радиусы разворотов) и другие ходовые свойства (скорость передвижения, предельные углы подъема и др.), усилия на рабочих органах, размеры рабочей зоны, габаритные размеры машины и др.

К *вспомогательным* относят все остальные параметры, характеризующие, например, условия технического обслуживания, ремонта и перебазирования. В пределах каждой функциональной группы машины объединяются по типоразмерам, характеризуемым единым главным параметром.

Одному типоразмеру могут соответствовать несколько моделей, каждая из которых объединяет машины, имеющие идентичные параметры, конструктивные решения и изготовленные по единой рабочей документации. В технической документации каждую модель машины обозначают *индексом*, в котором в кодированной форме заключено полное название машины с ее главными параметрами. Например, в соответствии с индексацией кранов, выпускаемых заводами индекс КС-8362ХЛ обозначает: кран стреловой самоходный (КС) грузоподъемностью 100 т (8 - восьмая размерная группа), пневмоколесный (3 - шифр ходового устройства) с гибкой (канатной) подвеской (6 - шифр гибкой подвески стрелового оборудования), второй модели (2), в северном исполнении (ХЛ).

2.4. Общая классификация строительных машин.

Наиболее общим признаком классификации строительных машин является их назначение или виды выполняемых работ. По этому признаку классификация машин представляется иерархической схемой, на первом уровне которой все машины разбиты на следующие основные классы: транспортные, транспортирующие, погрузочно-разгрузочные, грузоподъемные, для земляных работ, для свайных работ, для дробления, сортировки и мойки каменных материалов, для приготовления, транспортирования бетонных смесей и растворов и уплотнения бетонной смеси, для отделочных работ, ручной механизированный инструмент и другие средства малой механизации.

Каждый класс делится на группы (второй уровень), например строительные краны из класса грузоподъемных машин. Группы, в свою очередь, делятся на подгруппы или типы в зависимости от порядка иерархической схемы (третий уровень), например стреловые самоходные краны из группы строительных кранов и т.д. На предпоследнем уровне машины определенного типа делятся на типоразмеры, а на последнем - на модели (см.,

например расшифровку приведенного выше индекса стрелового самоходного крана КС-8362ХЛ).

Чем глубже иерархия машин, тем уже их специализация. Для сравнения по этому признаку вводят понятия *универсальных* и *специальных* машин. Так, траншейный роторный или цепной экскаватор, не способный выполнять другие земляные работы, кроме отрывки траншей, можно считать специальным по сравнению с одноковшовым экскаватором с рабочим оборудованием обратная лопата, способным отрывать любые выемки, включая траншеи. Специальные машины более производительны по сравнению с универсальными. Однако их применение эффективно только в случае выполнения больших объемов работ, поскольку в противном случае неизбежны простои, снижающие их годовую производительность.

В практике механизации строительного производства иногда возникает необходимость на базе уже существующей модели создать модификацию, более приспособленную к конкретным производственным условиям либо для выполнения работ по профилю базовой машины, но с измененными параметрами, например башенный кран с удлиненной башней или стрелой. В первом случае увеличивается высота подъема груза, а во втором - его вылет. Для таких модифицированных машин сохраняют наименование базовой машины с добавлением характеристики модифицированного исполнения.

Строительные машины классифицируют также по режиму рабочего процесса, по роду используемой энергии, а также по способности передвигаться и типу ходовых устройств.

По режиму рабочего процесса различают машины циклического и непрерывного действия. Технологические операции машины циклического действия выполняются последовательно, образуя в совокупности ее рабочий цикл, по завершении которого выдается одна порция продукции. Например, одноковшовый экскаватор отделяет грунт от массива, загружая его в ковш (операция копания грунта), переносит грунт в ковше к месту выгрузки (транспортная операция), выгружает в отвал или транспортное средство (опера-

ция выгрузки) и возвращает рабочее оборудование на позицию начала следующего рабочего цикла (заключительная операция рабочего цикла). За каждый рабочий цикл экскаватор выдает порцию продукции в объеме вместимости ковша.

Операции машин непрерывного действия совмещены во времени, а в пределах каждой операции строительный материал находится на разных этапах преобразования. Эти машины выдают продукцию непрерывно. Например, рабочий орган траншейного роторного экскаватора выполнен в виде вращающегося колеса с расположенными с одинаковым шагом по его периферии ковшами. В процессе вращения ротора и его поступательного движения вместе с тягачом ковша поочередно заполняются отделяемым от массива грунтом (сравните с работой ковша одноковшового экскаватора), выносят его над уровнем траншеи и разгружают на ленточный конвейер, установленный поперек ротора, которым грунт непрерывно отбрасывается в сторону от траншеи. В процессе выполнения технологических операций копания и перемещения грунта к месту выгрузки в каждый момент времени ковши занимают различные положения в пространстве, а материал — загруженный в ковши грунт — находится на разных этапах его перемещения (преобразования). Машины непрерывного действия имеют более высокую производительность по сравнению с циклическими машинами, обусловленную совмещением технологических операций во времени, но являются обычно узко специализированными в то время как машины циклического действия являются более универсальными.

Некоторые машины, в зависимости от вида выполняемых работ, могут работать как в циклическом, так и в непрерывном режимах. Например, бульдозер, оборудованный неповоротным в плане отвалом для послойной разработки грунта, работает в циклическом режиме, выдавая за каждый рабочий цикл продукцию в объеме накопленной перед отвалом призмы грунта. Тот же бульдозер, оборудованный поворотным в плане отвалом, на расчистке зем-

льных или дорожных поверхностей от мусора, снега работает в непрерывном режиме.

По роду используемой энергии различают машины, *работающие от собственного двигателя* внутреннего сгорания (дизеля или карбюраторного двигателя), и *от внешних источников* с питанием от внешней сети (электрической, пневматической, реже гидравлической). Первые обладают автономностью, что предопределило их преимущественное использование при частых межобъектных передвижках, вторые — высокой готовностью к работе, но с ограниченной областью применения. Они используются в пределах объектов с большими объемами работ, рассчитанными на длительное время. Например, карьерные одноковшовые экскаваторы, применяемые на добыче песка, глины, гравия и других строительных материалов, питаются электрической энергией от внешнего источника.

От пневмосети питаются, в основном, ручные машины. Если сжатый воздух вырабатывается компрессором, спаренным с приводимой им в движение машиной, то последнюю вместе с компрессором называют *агрегатом*. В составе агрегата может быть несколько технологических машин.

По способности передвигаться различают машины *стационарные* и *передвижные*. Первые работают на одном постоянном месте. Это, прежде всего, машины предприятий стройиндустрии (дробильные, сортировочные, моечные, смесительные и другие машины и оборудование). Большинство строительных машин являются передвижными, оборудованными ходовыми устройствами, обеспечивающими им передвижение либо от собственной силовой установки (*самоходные машины*), либо буксируемые за другим транспортным средством (трактором, автомобилем, тягачом).

По типу ходовых устройств различают *гусеничные, пневмоколесные, рельсовые колесные, шагающие и плавучие машины*. Гусеничные машины обладают высокой проходимостью, благодаря чему их используют преимущественно на объектах нулевого цикла и в условиях низкой несущей способности грунта как поверхности передвижения. Пневмоколесные машины

имеют сравнительно более быстроходности передвижения, что предопределило их применения на объектах с рассредоточенными объемами работ при частых и длительных межобъектных передвижках. Рельсовые машины работают длительное время на объектах с весьма ограниченной рабочей зоной, что связано с высокими затратами на устройство рельсового пути.

К специальным ходовым устройствам относятся шагающие, применяемые в конструкциях машин большой массы, например, в шагающих драглайнах, когда другие виды (гусеничные, пневмоколесные) не обеспечивают допустимых нормативных давлений на грунт или оказываются весьма громоздкими. Для работы в особых условиях (при передвижениях по снегу, болотам и т.п.) машины оборудуют специальными вездеходными устройствами различных конструкций. Реже в качестве опорных (и ходовых) устройств применяют салазки для передвижения машины буксированием.

2.5. Устройства строительных машин и оборудования.

Обязательными составными частями любой технологической, транспортирующей и грузоподъемной машины являются: *привод* состоящий из силовой установки, передаточных устройств (*трансмиссии*) и *системы управления*; один или несколько *рабочих органов* и рама (*несущие конструкции*). У передвижных машин имеется, кроме того, ходовое устройство, соединенное с рамой машины, называемой в ряде случаев *шасси*.

Преобразование строительных материалов названными машинами происходит в результате движения их рабочих органов, которое сообщается им от силовой установки через трансмиссию. Иногда конечное звено трансмиссии входит в состав сборочной единицы машины вместе с ее рабочим органом. Например, рабочим органом ленточного конвейера служит конвейерная лента, которая приводится в движение от приводного барабана, по существу являющегося конечным звеном трансмиссии, но входящего в состав собственно

конвейера (без привода). В подобных случаях конечное звено трансмиссии называют *исполнительным механизмом*.

Движения рабочего органа могут быть *простыми*, как, например, вращение лопастного вала растворосмесителя при перемешивании компонентов приготавливаемого строительного раствора, *исложными*, как, например, движения ковша гидравлического одноковшового экскаватора на разных операциях экскавационного рабочего цикла (поворот ковша относительно неподвижной рукояти, поворот рукояти с фиксированным на ней ковшом, одновременный поворот ковша и рукояти и т.д.). Сложное движение рабочего органа есть результат сложения *относительного* (поворот ковша относительно рукояти) и *переносного* (поворот рукояти, стрелы, поворотной платформы) движений. Механизмы, обеспечивающие переносные движения, кинематически связаны с рабочим органом и по существу относятся к трансмиссии, но по указанной выше причине их принадлежности к одной с рабочим органом сборочной единице (в данном случае - группе сборочных единиц) они являются исполнительными механизмами. Таким образом, движение рабочему органу может передаваться непосредственно от силовой установки через трансмиссию или через исполнительные механизмы в форме переносных движений.

Примером машины с несколькими рабочими органами может служить траншейный роторный экскаватор, у которого землеройный рабочий орган — ротор приводится в движение от силовой установки через трансмиссию непосредственно, а конвейерная лента транспортирующего рабочего органа - отвалообразователя, кроме того, через исполнительный механизм - приводной барабан.

Для включения в действие машины и ее отдельных механизмов, включая силовую установку, а также для их остановки служит *система управления*.

Транспортные машины, как правило, не имеют рабочих органов. Взаимодействующие с транспортируемым материалом кузова и платформы этих машин пассивны, а груз перемещается только за счет движения ходовых устройств.

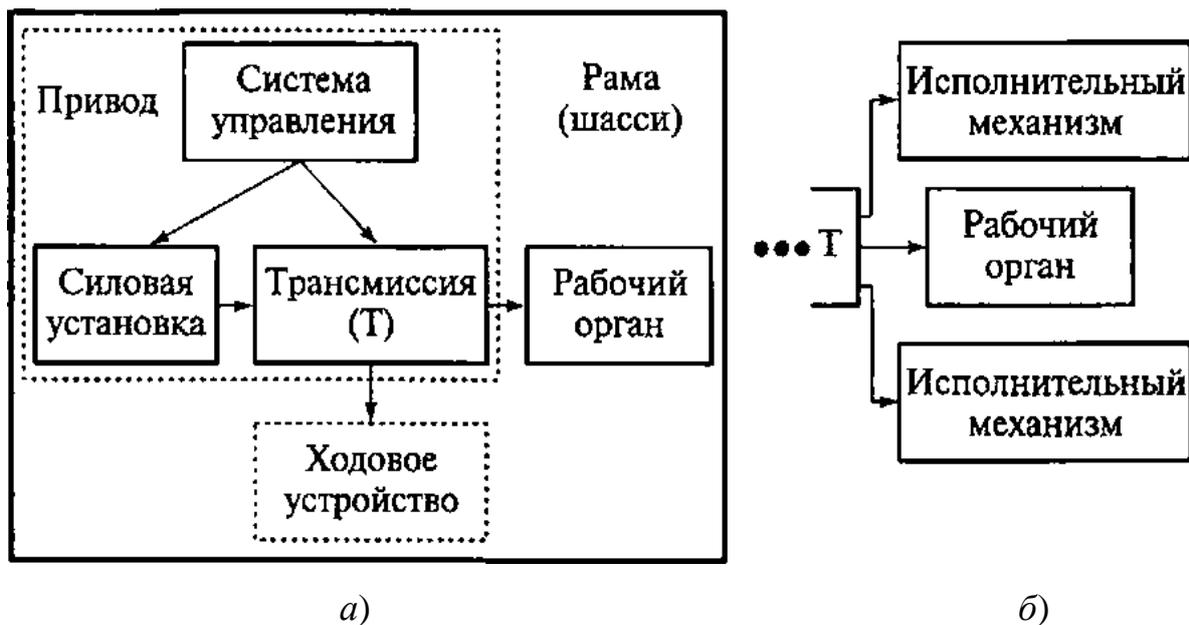


Рис. 2.1. Структурная схема технологической, транспортирующей и грузоподъемной машин при передаче движения рабочему органу через трансмиссию непосредственно (а) и с помощью исполнительных механизмов (б).

Кроме перечисленных обязательных составных частей на машинах могут быть установлены дополнительные (вспомогательные) устройства, например, выносные опоры в конструкциях пневмоколесных кранов, экскаваторов и т. п.

Приводы строительных машин, включающие силовую установку, передаточные устройства и систему управления, а также ходовые устройства обладают конструктивной и функциональной общностью, что позволяет изучать их независимо от видов машин.

2.6. Производительность строительных машин.

Производительность является важнейшей выходной характеристикой строительной машины. Ее определяют количеством продукции, произведенной машиной в единицу времени. Различают расчетную (она же теоретическая или конструктивная), техническую и эксплуатационную производительность.

Подрасчетной (теоретической, конструктивной) производительностью P_p понимают производительность за 1 ч непрерывной работы при расчетных скоростях рабочих движений, расчетных нагрузках на рабочем органе и расчетных условиях работы. Для машин циклического действия с порционной выдачей продукции

$$P_p = 3600 \cdot Q / T_{\text{ц}} \quad (2.1)$$

где: P_p - расчетная производительность, м/ч , $\text{м}^2/\text{ч}$, $\text{м}^3/\text{ч}$, т/ч , шт./ч и т.п.; Q - расчетное количество продукции в одной порции, м , м^2 , м^3 , т , шт. и т.п.; $T_{\text{ц}}$ - расчетная продолжительность рабочего цикла, с .

Для машин непрерывного действия

$$P_p = 3600 \cdot N \cdot v_{\text{п}} \quad (2.2)$$

где: N - расчетное количество продукции на 1 м длины ее потока, м/м , $\text{м}^2/\text{м}$, $\text{м}^3/\text{м}$, т/м , шт./м и т. п.; $v_{\text{п}}$ - расчетная скорость потока, м/с .

Расчетные скорости должны соответствовать максимальной мощности установленного на машине двигателя, расчетные нагрузки - нормальному режиму работы машины, а расчетные условия отражать наиболее характерные для данной машины условия работы. Теоретическую производительность рассчитывают на стадии разработки конструкторской документации на машину, используя для этого нормативные значения расчетных параметров и расчетных условий.

Для определения производительности машины в конкретных производственных условиях вводят две новые категории этого показателя — техническую и эксплуатационную производительность.

Под *технической производительностью* P_t понимают максимально возможную в данных производственных условиях производительность при непрерывной работе машины. Эту категорию производительности применяют, в основном, для оценки максимальных технологических возможностей машин при комплектовании комплектов и комплексов. В случае отсутствия данных, отражающих условия работы на конкретном объекте используют выработанные практикой и зафиксированные в нормативных документах коэффициенты,

устанавливающие зависимость между расчетной и технической производительностью для различных производственных условий:

$$K_T = P_T / P_p. \quad (2.3)$$

Наконец, под *эксплуатационной производительностью* $P_э$ понимают фактическую производительность машины в данных производственных условиях с учетом ее простоев и неполного использования ее технологических возможностей. Эту категорию производительности определяют как частное от деления фактического объема V произведенной продукции на продолжительность нахождения машины на рабочей площадке (чистого времени работы машины, сложенного с временем всех простоев) $P_{общ}$, в течение которого эта продукция производилась:

$$P_э = V / P_{общ} \quad (2.4)$$

Эксплуатационную производительность обычно используют для взаиморасчетов заказчика с подрядчиками. Для анализа эффективности работы машины в конкретных производственных условиях пользуются коэффициентами использования машины во времени K_B и использования технологической возможности (или технической производительности) машины $K_{п}$

$$K_B = T_u \cdot K_{п} = P_э / P_T / K_B = K_T \cdot K_B \quad (2.5)$$

где: T_u — продолжительность чистой работы машины (за вычетом простоев), ч.

В качестве примера определим все перечисленные выше категории производительности и коэффициенты K_T , $K_э$ и K_u за смену для башенного крана грузоподъемностью 12 т при расчетной продолжительности рабочего цикла 60 с, если в течение смены (8 ч) он поднял грузы суммарной массой 800 т. Средняя продолжительность рабочего цикла в конкретных условиях составила 90 с, а суммарная продолжительность всех простоев - 3,5 ч.

Башенный кран является машиной циклического действия, поэтому его расчетную производительность определим по формуле:

$$P_p = 3600 \cdot 12 / 60 = 720 \text{ т/ч.}$$

Техническая и эксплуатационная производительность соответственно:

$$P_T = 3600 \cdot 12 / 90 = 480 \text{ т/ч; } P_э = 800 / 8 = 100 \text{ т/ч.}$$

Коэффициенты можно определить следующим образом:

$$K_T = 480 / 720 = 0,67; K_g = (8 - 3,5)/8 = 0,56; K_u = 100/(480 \cdot 0,56) = 0,37.$$

2.7. Общие требования к строительным машинам.

Общие требования к машинам, вытекают из необходимости обеспечения высокой эффективности их использования в строительстве, т.е. получения наибольшей производительности при наименьших затратах. До начала 1990-х гг: когда парки строительных машин управлений механизации комплектовались преимущественно на основе государственного распределения строительной техники, основным критерием для оценки указанной эффективности служили удельные приведенные затраты. В последнее время отечественный рынок строительных машин пополнился машинами зарубежных производителей, вместе с которыми к нам импортировались новые тенденции во взаимоотношениях поставщиков с потребителями. Рыночная конкуренция заставила зарубежных поставщиков строительной техники вместе с машинами продавать серию услуг, включая предпродажную подготовку, снабжение запасными частями и гарантийное техническое обслуживание. В этих условиях прежний показатель - удельные приведенные затраты оказался недостаточным для оценки эффективности использования машин в строительном производстве. Методы оценки предлагаемых товаров и услуг относятся к компетенции менеджмента.

Требования, предъявляемые к подбору комплектов машин вытекают из определения понятия комплексной механизации. Решение этого вопроса непосредственно связано со структурой парка машин. Чем шире номенклатура типоразмеров основных видов машин, из которых могут создаваться комплекты, тем эффективнее могут решаться задачи комплексной механизации. В то же время расширение типоразмерных рядов этих машин ведет к уменьшению серийности их производства и соответственно к увеличению их

стоимости. Рациональный набор типоразмеров выпускаемых машин определяют методами оптимизации.

Важнейшими требованиями, предъявляемыми к строительным машинам, являются требования обеспечения благоприятных условий работы машинистов и обслуживающего персонала. Эти требования определяют содержание социальной приспособленности машин, основой которой являются их эксплуатационные, эргономические, эстетические и экологические свойства.

К эксплуатационным свойствам, способствующим предотвращению аварийных ситуаций, относят: динамические и тормозные качества; устойчивость против опрокидывания и заносов; обзорность; обеспеченность сигнализацией и приборами для предупреждения возможных критических ситуаций, а также для взаимодействия с другими участниками сооружения объекта; надежность элементов, разрушение которых может привести к аварии; обеспеченность автоматическими устройствами безопасности и блокировки.

Эргономические свойства машины заключаются в соответствии ее конструкции гигиеническим условиям жизнедеятельности и работоспособности человека, его антропометрическим, физиологическим и психофизическим требованиям, нормированным действующими стандартами.

Антропометрические требования предполагают положение тела машиниста в кабине, близком к состоянию функционального покоя при равномерном распределении его веса по площади опорных поверхностей. При этом повышается точность и скорость его моторных действий, обеспечивается возможность длительной непрерывной работы без значительного утомления.

Физиологические требования сводятся к обеспечению оптимальных условий на рабочем месте машиниста (температуры, влажности, скорости обдува воздухом и его химического состава, уровней шума и вибрации). Этими требованиями обеспечивается необходимый уровень работоспособности и внимания машиниста, поддержание высокого уровня производительности машины. Согласно действующим стандартам температура в кабине машиниста должна находиться в пределах 16...25°С, влажность 40...60%, скорость воздуха

0,2...0,5 м/с, содержание СО не более 20 мг/м³, а SiO₂ не более 10 мг/м³, предельный уровень шума на месте машиниста не должен превышать 85 дБа.

2.8. Пути развития и повышения качества строительных машин.

Основной и первоочередной задачей, стоящей перед создателями и производителями строительных машин и оборудования в Узбекистане будет повышение их качества и конкурентоспособности на мировом рынке. Следует ожидать, что дальнейшее развитие приводов будет идти по пути улучшения их качественных показателей с целью повышения КПД, долговечности и надежности, снижения материалоемкости, более полной автоматизации систем управления приводами и работой машин в целом за счет поиска и применения новых более прочных и износостойких материалов, новых технологий упрочнения деталей и особенно поверхностей трения, подверженных быстрому износу, а также новых технологий изготовления, обеспечивающих высокую точность изделий.

Можно ожидать, что уже в ближайшие 15...20 лет долговечность применяемых в строительных машинах двигателей внутреннего сгорания, гидронасосов, гидродвигателей и гидроаппаратуры может быть повышена в 1,7...2 раза, а их габаритные размеры и удельная материалоемкость снижены не менее чем на 30...40 %; на 20... 25 % снизится также расход топлива.

В качестве силовых установок для стационарных и малоподвижных строительных машин и оборудования будут оставаться электродвигатели. Однако их электроприводы в целом претерпят серьезные качественные изменения в сторону уменьшения материалоемкости и увеличения долговечности, надежности и коэффициента полезного действия за счет широкого применения новых высококачественных изоляционных, проводниковых и других материалов, а также более высоких технологий их изготовления.

Наибольшей эффективности в области совершенствования приводов строительных машин и оборудования в текущем столетии можно ожидать от автоматизации систем их управления, которая будет развиваться в направлении разработки и внедрения более совершенных автоматизированных (человеко-операторных), жестких автоматических неадаптивных и адаптивных микропроцессорных систем управления. По-видимому, внедрение двух последних видов систем управления станет доминирующим.

Функции машинистов строительных машин будут постепенно сводиться к функциям операторов, подобных работе пилотов современных летательных аппаратов, диспетчеров тепловых и атомных энергетических установок. Это потребует подготовки новых кадров машинистов-операторов со среднетехническим и высшим образованием. Конкурентоспособность строительных машин и оборудования в первую очередь будет обеспечиваться современными пультами управления, включающими дисплейные системы информации от большого числа контролируемых параметров, обеспечивающих безопасную работу машин, диагностирование технического состояния их основных агрегатов и узлов, наработку, учет их производительности и др.

Также основными направлениями повышения качества строительных машин будут оптимизация существующих конструкций и поиски новых решений их рабочего оборудования и рабочих органов, благодаря чему энергоемкость рабочих процессов может быть снижена на 40...50 % с одновременным повышением долговечности рабочих органов не менее чем в 2...2,5 раза.

В части несущих (рамных) конструкций, а также металлоконструкций рабочего оборудования строительных машин следует ожидать уменьшения их массы за счет применения сталей с высоким пределом прочности, оптимизации и создания конструкций из равнопрочных элементов, внедрения автоматической сварки с дополнительной технологической обработкой.

В качестве самоходных машин для изготовления на их базе строительных машин (экскаваторов, кранов и др.) будут применяться специальные

пневмоколесные шасси большой грузоподъемности с высокими транспортными скоростями. В качестве гусеничных движителей преимущественное распространение получают движители тракторного типа.

Задачи по улучшению социальной приспособленности строительных машин и оборудования станут одними из важнейших и окажут существенное влияние на конкурентоспособность строительной техники.

В русле стремительного развития средств автоматизации в ближайшие годы будут решаться задачи по созданию роботизированных комплексов машин как для выполнения определенных видов водохозяйственных строительных работ.

Контрольные вопросы.

1. Этапы развитие строительной техники. Дайте определение строительной машины. Приведите примеры машин для различных категорий преобразования строительных материалов.

2. Какие машины относятся к группе технологических? Приведите примеры.

3. Что такое производственная и техническая эксплуатация строительной машины, каков их состав?.

4. Что такое параметр машины? Перечислите категории параметров и охарактеризуйте их состав.

5. Что такое типоразмер машины, каким фактором он характеризуется? Что такое модель машины? Приведите примеры моделей одного типоразмера.

6. Перечислите классы строительных машин по виду выполняемых работ. Изложите существо иерархической схемы классификации строительных машин по видам выполняемых работ. Приведите примеры.

7. На какие группы делятся строительные машины по режиму рабочего процесса, роду используемой энергии, способности передвигаться и типу

ходовых устройств? Какими факторами определяется принадлежность машин к определенным группам по указанным признакам?

8. Перечислите основные составные части строительных технологических, транспортирующих и грузоподъемных машин. Каково их назначение? Что такое исполнительный механизм? Что такое рабочее движение рабочего органа? . Назовите и охарактеризуйте его формы. Приведите примеры. Чем различаются между собой структуры технологической, транспортирующей, грузоподъемной и транспортной машин?

9. Что такое производительность строительной машины? Перечислите и дайте определение ее категориям. Что такое расчетные условия?. Приведите примеры.

10. Как определяется коэффициент использования машины во времени и коэффициент использования технологической возможности машины?. Приведите примеры.

11. Какими основными факторами обусловлены требования, предъявляемые к строительным машинам?

12. Перечислите и охарактеризуйте основные свойства машин, определяющие их социальную приспособленность.

13. Изложите основные этапы и тенденции развития строительных машин.

14. Изложите перспективы развития и повышения качества строительных машин и оборудования.

Глава 3. Приводы и силовое оборудование строительных машин.

3.1. Общие понятия и определения.

Приводом называют энергосиловое устройство, приводящее в движение машину. Привод состоит из источника энергии (силовой установки), передаточного устройства (трансмиссии) и системы управления для приведения в действие механизмов машины, а также для их отключения.

Силовой установкой называют комплект, состоящий из двигателя и обслуживающих его устройств. Например, в случае двигателя внутреннего сгорания — топливного бака, устройств для охлаждения, отвода выхлопных газов и т. п.

Трансмиссии могут быть механическими, электрическими, гидравлическими, пневматическими и смешанными. Только в механических и смешанных трансмиссиях на их механических участках механическое движение передается без его преобразования в другие формы энергии. Во всех других случаях вращательное движение выходного вала двигателя силовой установки с помощью электрогенераторов, гидравлических или пневматических насосов преобразуется соответственно в электрическую энергию, энергию движения рабочей жидкости или энергию сжатого воздуха, которая поступает к электро-гидро- или пневмодвигателям, повторно преобразующим ее в механическое движение. Все указанные двигатели входят в состав трансмиссий. Соответственно различают электрические, гидравлические и пневматические трансмиссии.

Обычно свое наименование привод получает по типу двигателя силовой установки (*от карбюраторного двигателя, дизельный*), виду используемой энергии внешнего источника (*электрический, пневматический*) или типу трансмиссии (*гидравлический, дизель-электрический* и т.п.).

Если на машине установлено нескольких рабочих органов или исполнительных механизмов и все они приводятся в движение от одного двигателя, то привод называют *одномоторным* или *групповым*. Если же часть или все рабочие органы, или исполнительные механизмы приводятся от собственных двигателей, то привод называют *многомоторным*. При индивидуальном приводе исполнительных механизмов трансмиссионные двигатели могут питаться энергией от одного генератора (насоса), индивидуально каждый двигатель от своего генератора (*индивидуальный привод*) или по смешанной схеме. В случае использования индивидуального электрического привода каждый электродвигатель, приводящий в движение соответствующий рабочий орган или исполнительный механизм, может питаться непосредственно от электросети. В последнее время на машинах с несколькими рабочими органами или исполнительными механизмами используют преимущественно индивидуальный привод, обладающий более высоким коэффициентом полезного действия (КПД) по сравнению с групповым приводом, простотой и агрегатностью конструкции, лучшей приспособленностью к автоматизации управления, лучшими условиями эксплуатации и ремонта.

При оценке эффективности приводов строительных машин предпочтение следует отдавать тем приводам, которые имеют меньшие габаритные размеры и массу, обладают высокой надежностью и готовностью к работе, высоким КПД, просты в управлении, более приспособлены к автоматизации управления, обеспечивают независимость рабочих движений и возможность их совмещения.

Рассмотрим более подробно сущность понятия передачи движения рабочему органу машины в условиях преодоления им внешних сопротивлений. Основная составляющая этих сопротивлений определяется, прежде всего, свойствами преобразуемого материала и характером процесса преобразования. Например, при работе водоотливной насосной установки внешними сопротивлениями будут: сила тяжести поднимаемой воды и силы трения при ее передвижении по трубопроводам. В этом случае сопротивления практически

неизменны во времени. При разработке грунта ковшом экскаватора, отвалом бульдозера и другими машинами сопротивления копания нарастают от минимального до максимального значения, многократно повторяясь в процессе каждой операции копания.

В условиях постоянных или слабо изменяющихся во времени внешних сопротивлений привод работает в спокойном режиме практически с постоянной скоростью на его выходном звене. При изменяемых во времени внешних сопротивлениях, кроме внутренних сопротивлений, к ним добавляются динамические составляющие, обусловленные *внешней (механической) характеристикой* привода.

3.2. Двигатели внутреннего сгорания.

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

История создания ДВС восходит к середине XIX в., когда в 1860 г. Французским механиком Э. Ленуаром был сконструирован первый практически пригодный газовый ДВС. В 1876 г. Немецкий изобретатель Н.Отто построил более совершенный четырехтактный газовый двигатель. Первый бензиновый карбюраторный двигатель был построен в России О. С. Костовичем в 80-х гг. XIX в., а первый дизельный двигатель - немецким инженером Р.Дизелем в 1897 г., впоследствии (1898-1899 гг.) усовершенствованный на заводе в Петербурге. С этого времени дизельный двигатель становится наиболее экономичным ДВС. В 1901 г. в США был разработан первый трактор с ДВС. В то же время братьями О. и У. Райт был построен первый самолет с ДВС, начавший свои полеты в 1903 г. В том же году русские инженеры установили ДВС на судне «Вандал», создав первый теплоход. Первый поездной тепловоз был создан в 1924 г. в Ленинграде по проекту Я.М. Гаккеля.

В ДВС все процессы сгорания топлива, выделения теплоты и превращения ее в механическую энергию происходят в рабочих цилиндрах 5 (рис. 3.1 и 3.2) при перемещениях в них поршней 4, приводящих во вращение коленчатый вал 1 через шатуны 2 во время рабочего хода и приводимых в движение коленчатым валом на всех других этапах рабочего цикла. В приводах строительных машин применяют многоцилиндровые *карбюраторные и дизельные (дизели,)* двигатели с четырьмя, шестью, восемью или двенадцатью цилиндрами, работающими на жидком топливе - бензине (*карбюраторные двигатели*) или дизельном топливе (*дизели*).

ДВС является сложным механическим устройством, состоящим из корпуса, кривошипно-шатунного механизма, механизма газораспределения, систем смазки, охлаждения, питания, зажигания (для карбюраторных двигателей), пуска, впуска и выпуска.

Рабочим циклом или *рабочим процессом* ДВС называют последовательность периодически повторяющихся процессов (впуск, сжатие и сгорание топлива).

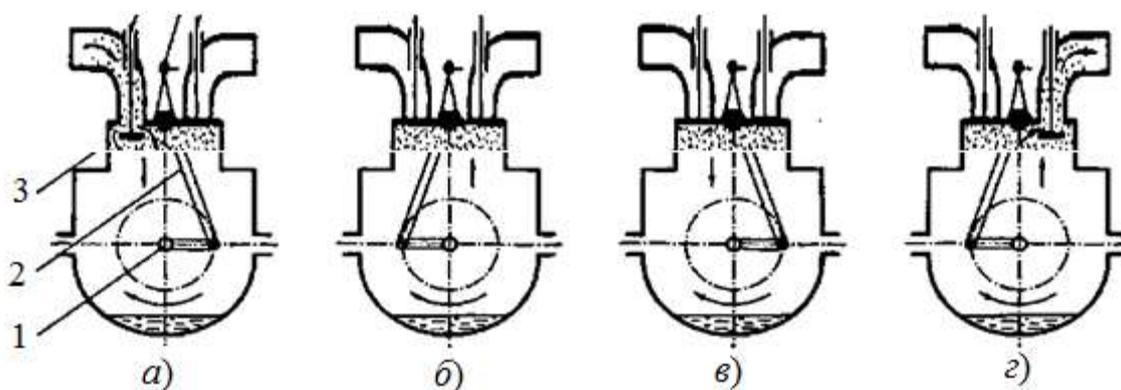


Рис. 3.1. Схема работы четырехтактного карбюраторного двигателя.

Часть рабочего цикла, совершаемого за ход поршня в одном направлении, называют *тактом*. В приводах строительных машин, кроме малых машин, применяют обычно четырехтактные двигатели, у которых рабочий цикл совершается за четыре такта или за два оборота коленчатого вала.

Рабочий цикл четырехтактного карбюраторного двигателя представлен схемой (см. рис. 3.1). В течение *первого такта* (см. рис. 3.1 а) приводимый коленчатым валом 1 через шатун 2 поршень 4 перемещается вниз, всасывая в рабочую полость цилиндра 5 через открытый впускной клапан 6 топливо-воздушную смесь из паров бензина и воздуха, поступающую из *карбюратора* - специального устройства для ее приготовления. На *втором такте* (см. рис. 3.1, б) поршень, также приводимый коленчатым валом, перемещается снизу вверх, сжимая находящуюся в цилиндре рабочую смесь при закрытых впускном 6 и выпускном 8 клапанах. Вследствие сжатия рабочей смеси ее давление и температура повышаются, чем создаются хорошие условия для ее сгорания. В конце такта смесь воспламеняется электрической искрой от свечи 7. Образовавшиеся в результате сгорания рабочей смеси газы, увеличиваясь в объеме, создают повышенное давление в рабочей камере, воздействуя на поршень, который вследствие этого совершает рабочий ход - движение вниз (*третий такт*, см. рис. 3.1, в), передавая усилие через палец 3 и шатун 2 коленчатому валу, заставляя его вращаться и через соединенную с ним трансмиссию, приводить в движение рабочий орган или исполнительные механизмы. На *четвертом, заключительном такте* (см. рис 3.1, г) поршень перемещается коленчатым валом вверх, выталкивая отработавшие газы из рабочей полости цилиндра через открытый выпускной клапан 8 в атмосферу.

У дизеля топливо-воздушная смесь образуется непосредственно в рабочей полости цилиндра из впрыскиваемого через форсунку 7 (см. рис. 3.2) распыленного дизельного топлива и всасываемого из атмосферы через клапан 6 воздуха. Порядок движений поршня и клапанов на всех четырех тактах рабочего цикла такой же, как и у карбюраторного двигателя. Воздух поступает в рабочую полость через открытый клапан 6 в течение первого такта. Топливо впрыскивается топливным насосом через форсунку 7 в конце второго такта - сжатия при закрытых клапанах 6 и 8. Смешиваясь с воздухом, при дальнейшем сжатии топливо прогревается, частично испаряется и самовоспламеняется. В дальнейшем работа дизеля аналогична работе карбюраторного двигателя.

При установке на коленчатом валу нескольких цилиндров в один и тот же момент времени все они находятся на разных стадиях (тактах) рабочего цикла. Так, например, если в первом цилиндре четырехцилиндрового двигателя происходит рабочий ход, то в четвертом цилиндре при таком же положении поршня - впуск рабочей смеси (для карбюраторных двигателей) или всасывание воздуха (для дизелей), второй цилиндр работает на сжатие рабочей смеси, а третий - на выпуск отработавших газов. Таким образом, рабочий ход осуществляется последовательно цилиндрами 1,3,2 и 4. При этом за счет энергии рабочего хода одного цилиндра преодолеваются как внешние сопротивления, так и сопротивления перемещениям поршней других цилиндров, находящихся в других стадиях рабочего цикла двигателя. Чем больше цилиндров установлено на двигателе, тем более равномерно вращение коленчатого вала.

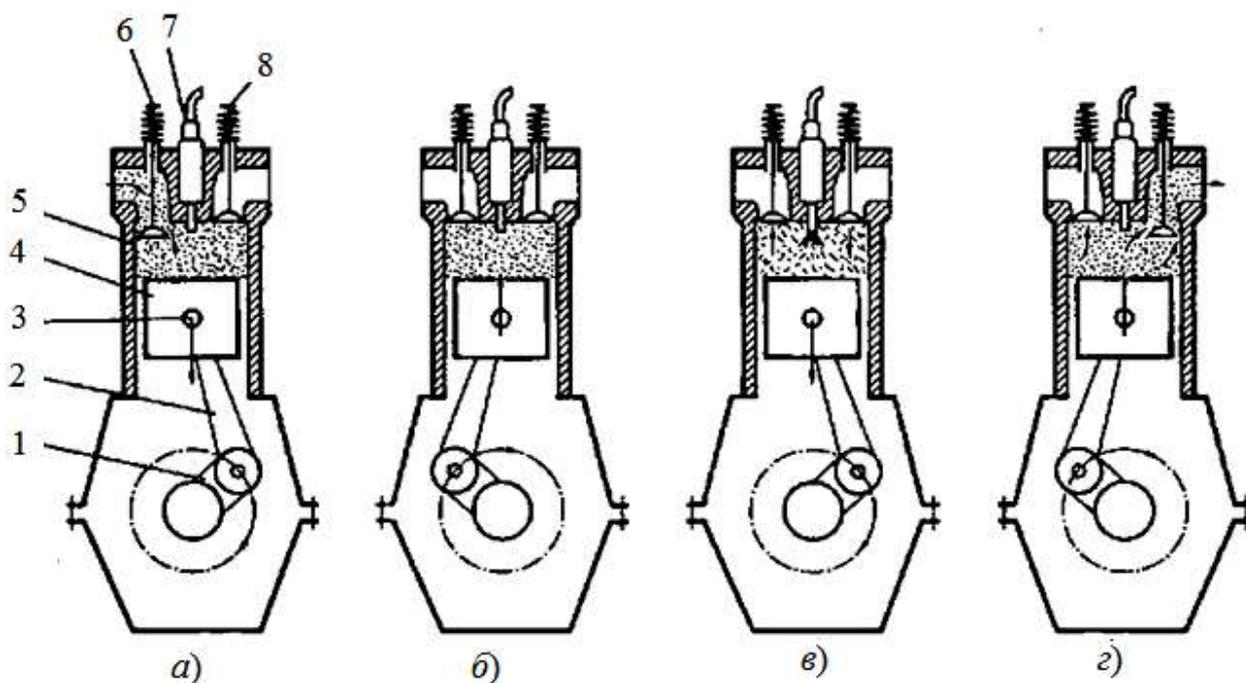


Рис. 3.2. Схема работы четырехтактного дизеля.

Как следует из описанных рабочих процессов ДВС, теплота сгорающего в рабочей полости топлива преобразуется в механическое движение только на третьем такте, которому должны предшествовать такты впуска и сжатия. Это означает, что для начала работы ДВС его коленчатый вал следует привести во

вращение внешней силой. Запустить карбюраторный двигатель небольшой мощности можно от руки вращением коленчатого вала рукояткой, палец которого сцепляется с храповиком на переднем конце вала. Более мощные ДВС запускают установленным на машине электродвигателем постоянного тока, называемым *стартером* и питаемым от аккумуляторной батареи. Дизели средней и большой мощности запускают с помощью вспомогательного карбюраторного двигателя, обычно одноцилиндрового двухтактного, установленного на основном дизеле и запускаемого в свою очередь стартером. Рабочий процесс двухтактного двигателя отличается от работы четырехтактного тем, что у него горючая смесь поступает в рабочую камеру в начале хода сжатия, а отработавшие газы удаляются в конце рабочего хода продувкой потоком горючей смеси.

Пуск ДВС при низкой температуре окружающего воздуха затруднен из-за повышенной вязкости смазочного масла, повышенного сопротивления при проворачивании коленчатого вала, а также из-за низкой температуры горючей смеси или воздуха в конце сжатия. Для облегчения и ускорения пуска применяют пусковые подогреватели с целью нагрева охлаждающей жидкости и смазочного масла, устройства для облегчения воспламенения топлива или горючей смеси (электрофакельные подогреватели воздуха и электрические свечи накаливания) и устройства для облегчения проворачивания вала (декомпрессионные механизмы для открывания впускных, иногда выпускных клапанов и снижения тем самым давления воздуха в цилиндрах при вращении коленчатого вала).

Основными показателями работы ДВС являются: мощность и крутящий момент на коленчатом валу, часовой и удельный расход топлива, характеризующие экономичность двигателя, эффективный КПД, характеризующий совершенство конструкции ДВС.

Удельным расходом топлива называют отношение его часового расхода к мощности на коленчатом валу.

Под *эффективным КПД* понимают отношение указанной выше мощности к затраченной теплоте использованного топлива. Дизели обладают более высоким эффективным КПД (0,35...0,45) по сравнению с карбюраторными двигателями (0,26...0,32), а также более низким удельным расходом топлива 190...240 г/(кВт·ч) при 280...320 г/(кВт·ч) у карбюраторных двигателей. В выхлопных газах дизелей содержится меньше токсичных веществ. К недостаткам дизелей относятся: затруднения в запуске при низких температурах, высокая чувствительность к перегрузкам, а также большая масса.

3.3. Электрические двигатели.

В приводах строительных машин применяют электродвигатели переменного и постоянного тока.

Асинхронные электродвигатели переменного тока, короткозамкнутые и с фазным ротором, называют также *двигателями с контактными кольцами*. Они обычно питаются от электросети напряжением 220 и 380В с нормальной частотой 50 Гц. Эти двигатели конструктивно просты, дешевы, надежны и удобны в эксплуатации. Их недостатком является высокая чувствительность к колебаниям напряжения в питающей сети.

Перегрузочная способность асинхронных двигателей общего назначения определяется отношением максимального момента T_k к номинальному T_n на естественной характеристике: $P_{\text{ср}} = T_k/T_n$ составляет 1,7...2,0 (для короткозамкнутых двигателей до 2,4), а для двигателей кранового типа - 2,3...3,0. Частота вращения вала двигателя ω на рабочем участке механической характеристики изменяется незначительно, в связи с чем естественную механическую характеристику асинхронного двигателя можно считать жесткой.

Его отношение к номинальному моменту для короткозамкнутых двигателей общего назначения составляет 1,0...1,9, а для двигателей кранового типа 2,3...3,0. Для двигателей с фазным ротором это отношение составляет 0,5...

1,5, тогда как пусковой ток превышает номинальный в 5...7 раз. Для уменьшения пускового тока этих двигателей в цепь обмотки ротора с помощью реостата включают дополнительные сопротивления. Каждому сопротивлению в цепи ротора соответствует своя искусственная механическая характеристика, называемая также *реостатной*.

Искусственные характеристики, обладающие меньшими жесткостями по сравнению с естественной характеристикой, могут быть также использованы в качестве рабочих характеристик, когда необходимо плавно изменять скорости рабочих движений. Короткозамкнутые двигатели запускаются и работают только на естественной характеристике.

В приводах грузоподъемных машин для плавной посадки грузов, например, на монтаже конструкций, а также для ускоренного опускания грузозахватных устройств, применяют двухскоростные асинхронные двигатели с соотношением скоростей 2:1; 8:3; 3:1; 10:3.

Ручные машины с электрическим приводом подключают к электросети через преобразователи частоты с 50 на 400 Гц, что позволяет уменьшить их массу в 3,5 раза. Часто в приводах ручных машин используют *однофазные коллекторные* электродвигатели с высокой удельной мощностью на единицу массы и мягкой механической характеристикой. Коллекторные двигатели мало чувствительны к колебаниям напряжения в питающей сети, устойчиво работают в режиме частых пусков, могут включаться в сеть без преобразователей. К их недостаткам можно отнести: высокую стоимость и необходимость их обслуживания специалистами высокой квалификации.

Электродвигатели постоянного тока обеспечивают большую плавность пуска и торможения механизмов по сравнению с двигателями переменного тока. Они применяются, в частности, на экскаваторах средней мощности. Форма характеристики может быть изменена соответствующим подбором ампер-витков трех обмоток генератора: независимой, шунтовой и серийной.

Контрольные вопросы.

1. Что такое привод машины? Из чего он состоит?.
2. Что такое силовая установка машины? Из чего она состоит? Приведите пример.
3. Перечислите виды механических трансмиссий.
4. Какие трансмиссии передают движение с преобразованием энергии в другие формы, отличные от механической? Какие устройства обеспечивают эти преобразования?
5. Какими основными показателями оценивают эффективность привода строительных машин?
6. Что такое жесткость механической характеристики привода?
7. Какими показателями пользуются для характеристики режимов работы машин и их механизмов? Приведите классификацию режимов.
8. Какую энергию преобразуют двигатели внутреннего сгорания в механическое движение?
9. Какие типы двигателей внутреннего сгорания применяют в приводах строительных машин? На каких видах топлива они работают?
10. Что такое рабочий цикл или рабочий процесс двигателя внутреннего сгорания? Что такое такт? Опишите рабочий цикл четырехтактного карбюраторного двигателя. Чем отличается от него рабочий цикл дизеля?
11. Для чего в конструкциях двигателей внутреннего сгорания применяют несколько рабочих цилиндров? Каков порядок их работы?
12. Какими основными показателями характеризуют работу двигателей внутреннего сгорания? Что такое удельный расход топлива, эффективный КПД? Каковы их значения для дизелей и карбюраторных двигателей?
13. Какие типы электрических двигателей применяют в приводах строительных машин?
14. Какими преимуществами и недостатками обладают асинхронные двигатели?

Глава 4. Системы управления строительных машин.

Системы управления предназначены для включения и выключения различных механизмов машин. По назначению системы управления можно разделить на следующие: управление двигателем; управление муфтами и тормозами; рулевое управление; управление рабочим органом (например, опускание и подъем отвала бульдозера или ковша скрепера, поворот отвала автогрейдера). По конструкции системы управления строительных машин разделяют на механические, гидравлические, пневматические, электрические и смешанные (комбинированные), аналогично силовым приводам, но в отличие от которых в большинстве случаев в системах управления передаются значительно меньшие силы.

Гидравлические, пневматические и электрические управляющие устройства могут быть снабжены системами следящего действия. Различают машины с механизированным и с автоматизированным управлением. Автоматизированное управление и контроль рабочего процесса могут осуществляться на базе микропроцессорной техники. Применяются автоматизированное управление на расстоянии, автоматическое управление на базе микропроцессоров и мини-ЭВМ, а также строительные манипуляторы и роботы, роботизированные машины и комплексы. 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, необходимость частых смазок и регулировок быстроизнашивающихся шарнирных соединений тяг и рычагов.

Редукторная система управления с приводом от двигателя применяется на таких землеройно-транспортных машинах, как автогрейдеры и грейдер элеваторы, а в других машинах эта система практического применения не

нашла. Кинематическая схема этой системы управления показана на рис. 4.1а. В этих системах применяются червячные, цилиндрические и планетарные редукторы. Наибольшее распространение получили червячные редукторы с самотормозящейся червячной парой. Они обеспечивают фиксацию рабочего органа. При передаче мощности от одного двигателя редукторная система управления выполняется с разветвлением мощности.

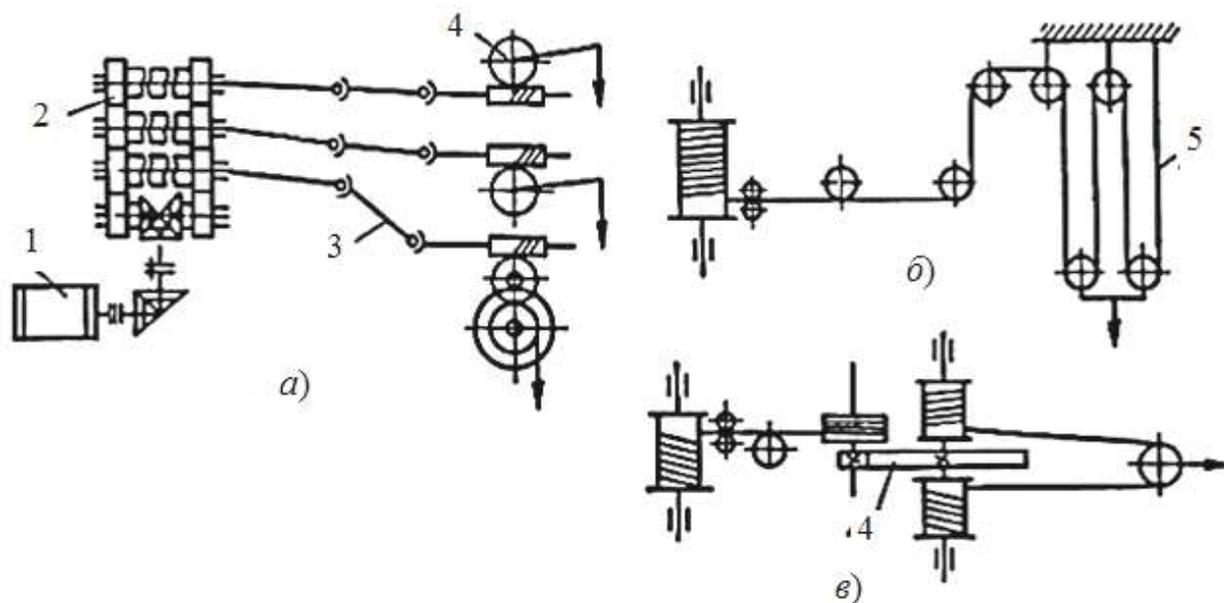


Рис 4.1. Схемы механических систем управления: а – редукторная; б – канатно-блочная с полиспастом; в – канатно-блочная с зубчатой передачей; 1 – двигатель; 2 – механизм реверса; 3 – карданный вал; 4 – редуктор; 5 – полиспаст.

Канатно-блочная система управления применяется на скреперах, бульдозерах и на различном навесном тракторном оборудовании (кусторезах, корчевателях и т.п.). Основными частями этой системы управления являются: лебедка, тормоз, направляющие блоки и канатный полиспаст (рис. 4.1,б, в).

В гидравлической системе управления рычаги полностью или частично заменены исполнительными гидроцилиндрами одно или двустороннего действия, создающими необходимое усилие включения муфт, тормозов и других механизмов. Гидравлические системы управления вытесняют канатноблочные не только в самоходных машинах, но и в навесных и прицепных машинах.

К преимуществам гидросистем управления относятся: независимость относительного расположения агрегатов; легкость включения и выключения; возможность обеспечения большого передаточного отношения; наличие устройств, предохраняющих систему от перегрузок; возможность сравнительно простого осуществления автоматических следящих устройств.

Недостатком гидросистемы управления является то, что ее работа в некоторой степени зависит от температуры окружающего воздуха; кроме того, отдельные узлы и детали требуют высококачественной технологической обработки.

Различают насосную и безнасосную системы управления. В насосной системе рабочая жидкость под давлением подается насосом через распределитель, которым управляет машинист, в исполнительный гидроцилиндр., т.е. так же, как в силовом объемном гидроприводе. В насосной системе (рис. 4.2, а) рабочая жидкость, поступающая из масляного бака 1, нагнетается насосом 2 через обратный клапан 3 к золотникам распределителя 6, одновременно жидкость подводится в аккумулятор 5. Как только давление в аккумуляторе достигает рабочего, автоматически открывается клапан-пилот 7 и жидкость без давления сливается в бак, что разгружает насос и уменьшается его износ. Если клапан-пилот или система его управления выходят из строя, избыточная жидкость, подаваемая насосом, сливается в бак через предохранительный клапан 4, включенный параллельно и настроенный на несколько большее давление, чем клапан 7. При остановке насоса обратный клапан 3 закрывается, но в системе давление удерживается гидравлическим аккумулятором 5 – гидроцилиндром с поршнем. При нагнетании рабочей жидкости поршень, перемещаясь, сжимает пружину (или воздух), чем не только обеспечивается необходимое давление жидкости, но и ее резерв. Поэтому становится возможной кратковременная работа механизма управления при выключенном насосе. В рабочем цилиндре 8 поршень перемещается рабочей жидкостью при открывании золотника распределителя 6. Рабочая жидкость, находящаяся в другой полости цилиндра, вытесняется через

распределитель в масляный бак. Фильтр 9 служит для очистки рабочей жидкости от посторонних включений. Давление в сети контролируется манометром 10, установленным за обратным клапаном. Безнасосные системы управления (рис. 4.2, б) просты по конструкции, отличаются большой надежностью и долговечностью, применяются в основном для маломощных машин и механизмов. При нажатии на педаль 11 рабочая жидкость, находящаяся в цилиндре-датчике 12, через трубопровод 14 вытесняется в рабочий цилиндр 15, поршень которого связан с исполнительным механизмом. Утечки жидкости пополняются из бачка 13. Обратный клапан 16 предотвращает возврат жидкости из цилиндра обратно в бачок. Безнасосное гидравлическое управление является более быстродействующим, чем рычажное или пневматическое, так как обладает большей жесткостью, чем пневматическое, и кинематика его более проста, чем у рычажного. Время действия составляет 0,15...0,2 с. Давление в сети безнасосного гидравлического управления создается усилием оператора, что ограничивает область его применения, поэтому преимущественное распространение получили насосные системы управления.

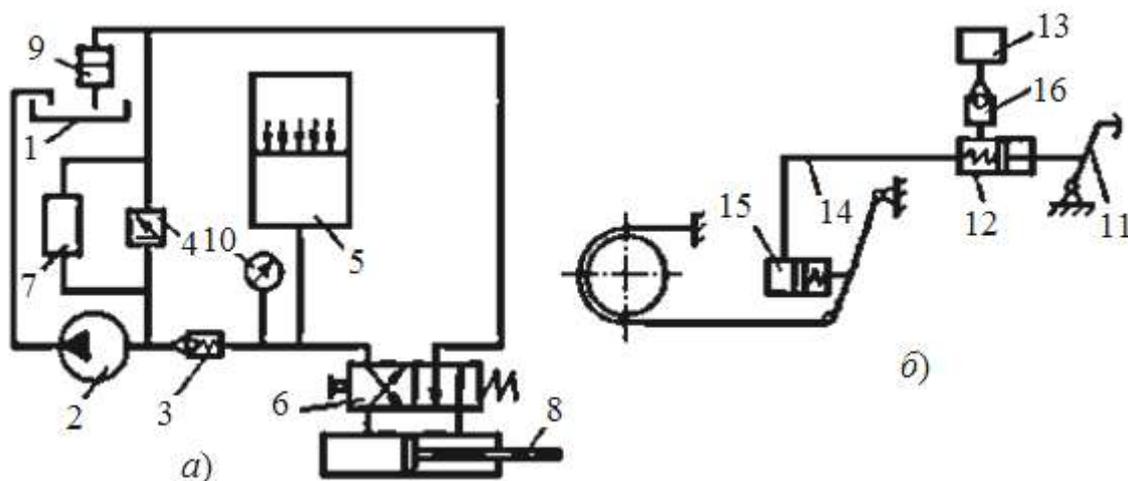


Рис 4.2.Схемы гидравлического управления: а – насосная; б – безнасосная.

В строительных машинах безнасосное гидравлическое управление часто применяется в сочетании с насосным управлением. Рабочая жидкость,

используемая в безнасосных системах, отличается от рабочей жидкости, применяемой в насосных системах. Например, для управления тормозами легковых автомобилей эту жидкость иногда называют тормозной жидкостью; она может состоять из 50% глицерина и 50% этилового спирта. Рабочая температура тормозной жидкости обычно не превышает температуры окружающего воздуха, поэтому к ней предъявляются повышенные требования по сравнению с жидкостями насосных систем, рабочая температура которых значительно выше температуры окружающей среды.

Рассмотрим использование насосной гидравлической системы для управления поворотом, например дорожных катков. Водитель рычагом управления 1 (рис 4.3 а) изменяет положение золотника в распределителе 3, и масло из бака 6 насосом 5 подается к силовому гидроцилиндру 4, который, воздействуя на рычаг 2, осуществляет поворот управляемого вальца 7. Для прекращения поворота вальца необходимо золотник вернуть в исходное положение, а для выравнивания вальца золотник должен быть перемещен в противоположную сторону. Такая система проста и надежна в работе; недостаток – отсутствие чувствительности на рычаге управления при повороте машины. Кроме того, поворот при неработающем двигателе становится практически невозможен.

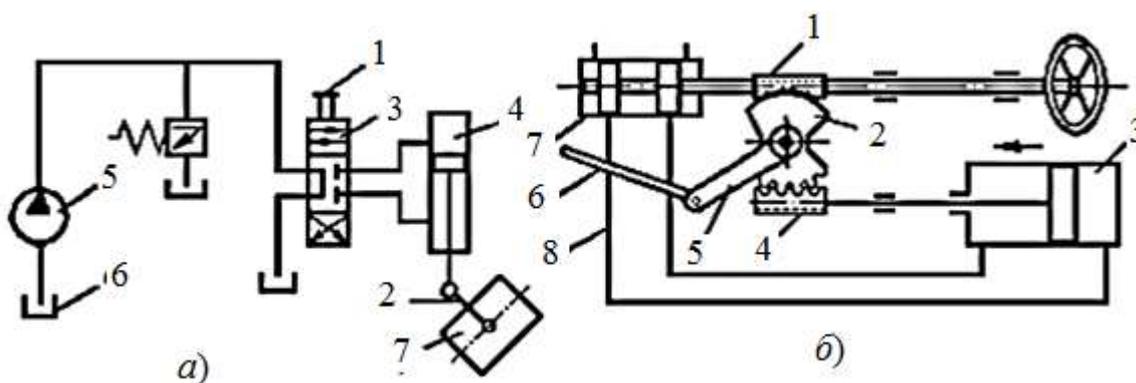


Рис 4.3. Схемы рулевого управления: а – с применением гидравлической насосной системы; б – с гидроусилителем.

На мощных тягачах и тяжелых самоходных машинах получила распространение система рулевого управления с гидроусилителем. Усилительные устройства должны удовлетворять следующим основным требованиям: при выходе усилителя из строя управление машиной должно осуществляться обычным способом, запаздывание в срабатывании усилителя должно быть минимальным.

В гидравлических и пневматических приводах управление сервомоторами (гидроцилиндрами) осуществляется при помощи золотниковых устройств. Во многих случаях необходимо, чтобы исполнительный орган следил за изменением положения рукояток, педалей или штурвалов, т.е., чтобы он перемещался одновременно с перемещением органов управления. Например, при повороте штурвала управления колесами трактора, автомобиля или другой колесной машины колеса должны поворачиваться синхронно с поворотом штурвала. Если в системе управления установить обычный гидроусилитель (например сервомотор), то при повороте штурвала и перемещении золотника сервопривод задает угол поворота машины больший, чем требуется (повернет колеса до предельного положения). Чтобы исполнительный орган «следил» за движением рычагов, приводимых в движение машинистом, применяют следящие системы (рис. 4.4). При повороте рулевого колеса 3, например, вправо поршень гидроцилиндра рулевой колонки 4 перемещается влево с помощью закрепленной на поршне гайки, которая навинчивается по нарезке вала руля. При этом он вытесняет часть жидкости из левой полости в сервоцилиндр 7. Под действием давления жидкости поршень сервоцилиндра переместится влево и сдвинет следящий золотник 8 из нейтрального положения II в положение III. При этом жидкость от насоса 2 поступит к двойному управляемому обратному клапану 9, откроет его и переместит поршень рабочего цилиндра 10. Из полости рабочего цилиндра 12 жидкость через клапан 9 и золотник 8 поступит в сливную линию. При этом будет осуществлен поворот колес машин на определенный угол. При остановке золотника поршень будет перемещать траверсу 11, а последняя – корпус следящего золотника

влево до восстановления положения II. Подача жидкости к цилиндру 10 и, следовательно, поворот колес прекратятся. Пружинный аккумулятор 13 с зарядными (14) и обратными клапанами (5 и 6) служит для пополнения системы управления маслом в случае его утечки через уплотнения, клапаны 15 и 16 – для регулирования системы. Система рычагов, связывающих шток сервопоршня с осью золотника, обеспечивает обратную связь.

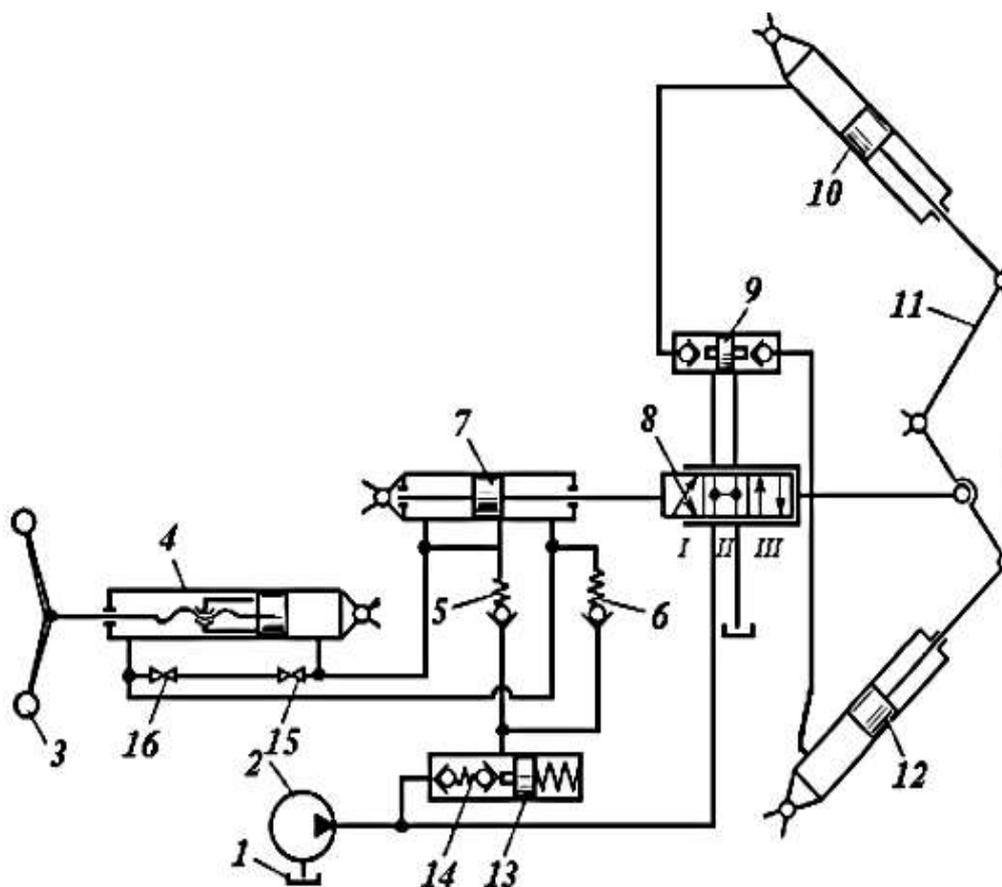


Рис. 4.4. Схема управления со следящей системой.

Пневматическая система управления отличается от гидравлической насосной тем, что в ней вместо жидкости используется воздух, подаваемый компрессором под давлением до 0,7...0,8 МПа. Вследствие сжимаемости воздуха и установки дросселей нарастание давления в исполнительных органах может легко регулироваться в необходимых пределах. Исполнительными органами такой системы (рис. 4.5.) являются пневмоцилиндры 4 и пневмокамеры 5 одностороннего действия, подвижные элементы которых (поршень или

диафрагма со штоком) передают усилие включаемому механизму. Возврат штока в исходное положение обеспечивается пружиной. Работой пневмоцилиндров и камер управляют с помощью регулируемых и не регулируемых пневмоаппаратов 3. Нерегулируемый пневмоаппарат в виде крана, соединяющий ресивер 2 компрессора 1 с рабочей полостью пневмоцилиндра (камеры), обеспечивает подачу сжатого воздуха в пневмоцилиндр без изменения давления. 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.

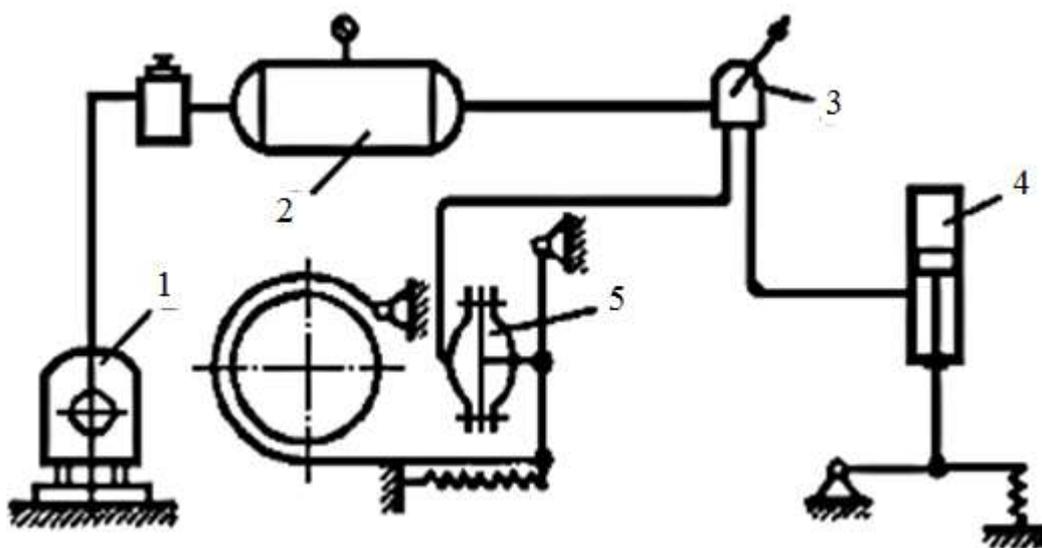


Рис. 4.5. Схема пневматического управления.

Электрическая система управления применяется в машинах с индивидуальным электрическим приводом механизмов и обеспечивает пуск и остановку электродвигателей, регулирование частоты их 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. Системы автоматизации управления силовыми установками привода машин в основном направлены на повышение эффективности использования машин и коэффициента использования мощности установленных двигателей силовых установок и двигателей привода основных механизмов, что также способствует повышению производительности машин. Решение этих задач в основном осуществляется путем регулирования нагрузки и скорости. Движения рабочих органов и двигателей машины для поддержания работы в оптимальных режимах, обеспечивающих их максимальные к.п.д., номинальную мощность и минимальную амплитуду их колебаний. К таким системам относятся автоматизированные системы гидро-или электроприводов машин, обеспечивающие оптимизацию работы двигателей силовых установок независимо от резко изменяющихся условий нагружения исполнительных механизмов, а также рекуперацию энергии при торможении больших инерционных масс (поворот одноковшовых экскаваторов, опускание рабочего оборудования и т.п.).

При автоматизации управления машинами применяются комбинированные системы – гидроэлектрические, гидропневмоэлектрические и т.п. Автоматизация управления рабочими органами, например, землеройно-транспортных машин, многоковшотраншейных экскаваторов, одноковшовых экскаваторов с оборудованием для планировочных работ в последнее время все более успешно осуществляется с помощью лазерных координаторов. Это позволяет осуществлять планировку земляного сооружения с минимально допустимыми местными отклонениями от средней плоскости до ± 5 см, выдерживать уклоны траншей или поверхностей насыпей и выемок до $+ 0,05$, а при устройстве закрытого дренажа до $\pm 0,0005$.

Принцип работы лазерных координаторов на примере обеспечения рабочим органом заданного уклона показан на рис. 4.6. Лазерный излучатель создает оптическую плоскость, относительно которой определяются высотные отметки точек поверхности участка, на котором работают машины. Лазерные системы управления применяют для управления машин, работающих на расстоянии от лазерного излучателя обычно до 500 м.

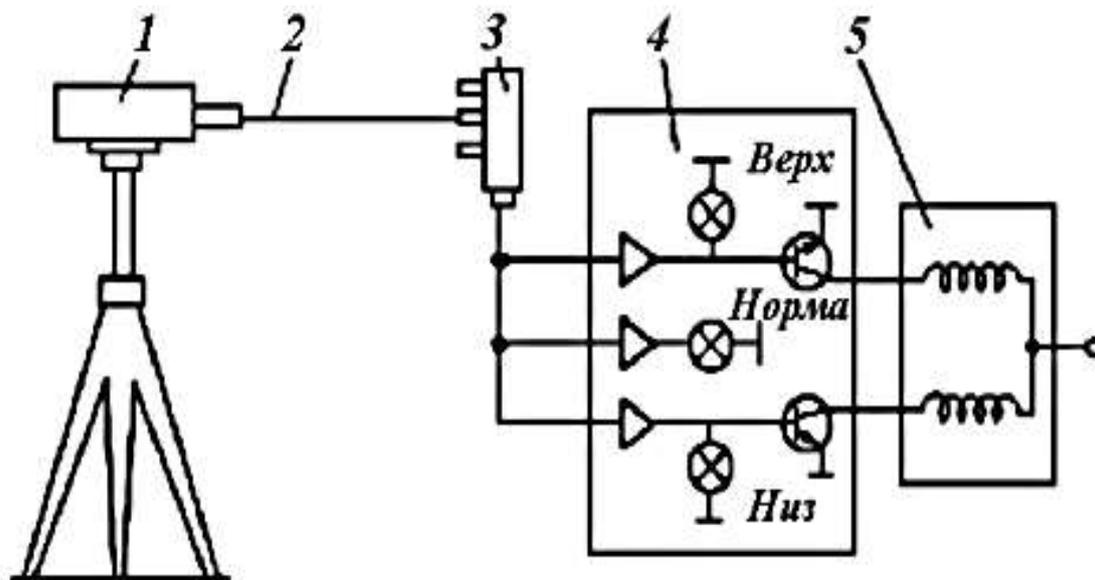


Рис. 4.6. Схема управления рабочим органом землеройной машины для выдерживания уклонов и планировки: 1 – лазерный излучатель; 2 – луч; 3 – фотоприемник; 4 – блок усиления и выработки команд; 5 – электромагниты электрогидравлических золотников управления приводом рабочего органа.

Лазерные системы позволяют: автоматизировать управление группой машин по нескольким координатам с помощью одного излучателя; значительно снизить трудоемкость и повысить точность установки опорной линии или опорной плоскости; повысить устойчивость системы управления и за счет этого увеличить скорость рабочего процесса. Широкое использование лазерных систем при автоматизации машин для земляных работ ограничивается в основном пока еще достаточно высокой их стоимостью. Важными направлениями в совершенствовании лазерных систем управления машинами являются: оптимизация размещения фотоприемных устройств на рабочем оборудовании с учетом его конструкции, количества регулируемых координат

и характера внешних возмущений; адаптации системы к изменению расстояния между управляемой машиной и излучателем; разработка систем управления группой машин по индивидуальным программам от одного излучателя; создание устройств пропорционального регулирования в системах электрогидравлического управления в комплексе с микропроцессорами.

Контрольные вопросы.

1. Что такое трансмиссия, передача? Приведите примеры.
2. Перечислите виды механических передач.
3. Для чего применяют редукторы? Перечислите виды наиболее распространенных схем редукторов. Чем отличаются специальные редукторы от универсальных?
4. В чем заключается сущность управления машиной?
5. Приведите классификацию систем управления строительными машинами.
6. Изложите структуру управления в арготической системе.
7. Приведите примеры устройства и принципа работы рычажно-механических, рычажно-гидравлических систем управления, систем с пневмо- и гидроусилителями.
8. В каких случаях для управления машинами используют системы с электрическими, электронным и электромагнитными усилителями?
9. Для чего применяют следящие системы управления? Изложите принцип их действия.

Глава 5. Гидравлические и пневматические приводы.

5.1. Гидравлические приводы.

Гидравлический привод представляет собой совокупность силовой установки (ДВС или электродвигателя), механической или иной передачи, гидropередачи, систем управления и вспомогательных устройств. Механическая передача служит для преобразования частоты вращения вала первичного двигателя в требуемую частоту вращения насоса — первого звена гидropередачи. Если номинальные частоты вращения насоса и первичного двигателя совпадают, то необходимость в механической передаче отпадает. Силовая часть гидравлического привода, преобразующая механическую энергию двигателя в энергию движения рабочей жидкости (минерального масла на нефтяной основе) и обратно, в движение исполнительных механизмов машины, называется *гидropередачей*. В зависимости от способа передачи энергии рабочей жидкости различают гидрообъемный (гидростатический) и гидродинамический привод.

Гидрообъемный гидропривод (рис.5.1.) состоит из энергетической, исполнительной, распределительной частей, трубопровода и резервуара для рабочей жидкости. Энергетическая часть (насос) предназначена для подачи рабочей жидкости под требуемым давлением и состоит из гидрогенератора (насоса или гидроаккумулятора). Насос получает энергию от силовой установки. Исполнительная часть (гидроцилиндры и гидромоторы) преобразуют энергию жидкости в механическую. Распределительная часть обеспечивает распределение и регулирование потока жидкости по величине давления и направлению. В нее входят распределители, дроссели, гидрозамки, предохранительные, обратные и редукционные клапаны и т.д. Число гидрораспределителей определяется числом исполнительных механизмов. Конструктивно гидрораспределители могут быть объединены в блоки.

В качестве рабочей жидкости применяют минеральные масла. Основными показателями рабочей жидкости являются: вязкость (внутреннее трение жидкости) – свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению одной ее части относительно другой; зависимость вязкости от температуры жидкости; температура застывания жидкости; температура ее воспламенения. Последний показатель важен в связи с тем, что в процессе работы жидкость нагревается до значительных температур. Рабочая жидкость при давлениях, создаваемых в гидросистемах строительных машин, практически не сжимаема. Некоторое сжатие наблюдается при наличии мельчайших пузырьков воздуха, растворенных в рабочей жидкости.

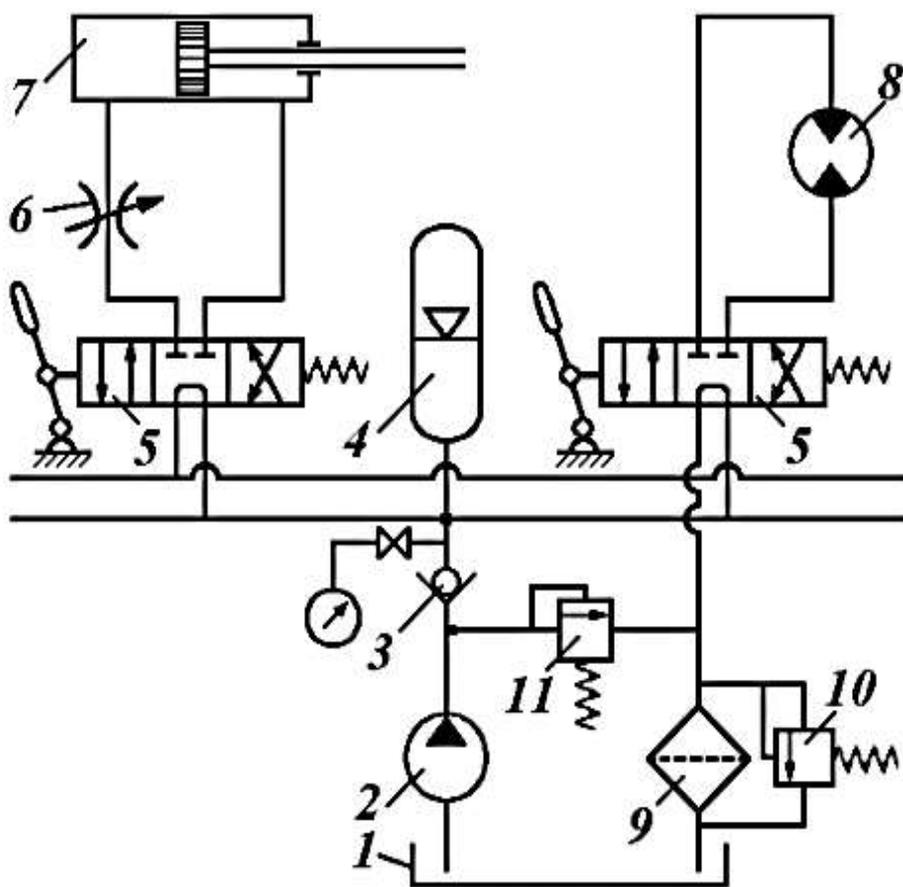


Рис. 5.1.Схема объемного гидропривода: 1 – бак для жидкости; 2 – насос; 3 – обратный клапан; 4 – гидроаккумулятор; 5 – распределители; 6 – дроссель; 7 – гидроцилиндр; 8 – гидромотор; 9 – фильтр; 10 – регулятор давления; 11 – предохранительный клапан.

Широкое применение объемного гидропривода на строительных и дорожных машинах вызвано рядом преимуществ, среди которых следует выделить: относительно высокий к.п.д. и низкие значения масс и объемов на единицу мощности; возможность бесступенчатого и безредукторного изменения скоростей на выходных элементах; удобство размещения механизмов; постоянство заданных режимов и возможность предохранения системы от перегрузок; малая инерционность вращающихся масс; легкость управления и возможность автоматизации. Применение объемного привода при использовании управляющих устройств позволяет полностью автоматизировать технологический процесс. Особо следует отметить облегчение труда операторов, повышение производительности и маневренности исполнительных органов. Например, поворот ковша на рукояти экскаватора существенно повышает технологические возможности машины. В строительных машинах применяются шестеренчатые, лопастные, аксиально и радиально-плунжерные насосы (рис 5.2.).

Широко распространены шестеренчатые насосы (рис.5.2,*а*), простые по конструкции, надежные в работе и пригодные для использования в режиме гидромотора. Они выпускаются производительностью до 400 л/мин и давлением жидкости до 15 МПа. При вращении шестерен 2 и 3 рабочая жидкость прокачивается между зубьями и корпусом 1. В радиальных пазах 6 ротора 4 лопастного насоса (рис.5.2,*б*) установлены подвижные лопасти. Вал ротора расположен эксцентрично по отношению к корпусу 5. При удалении лопастей от точки с минимальным расстоянием между ротором и корпусом увеличивается объем полости, которая заполняется рабочей жидкостью, поступающей через окно А, сообщающееся с всасывающим патрубком насоса. Когда лопасти проходят точку с максимальным расстоянием между ротором и корпусом, пространство между лопастями начинает сокращаться и рабочая жидкость вытесняется в полость нагнетания и через окно Б в нагнетательный патрубок насоса.

Производительность насоса регулируется путем изменения эксцентриситета e . Постоянное прижатие лопастей к внутренней поверхности статора обеспечивается давлением жидкости, подводимой от полости нагнетания в кольцевой канал В, а также центробежной силой.

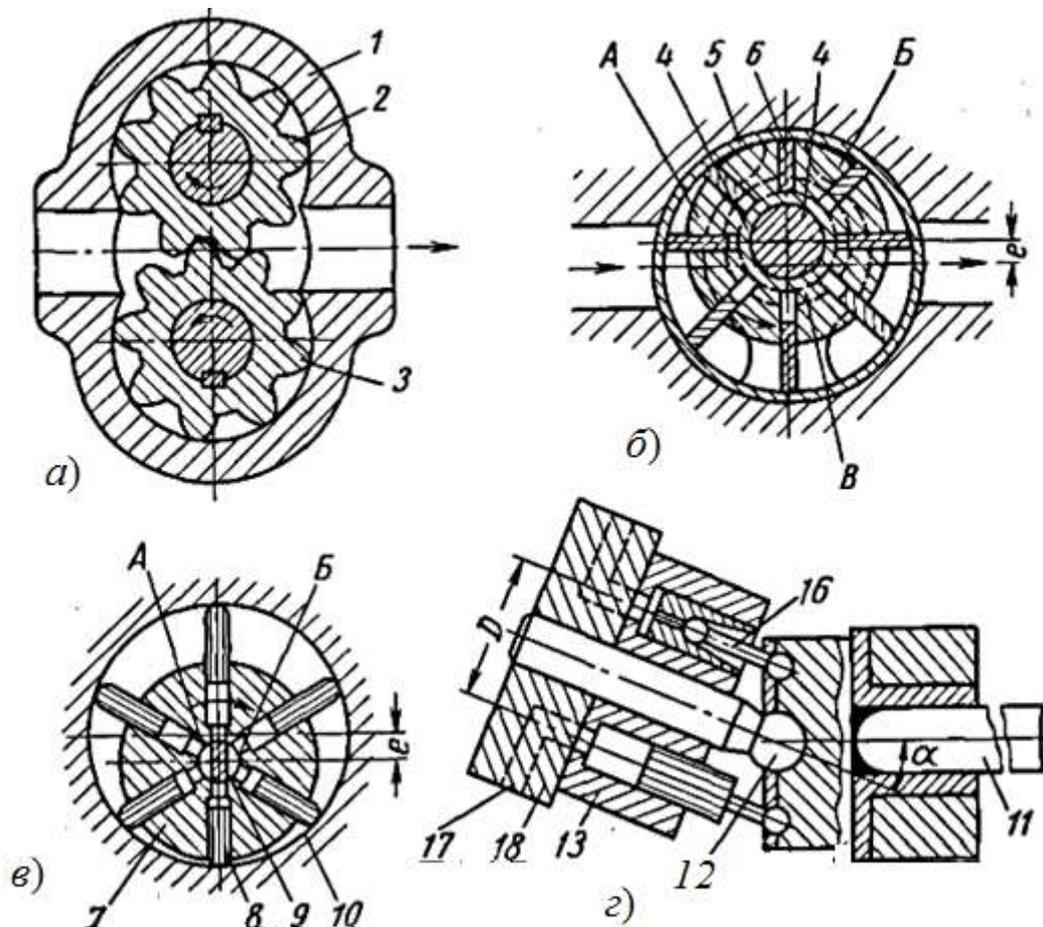


Рис. 5.2. Схемы гидравлических насосов: а – шестеренчатого; б – лопастного; в – радиально-плунжерного; з – аксиально-плунжерного.

Максимальное давление лопастных насосов 14 МПа, производительность до 200 л/мин. Радиально-плунжерный насос (рис.5.2,в) переменной производительности состоит из ротора 7 с цилиндрическими отверстиями, в которых плунжеры 8 совершают возвратно-поступательные движения. Внутри ротора 7 имеется распределитель жидкости 9 с напорным отверстием А и всасывающим отверстием Б. Ротор 7 устанавливается в статоре 10 с некоторым эксцентриситетом; за один оборот ротора насоса каждый плунжер совершит

два двойных хода: первый от центра всасывания через отверстие Б распределителя 9 и далее при вращении к центру нагнетания через отверстие А распределителя 9. Пульсация потока зависит от количества плунжеров в ряду; чем их больше, тем равномернее работает насос. Обычно в роторе устанавливается семь или девять плунжеров. Аксиально-плунжерные насосы (рис.5.2,з) выпускаются постоянной и переменной производительности на давление рабочей жидкости до 35 МПа; производительность их достигает 1000 л/мин; к.п.д. достигает 0,96...0,98. Они могут использоваться в качестве гидромотора. Приводной вал 11 насоса с приваренным к нему диском 12 расположен под углом к цилиндровому блоку 13. Шарниры 14 и 15 укреплены на диске 12. При вращении диск 12 увлекает за собой через плунжеры 16 цилиндрический блок, а плунжеры совершают при этом возвратно-поступательное движение, засасывая рабочую жидкость из канала 17 и нагнетая ее в другой канал, находящийся в распределительном диске 18. Одной из характеристик насоса является его рабочий объем, т.е. количество жидкости, подаваемое за один оборот. Подача Q насоса определяется как произведение рабочего объема на частоту вращения и коэффициент, характеризующий утечки. Различают нерегулируемые насосы, у которых угол α между дисками 15 и 18 постоянный, и регулируемые насосы, у которых этот угол можно плавно изменять в процессе работы. При изменении угла будут обратно пропорционально изменяться подача Q рабочей жидкости (производительность насоса) и давление P , развиваемое насосом, при неизменной мощности насоса N , так как $N = P \cdot Q$. Причем, если угол α 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.

Для защиты системы от чрезмерных нагрузок имеется предохранительный клапан. Распределители, применяющиеся в объемном гидроприводе имеют назначение – направлять поток жидкости от насоса к рабочим полостям силовых агрегатов и отводить ее из нерабочих полостей в бак. В зависимости от положения распределителя возможны три режима, например, при работе гидроцилиндра: выдвигание штока цилиндра, обратное движение и фиксированное положение. Часто в распределительные устройства встраиваются предохранительные и регулирующие клапаны, предохраняющие систему от перегрузок. Бесступенчатое изменение скорости исполнительного механизма достигается объемным и дроссельным регулированием. При объемном регулировании применяется насос переменной производительности, при плавном изменении которой происходит плавное изменение скорости вращения вала гидромотора или движения штока гидроцилиндра. Такой способ регулирования обеспечивает наивысший коэффициент полезного действия в широком диапазоне регулирования. При дроссельном регулировании жидкость, подаваемая насосом, разделяется дросселем на два потока: первый поступает в гидромотор (гидроцилиндр), второй возвращается в бак. Весьма распространены щелевые дроссели, у которых при повороте полой пробки, имеющей прямоугольную прорезь, изменяется площадь проходного сечения, а, следовательно, и расход жидкости. Этот способ регулирования неэкономичен, так как насос постоянно работает при полной нагрузке; применяется он лишь в гидроприводах малой мощности.

Гидроцилиндр - простейший гидродвигатель прямолинейного поступательного движения. В гидроцилиндре одностороннего действия выдвигание штока происходит под действием давления жидкости, а обратное его движение – под действием веса исполнительного механизма, с которым соединен цилиндр. В гидроцилиндре двустороннего действия шток движется в обоих направлениях под давлением рабочей жидкости.

Гидроцилиндр (рис. 5.3) состоит из корпуса (гильзы) 4 с тщательно обработанной внутренней поверхностью, поршня 7, уплотненного резиновыми манжетами 8, штока 1 и крышки 2 с манжетами 9 и грязесъемником 10. Гильза и шток имеют на своих концах проушины со сферическими подшипниками для соединения с приводимыми гидроцилиндром элементами машины. Подшипники обычно смазывают через пресс-масленки 6. Рабочая жидкость подводится к гидроцилиндру и отводится от него через штуцер 5.

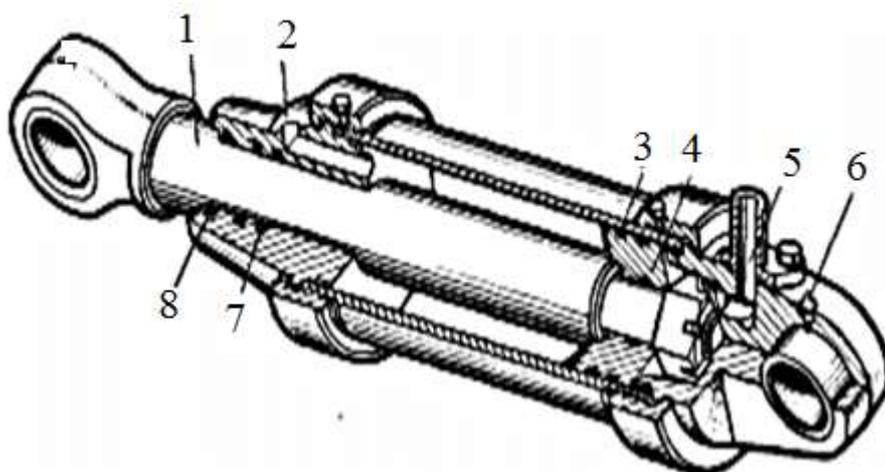


Рис. 5.3. Конструкция гидроцилиндра: 1-шток; 2-крышка; 3,7 и 8-резиновые манжеты; 4-поршень; 5-штуцер; 6-крышка с отверстием.

Кроме рассмотренного гидроцилиндра двустороннего действия (управляемое движение поршня со штоком в двух направлениях) в приводах строительных машин применяют также гидроцилиндры одностороннего действия, в которых поршень со штоком выдвигается из гильзы под действием подаваемой в поршневую полость рабочей жидкости, а возвратное движение осуществляется пружиной. Реже применяют гидроцилиндры с двухсторонним штоком.

Гидромоторы делятся на низко-и высокомоментные. Низкомоментные гидромоторы характеризуются $1 \text{ кН}\cdot\text{м}$ и $\text{об}/\text{мин}$ и поэтому в строительных машинах, требующих высоких крутящих моментов при сравнительно небольших скоростях движения, применяются в $M_{\text{кр}} \leq 1 \text{ кНм}$ и $n \geq 100 \text{ об}/\text{мин}$ и поэтому в строительных машинах, требующих высоких крутящих моментов

при сравнительно небольших скоростях движения, применяются в комплексе с редукторами. В качестве низкомоментных гидромоторов обычно используются нерегулируемые насосы постоянной производительности.

Высокомоментные гидромоторы ($M_{кр} \geq \text{кН}\cdot\text{м}$ и $n \leq 100$ об/мин) встраиваются в рабочие органы машин без вспомогательных редукторов. Привод с такими гидромоторами имеет меньшие габаритные размеры, вес и инерционность вращающихся частей, большие общий к.п.д. и надежность в работе. Наиболее распространены радиально-плунжерные высокомоментные гидромоторы. (рис. 5.4).

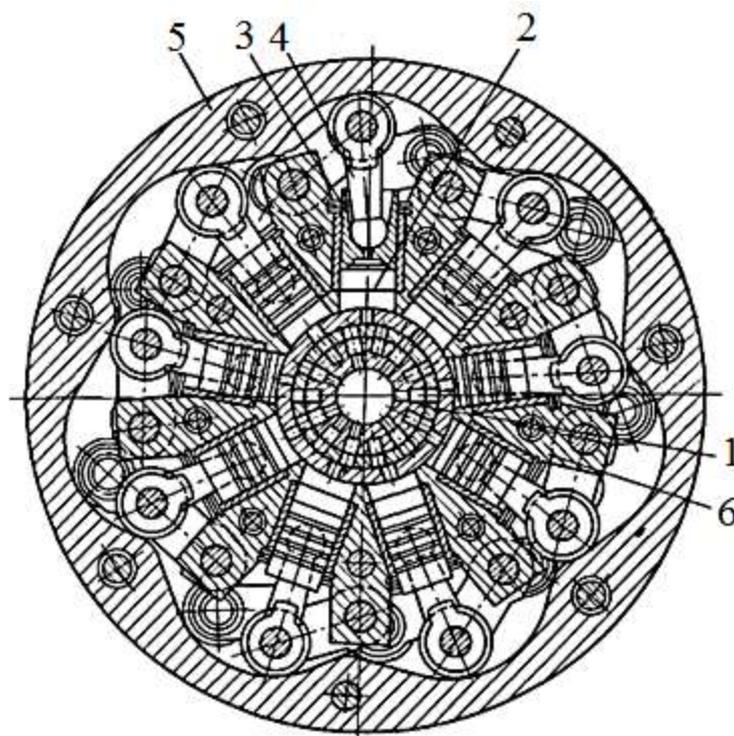


Рис. 5.4. Радиально-плунжерный высокомоментный гидромотор.

Насос подает рабочую жидкость в распределитель 1, откуда она направляется в цилиндры гидромотора 2 под плунжеры 3; последние передают усилие на шатуны 4, далее – на игольчатые подшипники, ролики и профильную направляющую корпуса 5, где происходит разложение усилия на составляющие. Тангенциальные составляющие усилия заставляют ротор 6 гидромотора вращаться. В каждый данный момент из девяти плунжеров в работе (под давлением) находятся четыре или пять, а остальные вытесняют

жидкость в сливную магистраль при своем движении к центру. Направление вращения гидромотора определяется направлением потока подводимой рабочей жидкости.

Основными элементами *аксиально-поршневого насоса* (рис.5.5) являются вращающийся в подшипниках ведущий вал 1 и блок цилиндров 7. Цилиндры представляют собой продольные проточки с поршнями 3, расположенные вокруг центрального шипа 8. Шаровыми головками центральный шип и шатуны 2 цилиндров завальцованы во фланец ведущего вала. При вращении последнего, а вместе с ним и блока цилиндров поршни совершают возвратно-поступательное движение относительно своих проточек. При прохождении цилиндром верхней части корпусного пространства его поршневая полость сообщается с верхним окном 5 диска 4, соединенным со всасывающей гидролинией. Вследствие увеличения объема поршневой полости в нее из масляного бака подсасывается рабочая жидкость. При прохождении цилиндром нижней части объема его рабочей камеры уменьшается, и рабочая жидкость выталкивается через нижнее окно 6 в напорную линию.

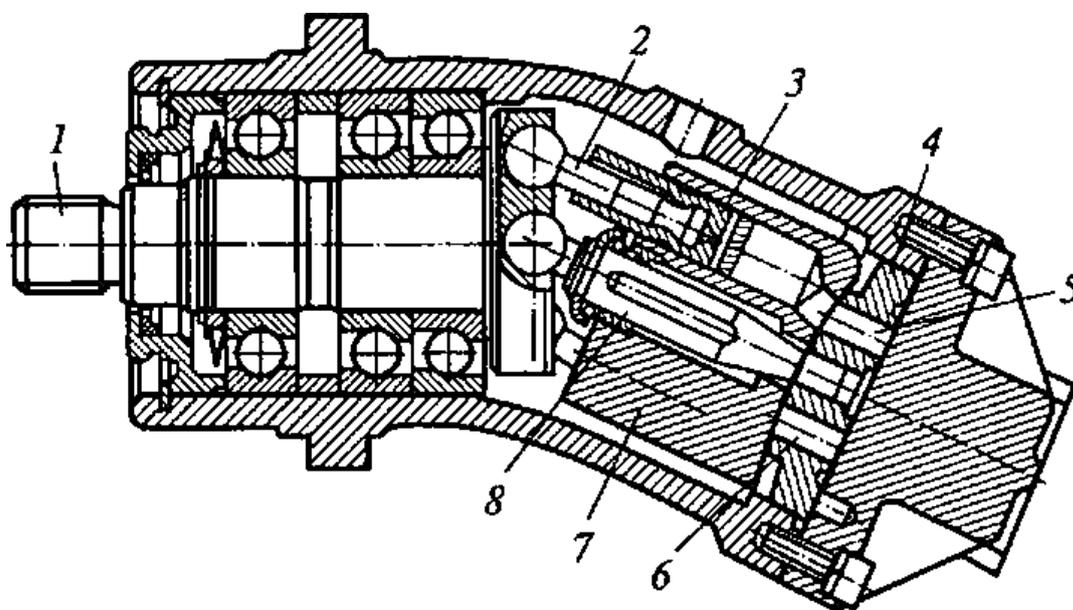


Рис. 5.5. Аксиально-поршневой насос.

Гидродинамический привод представляет собой элемент трансмиссии – гидромуфту или гидротрансформатор, устанавливаемые между двигателем и

коробкой передач (рис.5.6.). Включение в трансмиссию гидромуфты и особенно гидротрансформатора существенно меняет характеристику привода, приспособляя ее к условиям работы строительной машины.

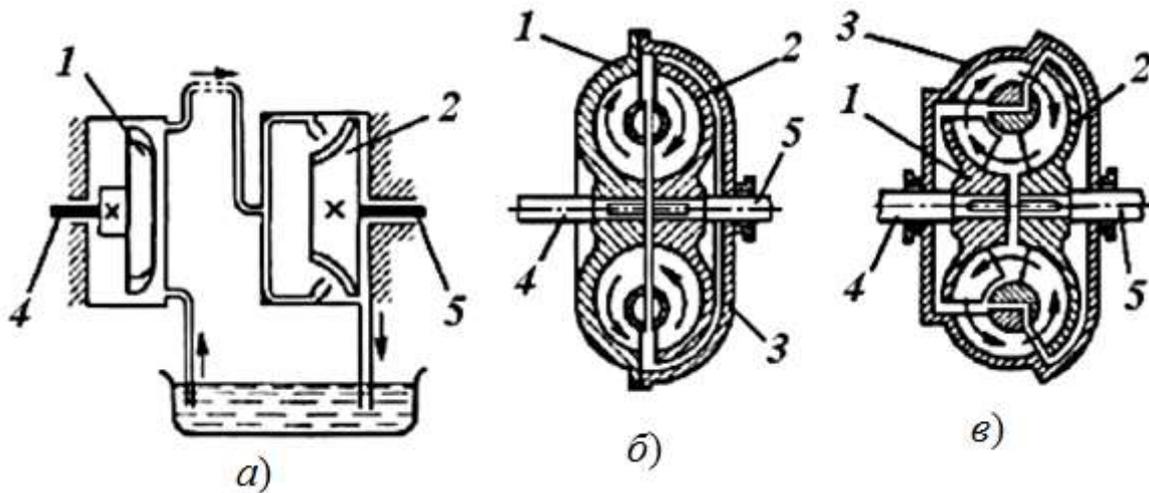


Рис. 5.6. Гидродинамические передачи: *а* – принципиальная схема; *б* – гидромуфта; *в* – гидротрансформатор; 1 – насосное колесо; 2 – турбинное колесо; 3 – неподвижный направляющий аппарат (реактор); 4 – входной вал; 5 – выходной вал.

Гидромуфта (рис.5.6,*б*) состоит из двух элементов: насосного колеса 1, установленного на валу 4, соединенном с валом двигателя, и турбинного колеса 2, установленного на валу 5, соединенном с трансмиссией. Оба вала гидромуфты механически не связаны между собой, зазор между колесами – от 3 до 12 мм, в зависимости от размеров рабочих колес. Оба колеса образуют камеру, заполненную жидкостью. Лопатки насосного колеса при вращении отбрасывают к периферии жидкость, сообщая ей кинетическую энергию. Попадая в турбинное колесо, жидкость передает ему полученную энергию и заставляет вращаться в ту же сторону.

Недостаток гидромуфт – снижение к.п.д. системы, а также невозможность изменения величины передаваемого крутящего момента двигателя в зависимости от нагрузки. Способностью автоматического изменения величины крутящего момента в зависимости от нагрузки обладают гидротрансформаторы.

Гидротрансформатор (рис. 5.6, в) состоит из насосного колеса 1, установленного на ведущем валу 4, турбинного колеса 2, закрепленного на ведомом валу 5, и неподвижного направляющего аппарата 3 (реактора), соединенного с корпусом гидротрансформатора и изменяющего направление и скорость движения жидкости, в результате чего происходит преобразование крутящего момента.

Коэффициент полезного действия гидротрансформатора

$$\eta = \frac{N_{ведо}}{N_{веду}} = \frac{M_{ведо} \cdot n_{ведо}}{M_{веду} \cdot n_{веду}} \quad (5.1)$$

где $N_{веду}$ и $N_{ведо}$ -соответственно мощность ведущего и ведомого вала; $M_{веду}$ и $M_{ведо}$ -соответственно момент ведущего и ведомого вала; $n_{веду}$ и $n_{ведо}$ -соответственно частота вращения ведущего и ведомого вала.

Недостатком гидротрансформатора является сравнительно низкий к.п.д. ($\eta = 0,86$), необходимость охлаждения рабочей жидкости, невозможность реверсирования и др. Однако применение гидротрансформаторов позволяет сравнительно простым способом существенно улучшить характеристику двигателей внутреннего сгорания. Поэтому в настоящее время наблюдается все более широкое использование гидродинамических передач на строительных машинах.

Направляющие гидроаппараты предназначены для изменения направления потока рабочей жидкости путем полного открытия и полного закрытия рабочего проходного сечения. К ним относятся гидрораспределители, гидроклапаны и гидрозамки.

Регулирующие гидроаппараты предназначены для изменения давления, расхода и направления потока рабочей жидкости путем частичного открытия рабочего проходного сечения. К ним относятся гидроклапаны давления (напорные, редуционные, разности и отношения давления), соотношения расходов и дросселирующие гидрораспределители. Основными параметрами гидроаппаратов являются номинальный расход, номинальное давление и диаметр условного прохода.

Гидрораспределители служат для переключения и направления потоков рабочей жидкости, реверсирования движения и фиксирования гидродвигателей в определенном положении. Они автоматически переключают систему на холостой ход по окончании рабочего хода. Гидрораспределители обеспечивают управление несколькими исполнительными гидродвигателями. По конструктивному исполнению они подразделяются на секционные (с одним золотником в секции) и моноблочные (с несколькими золотниками в едином корпусе).

На рис.5.7, *a* показан моноблочный гидрораспределитель, состоящий обычно из чугунного корпуса 2, нескольких плунжеров (золотников) 3, перемещаемых в осевом направлении вручную рукоятками 1 или другими способами (электрическим, гидравлическим, электрогидравлическим) и предохранительного клапана 4.

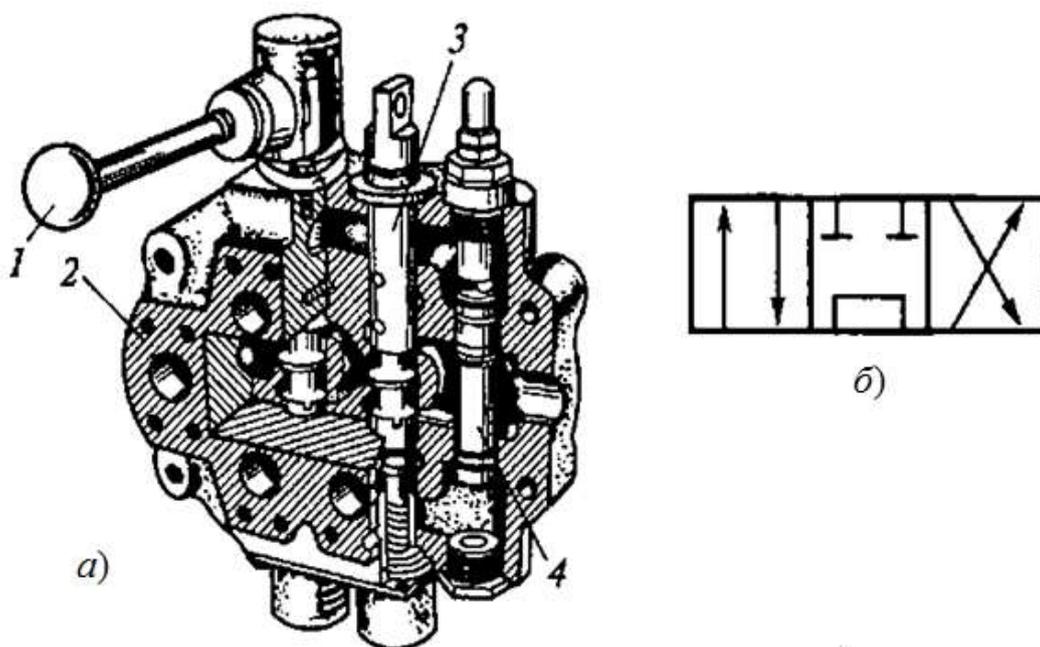


Рис.5.7. Моноблочный гидрораспределитель (а) и схема трехпозиционного гидрораспределителя (без указания способа управления (б)).

Принцип действия гидрораспределителя основан на соединении одной полости гидродвигателя с напорной линией насоса и одновременным соединением другой полости со сливной линией и гидробаком. По числу

возможных положений золотника различают двух, трех и четырехпозиционные гидрораспределители.

На рис 5.7,б показана схема трехпозиционного гидрораспределителя, золотник которого может быть установлен в одно из трех положений: для прямого и возвратного движения гидродвигателя, а также для его фиксации в определенном положении. На последней позиции поток жидкости направляется от насоса в гидробак, а обе рабочие полости гидродвигателя заперты.

Конструктивные решения гидроклапанов шарикового, конического и золотникового типов представлены на рис. 5.8. Основными элементами гидроклапана являются: седло, запирающий элемент 2 и пружина 3. Выбор запорного устройства зависит от назначения клапана, размера проходного сечения и давления.

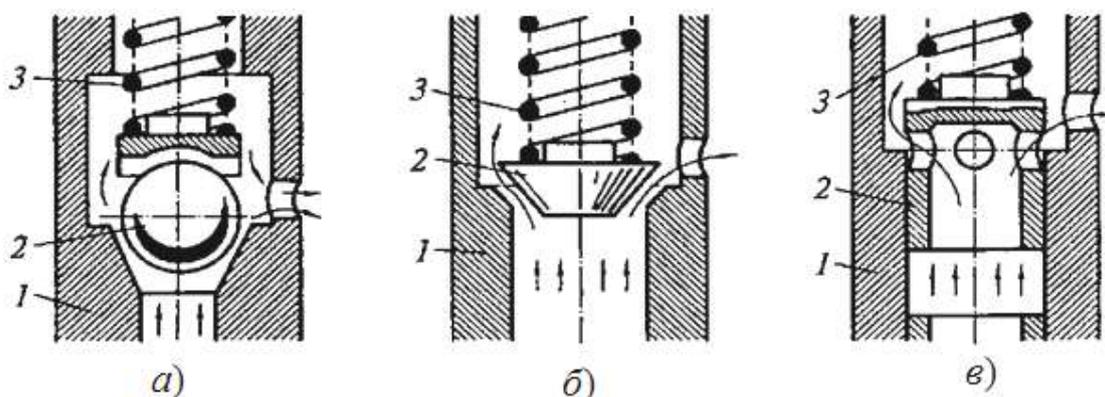


Рис. 5.8. Схемы гидроклапанов: а - шарикового; б - конического; в - золотникового.

Обратные клапаны обеспечивают движение рабочей жидкости только в одном направлении. Их применяют для защиты насосов от резкого повышения давления, вызываемого нагрузкой на рабочем органе, самопроизвольного движения рабочего органа под действием внешних нагрузок, для формирования направлений потоков рабочей жидкости в гидролиниях, а также используют в качестве подпиточных клапанов для заполнения гидросистемы рабочей жидкостью от сливной гидролинии или от специального насоса подпитки во избежание разрыва потока.

Гидрозамки (управляемые обратные клапаны) (рис. 5.9) предназначены для пропускания рабочей жидкости при отсутствии управляющего воздействия в одном направлении, а при наличии управляющего воздействия - в обоих направлениях. Гидрозамок состоит из обратного клапана 1 и поршня управления 3 со штоком 2.

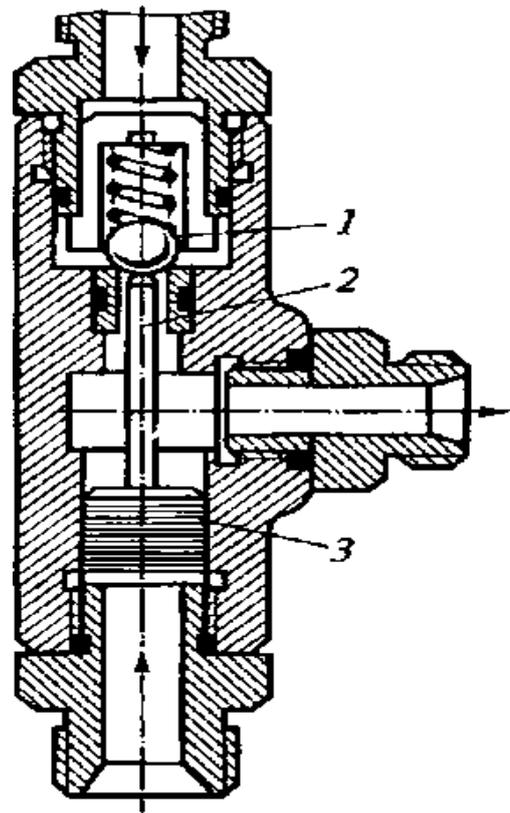


Рис. 5.9. Гидрозамок.

Предохранительные клапаны служат для предохранения гидropередачи от давления, превышающего установленное, путем перепуска рабочей жидкости из напорной линии в сливную.

Различают *первичные* (предохраняющие от перегрузок насос) и *вторичные* (предохраняющие гидродвигатели) предохранительные клапаны. Первичные клапаны устанавливают на напорной гидролинии насоса, а вторичные — на рабочих отводах гидрораспределителя.

Редукционные клапаны используют для поддержания пониженного давления на отдельных участках системы путем частичного сброса рабочей жидкости в сливную линию.

Гидродроссели применяют для регулирования расхода жидкости в гидролиниях. Регулируемый дроссель с обратным клапаном (рис.5.10) предназначен для ограничения потока рабочей жидкости в одном направлении (показано стрелками) и свободного пропуска потока в другом за счет срабатывания обратного клапана.

Работа гидropередачи обеспечивается также кондиционерами рабочей жидкости, включающими гидробаки с сапунами, устройства для очистки (фильтры и сепараторы), теплообменники.

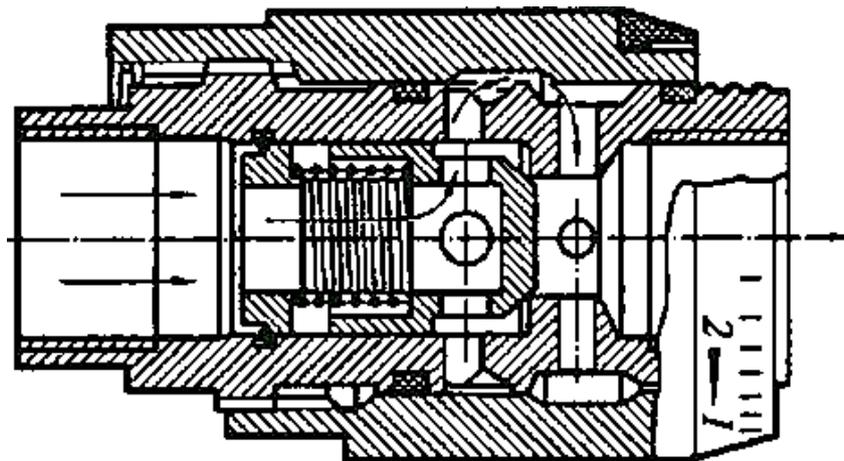


Рис. 5.10. Гидродроссель регулируемый с обратным клапаном.

Гидравлические (масляные) баки представляют собой емкости, служащие для хранения, отстоя и охлаждения рабочей жидкости, циркулирующей в гидросистеме. Они сообщаются с атмосферой через сапуны, представляющие собой воздушные фильтры. Рабочая жидкость поступает в бак по сливному трубопроводу через блок фильтров. Количество рабочей жидкости контролируют указателем уровня. Обычно вместимость масляного бака составляет 2...3-минутную подачу насоса.

Фильтры, применяемые в гидросистемах строительных машин, обеспечивают очистку рабочей жидкости от загрязняющих примесей механическим способом при помощи щелевых и пористых фильтрующих элементов (металлических сетчатых, тканевых, бумажных, керамических, а также с набивными бумажными или текстильными фильтрующими материалами). Тонкость фильтрации составляет 5... 40 мкм. Для улавливания ферромагнитных частиц пористые фильтры комбинируют с магнитными очистителями.

Теплообменники предназначены для охлаждения рабочей жидкости и стабилизации температуры в гидросистемах машин на оптимальном уровне.

Теплообменники устанавливают на сливных линиях после гидродвигателей или на линиях отвода утечек из гидросистемы.

Гидролинии осуществляют взаимосвязь между элементами гидропередачи, через которую проходит поток рабочей жидкости. Их подразделяют на *всасывающие, напорные, сливные, дренажные и линии управления*. Жесткие гидролинии обычно изготавливают из стальных бесшовных труб. Подвижные части с установленными на них элементами гидропривода соединяют гибкими рукавами высокого давления. Для предотвращения вытекания жидкости и предохранения ее от загрязнений при разъединении трубопроводов применяют самозапирающиеся соединения с двумя шариковыми клапанами.

К рабочей жидкости в гидроприводах строительных машин предъявляют высокие требования. Она должна обладать хорошими смазывающими свойствами, не вызывать коррозии контактирующих с ней металлов, сохранять свои свойства при эксплуатации в различных температурных условиях. Рабочая жидкость не должна образовывать пены и содержать веществ, выпадающих в осадок, должна быть безопасной в пожарном отношении и не токсичной. Наиболее полно этим требованиям отвечают масла, получаемые из низкозастывающих фракций нефти с соответствующими присадками: загущающими, антиокислительными, антипенными и противоизносными.

5.2. Пневматический привод.

Структурно пневматический привод сходен с гидроприводом и отличается от него тем, что в пневмоприводе механическая энергия силовой установки преобразуется в энергию движения рабочего газа (обычно атмосферного воздуха, сжатого до 0,5...0,8 МПа) и обратно в движение исполнительных механизмов машины. Пневматические передачи используют в приводах пневматических молотов, ручных пневматических машин, вибраторов и других машин, а также в системах управления машинами для

плавного включения механизмов в работу и их торможения. Пневматические передачи надежны и просты в обслуживании, мало чувствительны к динамическим нагрузкам и способны переносить длительные перегрузки вплоть до полного стопорения. Они удобны в управлении, обеспечивают простоту преобразования вращательного движения в поступательное, могут состоять из независимо расположенных сборочных единиц.

К недостаткам передач относятся: обусловленная высокой сжимаемостью воздуха трудность точного регулирования, низкий к.п.д. и высокая шумность в работе.

Основными частями пневматической передачи являются: компрессор, воздухохраник (ресивер), пневматические Двигатели, соединительные воздухопроводы, регуляторы давления и предохранительные клапаны, воздушные фильтры и масловлагоотделитель.

Компрессоры предназначены для выработки сжатого воздуха. Они приводятся электродвигателями или двигателями внутреннего сгорания (ДВС), вместе с которыми, а также с системой воздухоподготовки образуют переносные или передвижные *компрессорные установки (компрессорные станции)*. Легкие переносные станции небольшой производительности монтируют обычно на раме с колесами для перевозки вручную в пределах строительной площадки. Станции на двухосной пневмоколесной тележке перевозят автомобилем или трактором. Самоходные станции монтируют обычно на шасси грузовых автомобилей.

По принципу действия компрессоры подразделяют на поршневые, ротационные, турбинные, диафрагменные и винтовые. Принцип действия компрессоров всех типов заключается во всасывании воздуха из атмосферы в рабочую камеру, его сжатия и нагнетания в воздухохраник движением вытеснителей (поршней, пластин, зубьев шестерен, диафрагм, винтов). Наибольшее распространение в строительстве получили поршневые компрессоры.

Поршневой компрессор (рис. 5.11) представляет собой цилиндр 2, в котором перемещается поршень 1. Возвратно-поступательное движение поршня обеспечивается приводимым от двигателя коленчатым валом 6 и шатуном 5. При движении поршня вниз от «мертвой» точки в цилиндре создается разрежение, вследствие чего автоматически открывается клапан 3, и в рабочую камеру из атмосферы всасывается воздух. При движении поршня вверх клапан 3 закрывается, и воздух в цилиндре сжимается. Когда давление воздуха в рабочей камере достигнет определенного значения (обычно 0,8 МПа), откроется клапан 4 и воздух вытолкнется из цилиндра в воздухохранилище. За один оборот коленчатого вала происходит полный цикл работы компрессора — всасывание воздуха, его сжатие и нагнетание.

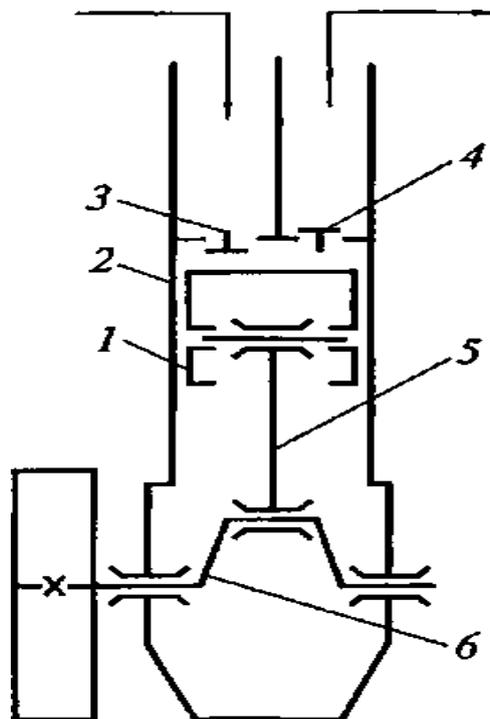


Рис. 5.11. Схема поршневого компрессора одноступенчатого сжатия.

Поршневые компрессоры бывают *одно* и *многоцилиндровыми* с *одно* и *многоступенчатым* сжатием. В последнем случае воздух, сжатый в одном цилиндре, поступает в другой цилиндр для большего сжатия, чем обеспечивается более высокий КПД (на 10...15 % больше КПД компрессоров с

одноступенчатым сжатием). Компрессоры производительностью до 1 м³ изготавливают обычно одноступенчатыми, а большей производительности – двухступенчатыми.

Воздухосборники (ресиверы) предназначены для накопления сжатого рабочего воздуха, уменьшения пульсации давления в нагнетательной пневмолинии потребителя, а также для охлаждения и очистки рабочего воздуха от воды и масла.

Система воздухоподготовки (рис. 5.12) включает фильтр 7 для очистки атмосферного воздуха от механических примесей, масляный охладитель 14 и маслоотделитель 11. Фильтр 7 устанавливают на всасывающем воздуховоде 2 компрессора 15, а масляный охладитель на выходе из компрессора, где в нагретый сжатый воздух насосом 4 по трубопроводам 3 впрыскивается охлажденное масло.

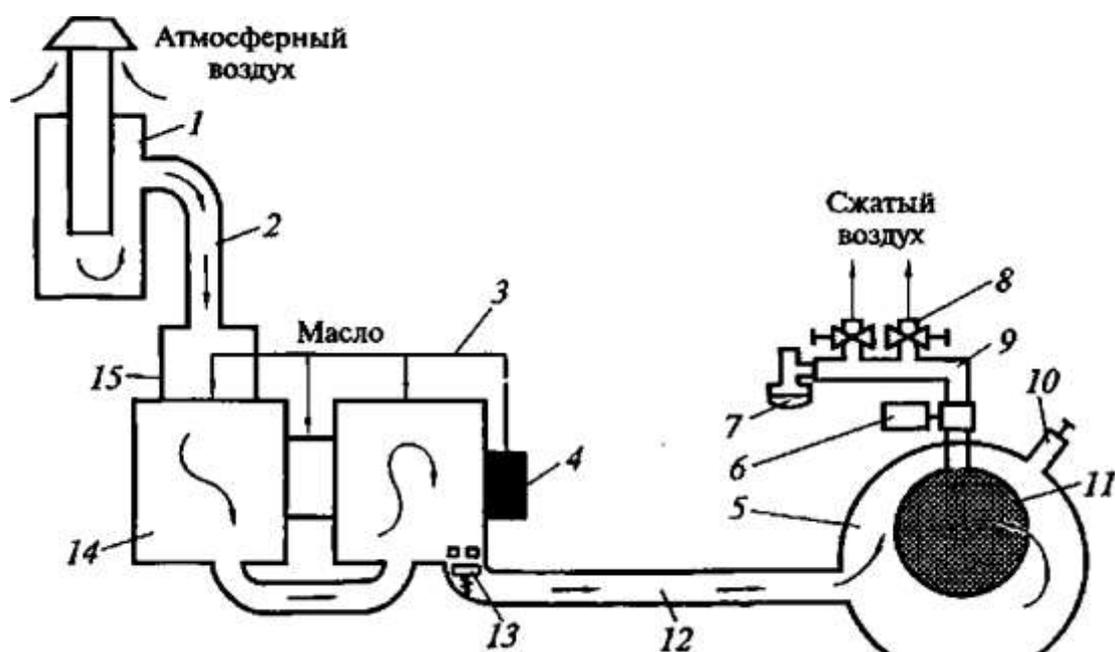


Рис. 5.12. Схема воздухоподготовительной аппаратуры компрессорной установки.

Охлажденная масловоздушная смесь через обратный клапан 13 поступает по нагнетательному трубопроводу 12 в воздухосборник 5, где воздух очищается от влаги и масла фильтром 11, откуда очищенный воздух через

регулирующий минимальное давление клапан 6 поступает в раздаточную колонку 9 с вентилями для подсоединения потребителей и клапаном 7 для стравливания воздуха. Кроме того, на воздухоборнике установлен предохранительный клапан 10 для аварийного сброса масловоздушной смеси.

Пневматические двигатели предназначены для преобразования энергии сжатого воздуха в возвратно-поступательное или вращательное движение выходного звена. Они подразделяются на *пневмомоторы и пневмоцилиндры*. Конструктивно они подобны гидромоторам и гидроцилиндрам. Для изменения направления движения рабочего воздуха к пневмодвигателям, изменения или поддержания на постоянном заданном уровне расхода и давления в пневматической передаче, служат *пневмоаппараты* (пневмораспределители, предохранительные, редукционные, обратные клапаны, пневмодрессели), по принципу действия сходные с аналогичными гидроаппаратами.

Отработавший рабочий воздух из пневмодвигателей выбрасывается непосредственно в атмосферу.

Контрольные вопросы.

1. Каков состав гидравлического привода и его назначения?
2. Перечислите типы насосов, применяемых в гидроприводах строительных машин. Как они устроены и как работают?
3. Как устроен и как работает гидроцилиндр? Какие типы гидроцилиндров применяют в гидроприводах строительных машин? Как определяют усилие на штоке гидроцилиндра?
4. Какие типы и виды гидравлических аппаратов применяют в гидроприводах строительных машин? Охарактеризуйте их назначение, устройство и принцип работы.
5. Для чего служат кондиционеры рабочей жидкости, какие устройства они включают? Охарактеризуйте их назначение, особенности устройства и принцип работы.

6. Для чего предназначены гидролинии? Как их классифицируют по функциональному признаку?

7. Изложите требования, предъявляемые к рабочим жидкостям гидроредукторов. Какие виды присадок применяют в рабочих жидкостях? Назовите марки масел, применяемых в качестве рабочих жидкостей.

8. Изложите принцип действия гидромолоты и гидротрансформатора. Для чего используют эти устройства в приводах строительных машин? Что такое коэффициент трансформации? Как определяется КПД гидротрансформатора?

9. В каких строительных машинах используют пневмопривод? Перечислите его преимущества и недостатки. Из каких составных частей состоит пневматическая передача?

10. Для чего предназначены компрессоры? Что входит в состав компрессорной станции? Приведите классификацию компрессорных станций по способу их передвижения. Перечислите типы компрессоров. Изложите принцип работы поршневого компрессора одноступенчатого сжатия. Что такое компрессор многоступенчатого сжатия?

11. Для чего предназначены воздухохранилища?

12. Какие аппараты включает система воздухоподготовки? Как они взаимосвязаны? Изложите принцип работы системы.

13. Какие виды пневмодвигателей применяют в пневмопередачах?

14. Какие виды распределительных и регулирующих аппаратов применяют в пневмопередачах?

Глава 6. Ходовое оборудование строительных машин.

6.1. Виды ходового оборудования и их характеристики.

Ходовое оборудование предназначено для передачи нагрузок на опорное основание и передвижения машин. Ходовое оборудование может быть активным и пассивным. Активным ходом оборудуют самоходные машины, а пассивным — машины, перемещаемые на буксире за тягачом, в качестве которого может быть использована любая самоходная машина.

Ходовое оборудование включает взаимодействующий с опорным основанием *двигатель, подвеску и опорную раму или оси*. В самоходных машинах, кроме того, имеется *механизм передвижения*. По типу двигателя ходовое оборудование подразделяют на гусеничное, шинноколесное, рельсоколесное и специальное.

Гусеничное ходовое оборудование применяют для передвижения по бездорожью, а также в машинах, для которых передвижение не является основной операцией как, например, в одноковшовых экскаваторах, где оно используется, в основном, для передвижения экскаватора на новую рабочую позицию в пределах одной и той же рабочей площадки. Для передвижения таких машин на большие расстояния обычно используют тягачи со специальными прицепами-трейлерами.

Пневмоколесное ходовое оборудование устанавливают на машинах, для которых транспортная операция занимает соизмеримую с другими операциями часть технологического цикла, как, например, у самоходных скреперов, перемещающих грунт в своем ковше на расстояния в несколько километров. Такой же вид ходового оборудования имеют машины, часто меняющие рабочие площадки, отстоящие одна от другой на значительных расстояниях. Особенностью такого вида ходового оборудования является возможность реализовать большие транспортные скорости, соизмеримые со скоростями грузовых автомобилей.

Рельсоколесным ходом оборудуют машины, работающие в ограниченной зоне с идентичными транспортными траекториями, например башенные краны, некоторые виды карьерных экскаваторов непрерывного действия и др. Всякое изменение размеров рабочей зоны этих машин связано с перекладкой путей и обосновано только в случае небольших затрат на эти работы.

Рельсоколесное ходовое оборудование как составная часть строительной машины отличается простотой устройства, невысокой стоимостью, достаточной долговечностью и надежностью. Оно представляет собой либо тележку, обычно оборудованную двумя осями с металлическими одно-или двухребордными колесами, либо набор из трех или четырех двухколесных тележек велосипедного типа. Благодаря ограниченной рабочей зоне рельсоколесные машины обычно используют энергию внешней электросети.

Основными их недостатками являются: сложность перебазирования на новые строительные площадки, дополнительные затраты на устройство и техническую эксплуатацию рельсовых путей.

Рельсовый путь, не являющийся принадлежностью машины, обеспечивает последнее низкое сопротивление передвижению, постоянную траекторию движения и связанную с этим возможность машины выполнять технологический процесс с высокой точностью.

К специальному ходовому оборудованию относятся шагающие, вездеходные и другие устройства.

Гусеничный движитель изобретен Д.Загряжским в 30-х годах XIX в. Гусеничные движители (гусеницы) монтируют на раме, называемой также нижней, в отличие от верхней рамы, входящей в остов машины. Шинноколесные движители (ходовые колеса) устанавливают обычно на мостах. Нижние рамы (оси) соединяют с верхними рамами машины с помощью подвесок, которые бывают жесткими, полужесткими и мягкими. Соединение по жесткой схеме осуществляется на болтах и на пальцах, по мягкой схеме - с помощью пружин и рессор, в случае полужесткой схемы одну часть нижней

рамы соединяют с верхней рамой по жесткой схеме, а вторую - по мягкой. При движении мягкая подвеска способствует снижению динамических нагрузок от неровностей дороги. Для этих же целей в состав мягких подвесок вводят гидравлические, работающие по принципу гидравлического дросселя, или гидропневматические амортизаторы.

Основными технико-эксплуатационными показателями ходового оборудования являются: скорость передвижения, проходимость — способность передвигаться в различных эксплуатационных условиях и маневренность — способность изменять направление движения гусеничного движителя в стесненных условиях. Эти свойства присущи гусеничным, шинноколесным и некоторым видам специальных ходовых устройств. Для рельсоколесных машин эти понятия теряют смысл, поскольку указанные эксплуатационные условия в этом случае будут всегда идентичными - рельсы укладывают на подготовленное основание с соблюдением норм уклонов и определенных радиусов закруглений на поворотах.

Прочность машины характеризуется давлением на грунт - отношением веса машины и внешних сил к площади контакта движителя с опорной поверхностью, *дорожным просветом (клиренсом)* - расстоянием от наиболее низкой части машины (кроме движителя) до опорной поверхности *исцепными качествами* ходового оборудования. Более высокой прочностью обладает гусеничное ходовое оборудование, имеющее развитую опорную поверхность движителя, обеспечивающую удовлетворяющие условиям эксплуатации удельные давления на грунт и меньшую, чем у шинноколесных машин, осадку. Гусеничные движители не теряют своей транспортной способности даже при погружении в грунт до половины своей высоты. В то же время они уступают шинноколесным по скорости передвижения, которая для большинства гусеничных машин не превышает 10 км/ч.

Маневренность характеризуется минимальным радиусом разворота и шириной дорожного коридора. В зависимости от вида привода гусеничные машины могут разворачиваться относительно одной заторможенной гусеницы

(при групповом приводе) и относительно собственной оси (при индивидуальном приводе движением гусениц во взаимно противоположных направлениях). Для большинства шинноколесных машин, имеющих одну пару управляемых колес, минимальные радиусы разворота оказываются большими чем у гусеничных машин. По этому показателю гусеничные машины более маневренны по сравнению с шинноколесными. Ширина дорожного коридора есть габаритная ширина следа разворачивающейся машины. Для гусеничных машин она меньше, чем для шинноколесных машин с одной парой управляемых колес. С увеличением базы машины при прочих прежних размерах ширина дорожного коридора также увеличивается. У шинноколесных машин также увеличивается и минимальный радиус разворота. Для работы в стесненных условиях обычно применяют короткобазовые пневмоколесные движители. Ширина дорожного коридора является важной технико-эксплуатационной характеристикой машины, определяющей ее вписываемость в ситуационную схему трассы передвижения.

6.2. Гусеничное ходовое оборудование.

В строительных машинах массой до 1000 т применяют, в основном, двухгусеничные движители, каждая гусеница которых состоит из ходовой рамы 6 (рис. 6.1), замкнутой гусеничной ленты 3, огибающей ведущее 1 и направляющее колеса, опорных 5 и поддерживающих 4 катков.

Различают гусеницы *гребневого* и *цевочного зацеплений*. У первых гусеничные ленты состоят обычно из литых звеньев, шарнирно соединенных между собой пальцами. С внутренней стороны лента имеет гребни, чередующиеся со впадинами, а с наружной - развитую в ширину гладкую поверхность, которой гусеница взаимодействует с опорным основанием. По периферии ведущего колеса имеются кулачки, входящие во впадины внутренней поверхности гусеничной ленты.

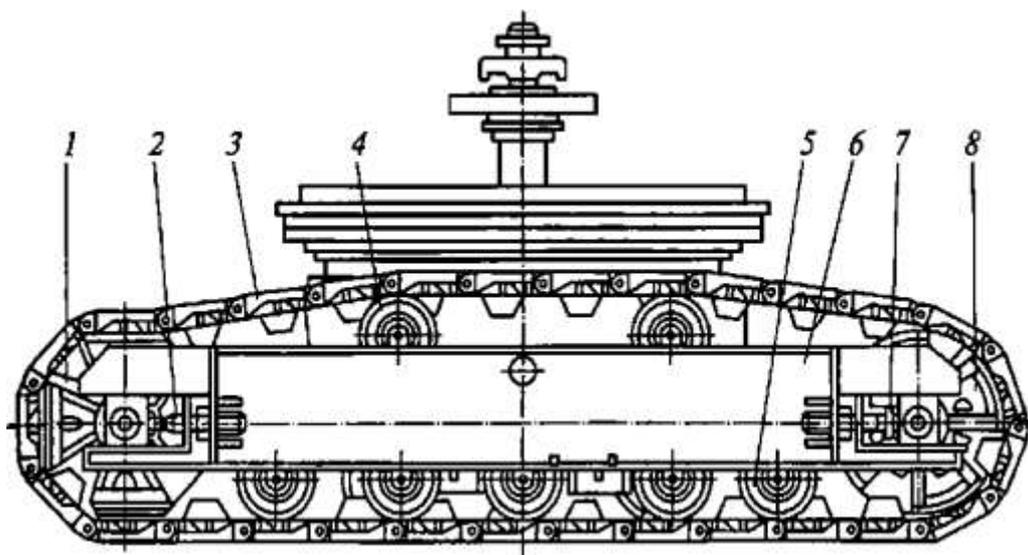


Рис 6.1. Гусеница одноковшового экскаватора.

В случае цевочного зацепления (рис. 6.2) гусеничная лента 1 состоит из соединенных пальцами со втулками отлитых звеньев гусеничной цепи, к которым с наружной стороны болтами с гайками прикреплены башмаки с ребрами (*грунтозацепами*) из стального проката.

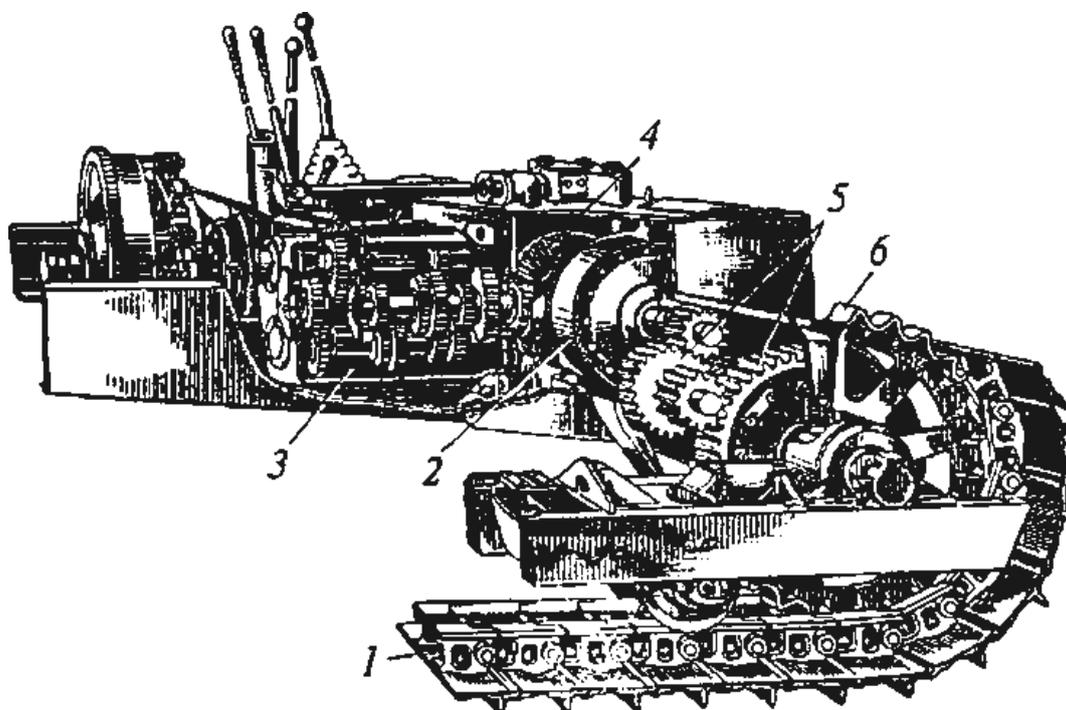


Рис. 6.2. Трансмиссия и гусеница трактора с цевочным зацеплением.

Ведущее колесо — звездочка *б* входит своими зубьями в промежутки между втулками гусеничной цепи. Такой движитель позволяет двигаться с большими скоростями. Благодаря наличию грунтозацепов гусеницы с цевочным зацеплением обладают лучшим сцеплением с податливым, например, фунтовым основанием, не утрачивают способности передвигаться при поломке отдельных башмаков, но имеют большую массу по сравнению с гусеницами гребневого зацепления. В последнее время цевочное зацепление находит все большее применение в гусеничном ходовом оборудовании строительных машин.

Направляющее колесо обычно выполняют как натяжное. Его устанавливают на оси, закрепленной в ползуне, перемещаемом во время натяжения в направляющих ходовой рамы винтом *7* (см. рис. 6.2) или гидроцилиндром. Устанавливаемое на некоторых гусеничных машинах, например на канатных одноковшовых экскаваторах, натяжные устройства *2* используют для натяжения приводных цепей ведущих звездочек. Оси опорных катков, обычно двухребордных для предотвращения бокового соскальзывания с них гусеничной ленты, закрепляют на ходовой раме непосредственно или через балансиры *1* с пружинами *2* (рис. 6.2). Гусеницы с непосредственным креплением опорных катков к ходовой раме называют *жесткими*. Они наиболее просты, обеспечивают более равномерное давление на грунт, но не амортизируют колебаний при езде по неровному жесткому основанию, в связи с чем их транспортные скорости не превышают 5 км/ч.

Гусеничное ходовое оборудование приводится в движение от ДВС через механическую, гидравлическую или электрическую трансмиссии. В случае механической трансмиссии реализуется схема группового привода, в остальных случаях — индивидуального привода. В качестве примера группового привода на рис. 6.3 представлена трансмиссия гусеничного трактора, состоящая из коробки передач *3*, главной конической передачи *4*, двух (с каждой стороны от

главной передачи) бортовых фрикционов (многодисковых фрикционных муфт) 2, двух бортовых редукторов 5 и двух ведущих колес 6.

Проходимость гусеничного движителя в значительной мере зависит от глубины погружения гусениц в грунт h (м), которую приближенно можно считать пропорциональной удельному давлению P (МПа):

$$h = P/K, \quad (6.1)$$

где K - коэффициент постели ($K = 0,1 \dots 0,5$ МПа/м для свеженасыпанного песка и мокрой размягченной глины, $K = 20 \dots 100$ МПа/м для мягких скальных грунтов, известняков, песчаников, мерзлоты).

В паспортных данных гусеничных машин обычно приводят средние удельные давления гусениц на основание, по которым оценивают проходимость машины. В действительности, из-за смещения равнодействующей всех внешних сил от центра опорного контура, это давление не постоянно как по длине гусениц, так и для каждой из двух гусениц гусеничной тележки.

6.3 Пневмоколесное и рельсовое ходовое оборудование.

Пневмоколесный движитель легче гусеничного, имеет большой ресурс работы (до 30 ...40 тыс. км пробега, что примерно в 20 раз выше ресурса гусеничного движителя), позволяет машине перемещаться на больших скоростях (до 60 км/ч и более) и по сравнению с гусеничным движителем отличается большей долговечностью и ремонтпригодностью, а также более высоким КПД.

К его недостаткам относятся: большое удельное давление на основание в связи с малой контактной площадью и меньшая сила тяги по сцеплению движителя с грунтом. Для повышения сцепления при работе в труднопроходимой местности на колеса одевают цепи.

Пневмоколесный движитель состоит из колес с пневматическими шинами, надеваемых на мосты. Колеса приводятся ходовой трансмиссией.

Пневматические шины могут быть *камерными* (рис.6.3,*а*) и *бескамерными* (рис. 6.3, *б*). Камерная шина состоит из покрышки, камеры, ободной ленты и вентиля для накачивания воздуха в камеру. Бескамерные шины представляют собой покрышки, герметически прилегающие к ободьям. Покрышки изготавливают из резины, армированной тканевым и металлическим кордом. Утолщенную периферийную часть покрышки называют *протектором* с рифлениями определенной формы, называемыми *рисунком протектора*.

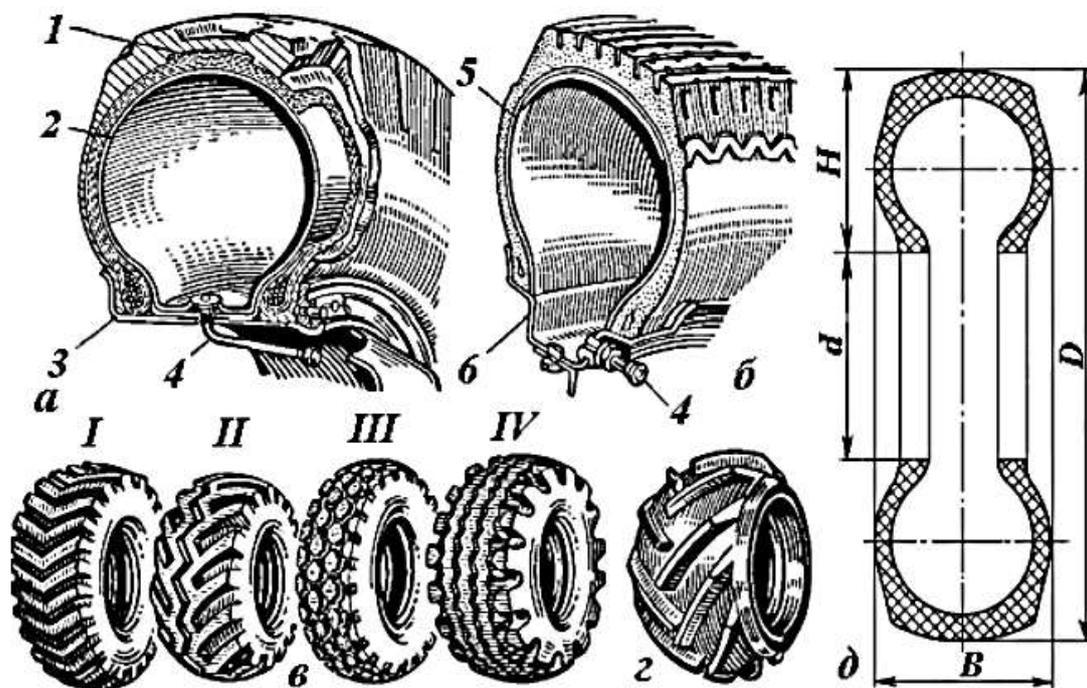


Рис. 6.3. Виды шины: *а* – камерные; *б* – бескамерные; *в* – типы протекторов; *г* – арочные шины; *д* – основные размеры шины.

Различают шины обычного профиля для землеройных машин (рис.6.3,*в*), для работы в каменных карьерах *II*, противобуксующие *III* и универсальные *IV*.

Для повышения проходимости при работе на слабых и рыхлых грунтах, а также по снегу используют широкопрофильные и арочные (рис. 6.3, *г*) шины с повышенной опорной поверхностью и развитыми грунтозацепами. При работе арочных шин на твердых грунтах и дорогах с твердым покрытием

сопротивление передвижению машины увеличивается, а срок службы шин резко уменьшается.

Для повышения проходимости машин, снижения сопротивления передвижению и износа шин в современных строительных машинах давление воздуха в шинах регулируют на ходу из кабины машиниста (снижают при движении по рыхлому или влажному грунту и повышают при движении по дорогам с твердым покрытием). С уменьшением давления воздуха в шинах увеличивается площадь опорной поверхности шин с грунтом, вследствие чего снижается удельное давление на грунт, повышается проходимость и улучшаются тяговые качества машины. С увеличением давления воздуха при движении по твердому основанию уменьшаются сопротивления движению и увеличивается долговечность шин.

В шинноколесном движителе различают *приводные* и *управляемые колеса*. Первые приводятся от ходовой трансмиссии, а вторыми управляют при изменении направления движения машины. Управляемые колеса могут быть одновременно и приводными.

Шинноколесное ходовое оборудование может быть *двухосным* с одной или двумя ведущими осями, *трехосным* с двумя или тремя ведущими осями, *четырёхосным* и т.д.

Эту структуру обозначают *колесной формулой* вида AxV . Первой цифрой обозначают общее число колес (колесо из двух шин считается за одно колесо), а второй - число приводимых колес. Наиболее распространены машины с колесными формулами $4x2$ и $4x4$. С увеличением числа приводных колес повышается проходимость и тяговые качества машины, но усложняется механизм передвижения.

Приводы шинноколесного ходового оборудования строительных машин могут иметь механическую, гидравлическую и реже - электрическую и комбинированную трансмиссии. В случае механических и гидромеханических трансмиссий ведущие колеса приводятся в движение попарно через *дифференциальные механизмы*, называемые также сокращенно

дифференциалами и обеспечивающие высокие скорости движения без проскальзывания.

На рис. 6.4, *а* представлена схема устройства ведущего моста с дифференциалом, а на рис. 6.4, *б* и *в* - схема работы последнего. Дифференциал соединяет полуоси ведущих колес с главной конической передачей, давая возможность каждому колесу вращаться с различной скоростью. Это необходимо при повороте машины, когда колеса движутся по дугам окружностей различных радиусов, проходя разные пути, а также, например, при движении одного колеса по ровной, а второго - по неровной дороге.

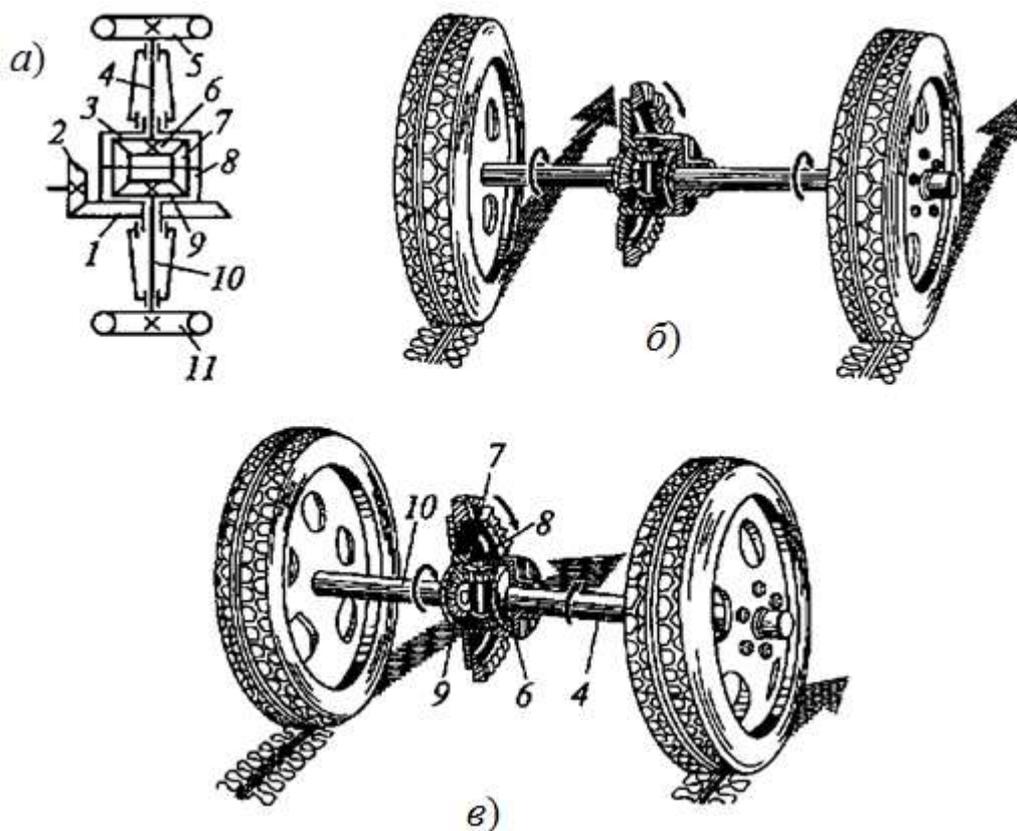


Рис. 6.4. Схема устройства ведущего моста с дифференциалом (*а*) и работа дифференциала (*б* и *в*).

Дифференциал состоит из главного конического колеса 1 (см. рис. 6.4, *а*), жестко соединенного с коробкой 3 и приводимого во вращение от силовой установки машины через шестерню 2, двух ведомых конических зубчатых колес 6 и 9, жестко посаженных на ведущие 4 и 10 ходовых колес 5

и 11, и двух сателлитов 7, свободно посаженных на ось 8 и находящихся в постоянном зацеплении с колесами 6 и 9. Крутящий момент от зубчатого колеса 1 передается на коробку 3, вместе с которой вращается ось 8 и сателлиты 7, передающие вращение зубчатому колесу 6 с полуосью 4 и колесу 9 с полуосью 10. При движении по прямой ровной дороге (см. рис. 6.4, б) все составные части дифференциала, а вместе с ними и полуоси с ходовыми колесами вращаются как одно целое. При повороте вправо (рис. 6.4, в) ходовые колеса, их полуоси и зубчатые колеса 6 и 9 будут вращаться с разными скоростями, а сателлиты 7 будут обкатываться относительно зубчатого колеса 6, одновременно вращаясь относительно оси 8, и, вследствие зацепления с колесом 9, будут увеличивать его скорость. При повороте влево отличие в работе дифференциала будет заключаться в обкатывании сателлитов относительно зубчатого колеса 9.

Описанный дифференциал обладает двумя свойствами: он распределяет крутящий момент между приводимыми им полуосями поровну, а сумма скоростей двух полуосей всегда пропорциональна скорости ведущего вала. Это означает, что с уменьшением скорости вращения одной полуоси на столько же увеличится скорость второй полуоси. В частности, при полной остановке одной полуоси, например, при буксовании, когда одно ходовое колесо находится на сухой, а второе — на увлажненной поверхности, скорость второй полуоси удвоится.

Для устранения возможности буксования при движении в сложных дорожных условиях дифференциал блокируют специальными устройствами. Привод без дифференциала более прост, обеспечивает более высокие тяговые усилия, но при поворотах машины и при движении по неровной дороге увеличиваются расход энергии и износ шин.

В последние годы в строительных машинах получает развитие индивидуальный привод каждого колеса от собственного гидро-или электродвигателя, называемый *приводом с мотор-колесами*. Мотор-колесо представляет собой самостоятельный блок, обычно состоящий из двигателя,

муфты, планетарного редуктора, тормоза и колеса. Применение гидропривода с высоким давлением позволяет при низкомоментных гидродвигателях создавать компактные, встроенные в обод колеса, конструкции, успешно конкурирующие с другими типами приводов. Применение мотор-колес упрощает компоновку машины, повышает ее маневренность и проходимость за счет того, что каждое колесо может служить одновременно приводным и управляемым (поворотным).

Рельсовое ходовое оборудование имеют башенные, козловые, мостовые и специальные стреловые самоходные краны, электротали – тельферы, сваебойные установки и др. (рис.6.5). Оно характеризуется простотой конструкции и небольшими сопротивлениями передвижению, но отличается малыми маневренностью и скоростью передвижения, за исключением железнодорожных кранов.

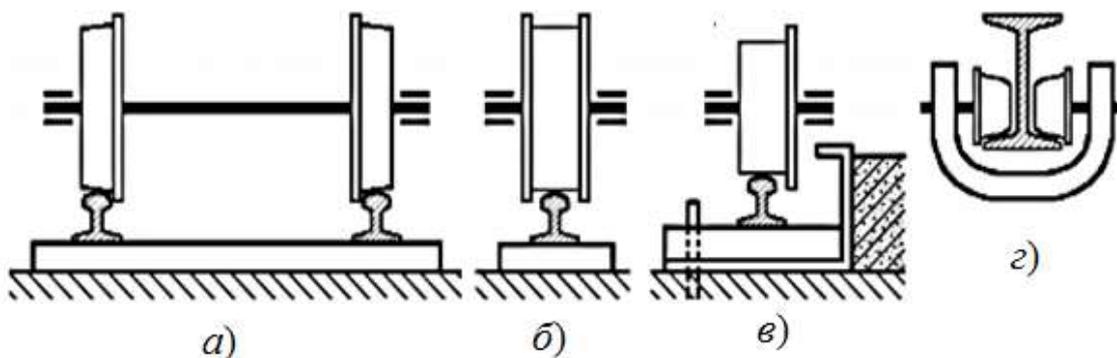


Рис. 6.5. Рельсовое ходовое оборудование: *а* – вагонная ось; *б* – двухребордное (крановое) колесо; *в* – рельсформа; *г* – монорельс.

Привод ведущих колес может быть общим от электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания через систему валов и передач или от индивидуального электродвигателя через редуктор. Приводы оборудуют управляемыми и автоматическими тормозами. Колеса с общей рамой, двигателем, редуктором и тормозом образуют приводную ходовую тележку. Количество колес в тележке определяется действующей нагрузкой. Приводные и неприводные ходовые тележки кранов шарнирно соединяются с опорной рамой и оборудуются противоугонными клещевыми захватами.

Шагающее оборудование применяют для машин значительного веса, работающих с опиранием на грунт небольшой плотности. К таким машинам относят одноковшовые экскаваторы–драглайны, применяемые на гидротехническом строительстве с ковшом емкостью 4 м³ и более, и частично стреловые краны, предназначенные к использованию в условиях перемещения по местности со слабой несущей способностью – до 25 кН/м. Шагающее оборудование драглайнов состоит из опорных башмаков, механизма, осуществляющего перемещение экскаватора на величину хода шагания, и привода. Опорные башмаки передают на грунт распределенную нагрузку от веса экскаватора во время его шагания. Механизмы шагания подразделяются на механические (эксцентриковые) и гидравлические (плунжерно-шарнирные). Механические устройства для шагания применяют на экскаваторах, выпускаемых Краматорским заводом с ковшом емкостью 4...10 м³, а гидравлические – на экскаваторах с ковшом 15, 25 м³ и более.

Устройство шагающего ходового оборудования с гидравлическим приводом показано на рисунке 6.6.

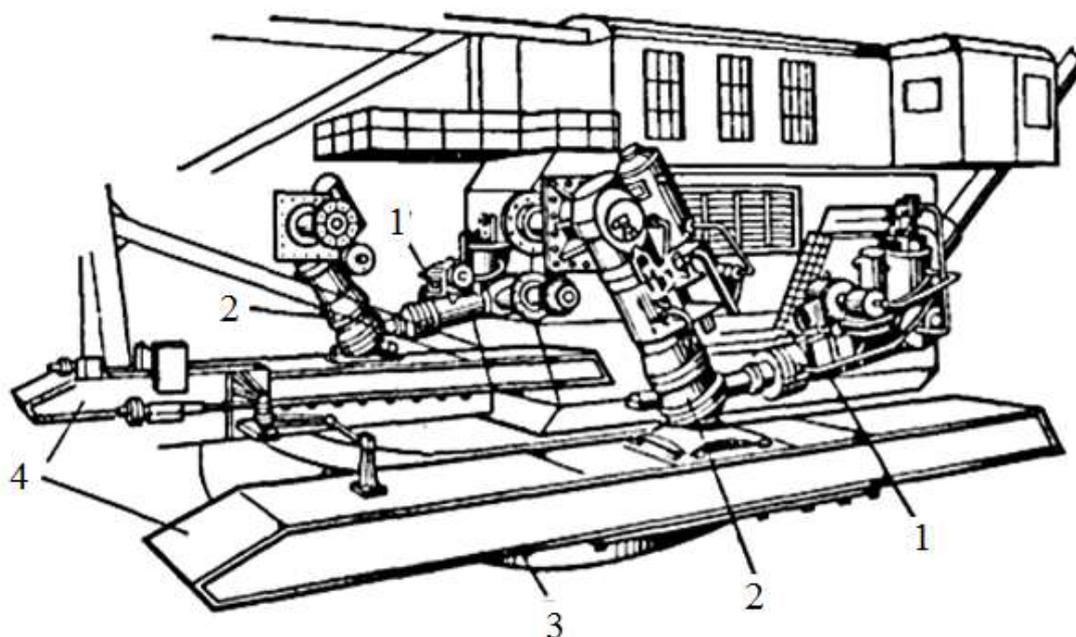


Рис. 6.6. Шагающее ходовое оборудование.

Опорные башмаки 4 присоединяются к корпусу экскаватора с помощью главного 2 и вспомогательного 1 гидроцилиндров. В рабочем положении поршни всех гидроцилиндров втянуты внутрь и опорные башмаки занимают крайнее верхнее положение, а экскаватор опирается на опорный круг 5. При передвижении опорные башмаки выдвигаются вперед и опускаются на грунт. Посредством главных цилиндров опорная рама приподнимается, а вспомогательными гидроцилиндрами смещается в сторону на величину шага. Башмаки поднимаются вверх в исходное положение, цикл передвижения на новый шаг повторяется. Давление (Па) шагающего ходового оборудования (при $e < D/8$);

$$P_{max,min} = \frac{4mg}{\pi \cdot D^2} \cdot \left(1 \pm \frac{8e}{D}\right) \quad (6.2)$$

где D - диаметр опорного круга, м; e - эксцентриситет, м.

Недостатки шагающего ходового оборудования — малая скорость передвижения, непригодность его для машин с большим выходом равнодействующей реакции (центра давления) за ядро сечения нижней рамы.

6.4. Тяговый расчет.

В тяговых расчетах решается задача определения сопротивлений передвижению машины и ее тяговых возможностей.

Машины – орудия, выполняющие работу во время движения (бульдозеры, автогрейдеры, скреперы экскаваторы и т.п.), испытывают сопротивление обрабатываемой среды, т.е. рабочее сопротивление $F_{пер}$ по горизонтальному пути, повороту машины $F_{пов}$, уклона местности F_y , инерции при разгоне и торможении и ветрового давления F_v , силы инерции $F_{ин}$

$$\sum F = F_{po} + F_{пер} + F_{пов} \pm F_y \pm F_v \pm F_{ин}. \quad H. \quad (6.3)$$

Сопротивление передвижению $F_{пер}$ измеряемое в ньютонах, складывается из сопротивлений на рабочем органе машины F_{po} (*полезного сопротивления*), передвижению (перекатыванию) движителей $F_{пер}$ по

горизонтальному пути, повороту машины $F_{пов}$ уклона местности F_y инерции при разгоне и торможении и ветрового давления F_B :

Из этого набора сопротивлений удерживаются только те сопротивления, которые имеют место в конкретном транспортном режиме работы машины. Так, сопротивление F_{po} сохраняется в приведенной выше формуле только в случае тягового расчета рабочего процесса технологической машины, например бульдозера на операции послойной разработки грунта. Это сопротивление зависит от назначения и типа машины, характера выполняемых работ, конструкции рабочего органа и других факторов. Методы расчета этого сопротивления приводятся в разделах, посвященных конкретным типам технологических машин.

Сопротивление повороту колесных машин, передвигающихся по твердому основанию, обычно мало и в расчетах не учитывается. При езде по рыхлому грунту можно принять $F_{пов} = (0,25... 0,5)F_{пер}$. Сопротивление повороту гусеничных машин определяется затратами энергии на срезание и смятие грунта гусеницами и на преодоление сил трения гусениц о грунт. При движении по вязкому рыхлому грунту $F_{пов} = (0,4...0,7) F_{пер}$.

Сопротивление (Н) движению от уклона местности определяют по формуле:

$$F_y = m \cdot g \cdot \sin\alpha \quad (6.4)$$

где m - масса машины, кг; g - ускорение свободного падения ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$); α - угол подъема пути машины.

Сопротивление сил инерции (Н) при разгоне и торможении в предположении равноускоренного (равнозамедленного) движения определяют по формуле:

$$F_{ин} = \frac{x \cdot G \cdot v_p}{(3600 \cdot g \cdot t_p)} \quad (6.5)$$

где x -коэффициент перехода $x = 1.1...1.3$; G -сила тяжести машины, Н; v_p –рабочая скорость машины, м/час; g - ускорение свободного падения; t_p - время затрачиваемое на ускорения вращающихся тел масс. $t_p = 3...4 \text{ с}$.

Сопротивление ветрового давления. Ветровая нагрузка (сила ветра, Н)

определяют по формуле:

$$F_B = \gamma_B \cdot \vartheta_B^2 \cdot K_L \cdot A_B \cdot K_O (2g)^{-1} \quad (6.6)$$

где γ_B - удельный вес воздуха $\gamma_B = 1,25 \text{ Н/м}^3$; K_L - коэффициент лобового сопротивления (аэродинамический коэффициент), зависящий от подветренной площади и скорости ветра, $K_L = 0,45 \dots 1,2$ (для почти сплошной подветренной площади при скорости ветра $\vartheta_B = 10 \dots 20 \text{ м/с}$, $K_L \sim 1$); A_B - подветренная площадь, то есть площадь проекции машины на плоскость, перпендикулярную линии действия ветра, м^2 ; K_O - коэффициент увеличения расчетного скоростного напора, $K_O = 1 + x'' \cdot K_d$; (x'' - коэффициент пульсации скоростного напора. На высоте $2 \dots 3 \text{ м}$ от земли $x'' = 0$; K_d - коэффициент динамичности, $K_d = 1 \dots 2$).

Два последних сопротивления учитывают, в основном, в тяговых расчетах шинноколесных машин, передвигающихся со сравнительно большими скоростями. Гусеничные машины передвигаются с малыми скоростями и для них указанные сопротивления оказываются малыми, в связи с чем ими обычно пренебрегают. В проектных тяговых расчетах гусеничных машин из двух сопротивлений подъему и повороту учитывают лишь одно, имеющее большее значение, поскольку для этих машин одновременного подъема и поворота всегда можно избежать.

В действительности все эти сопротивления одновременно не возникают и при расчете учитываются только те сопротивления, которые могут возникнуть у рассматриваемой машины в конкретных расчетных условиях ее работы. Движение будет возможным при условии, когда окружная сила $P_{к, \max} \geq \Sigma F$. Соблюдение этого условия необходимо, чтобы машина могла двигаться, однако одного этого условия недостаточно. Необходимо, чтобы между колесами (гусеницами) и дорогой (грунтом, рельсами) было достаточно хорошее сцепление, характеризующееся коэффициентом сцепления ϕ , который зависит от свойств дорожной поверхности, ее состояния, а так же, например, для

пневмоколесного движителя от типа и состояния шин, от внутреннего давления в них. Сила сцепления $F_{сц}$ пропорциональна нагрузке на ведущие колеса (или на гусеницы) $G_{сц}$, называемой сцепным весом:

$$F_{сц} = G_{сц} \cdot \phi. \quad (6.7)$$

У машин, выполняющих технологические функции (копание грунта, уплотнение, очистку и т.п.), сцепной вес будет складываться из веса машины, приходящегося на ведущие колеса, и сил реакции от взаимодействия рабочего органа с обрабатываемой средой. У транспортных машин, а также скреперов и грейдер-элеваторов во время их транспортного перемещения нагрузка на колеса складывается из веса машины и веса транспортируемого груза.

Для машин со всеми ведущими колесами полный вес машины с грузом будет являться, сцепным весом машины. Чем больше нагрузка на ведущие колеса или чем выше коэффициент сцепления ϕ , тем выше сила сцепления, реализуемая на ведущих колесах самоходной машины.

Контрольные вопросы.

1. Для чего предназначено ходовое оборудование строительных машин? Что такое активное и пассивное ходовое оборудование? Из каких составных частей состоит ходовое оборудование?
2. Перечислите виды ходового оборудования по типу движителя. Дайте краткую характеристику каждого вида (назначение, особенности эксплуатации).
3. Что собой представляют гусеничные и шинноколесные движители? Как их соединяют с верхней рамой машины? Перечислите виды подвесок и охарактеризуйте их.
4. Назовите основные технико-эксплуатационные показатели ходового оборудования машин. Какими показателями они характеризуются?. Что такое дорожный коридор?
5. Изложите устройство гусеничного ходового оборудования. Чем отличаются мягкие гусеницы от жестких? Какими мерами повышают сцепление

гусеничного двигателя с грунтом? Какие виды трансмиссий применяют в приводах гусеничного ходового оборудования?

6. Что такое удельное давление? Как связаны между собой глубина погружения гусениц в грунт и удельное давление на его поверхности? Что такое коэффициент постели, каков его физический смысл?

7. Каковы преимущества и недостатки шинноколесного ходового оборудования? Какие типы шин применяют в шинноколесных двигателях?. Как устроены покрышки шин? Для чего применяют широкопрофильные и арочные шины? Каковы особенности их эксплуатации? Для чего и как регулируют давление воздуха в шинах?

8. Что такое приводное колесо, управляемое колесо? Приведите классификацию шинноколесного ходового оборудования по числу осей. Что такое колесная формула? Для чего применяют многоосные ходовые устройства?

9. Какие виды трансмиссий применяют в приводах шинноколесного ходового оборудования? Опишите привод с механической трансмиссией. Как устроен и как работает дифференциал? Каковы его свойства? В каких случаях блокируют дифференциал?

10. Что такое мотор-колесо? Из чего оно состоит? На какие характеристики передвижения оно оказывает влияние?

11. Перечислите преимущества и недостатки рельсоколесного ходового оборудования?

12. Какие задачи решаются в тяговых расчетах строительных машин? Охарактеризуйте внешние сопротивления передвижению машины. Объясните основное условие движения машины. Чем ограничено тяговое усилие? Что на практике означает невыполнение условия движения?

Глава 7. Транспортирующие машины и оборудование.

7.1. Ленточные, пластинчатые конвейеры и элеваторы.

Транспортирующими называют технические средства непрерывного действия для перемещения массовых сыпучих и штучных грузов по определенным линейным трассам. Их делят на конвейеры и устройства трубопроводного транспорта. Первыми перемещают грузы (сыпучие и кусковые материалы, штучные грузы, а также пластичные смеси бетонов и растворов) путем непосредственного механического воздействия на них тягового или транспортирующего органа. Конвейеры бывают ленточными, пластинчатыми, скребковыми, ковшовыми, винтовыми и вибрационными. Устройствами трубопроводного транспорта грузы перемещают в потоке жидкости или газа, а также в контейнерах.

Ленточные конвейеры служат для перемещения в горизонтальном и наклонном (до $18...22^\circ$) направлениях сыпучих, мелкокусковых и штучных грузов. Ленточные конвейеры изготавливают стационарными длиной до 150...200 м, передвижными и переносными длиной 5, 10, 15 и 20 м. Основными частями ленточного конвейера (рис. 7.1, 7.2) являются: металлическая рама, на которой установлены роlikоопоры рабочей и холостой ветвей ленты 2. По концам конвейера лента огибает головной 4 и хвостовой 1 барабаны. Головной барабан обычно приводной, а хвостовой соединен с натяжным устройством, предназначенным для устранения возможного проскальзывания ленты. На конвейерах небольшой длины натяжные устройства выполняются винтовыми. Они требуют регулярного контроля натяжения ленты и его регулирования. На длинных конвейерах натяжение осуществляется автоматически под весом груза, соединенного с натяжным барабаном. Так как при изготовлении барабанов сложно избежать малозаметной конусности, то для исключения сбегания ленты в сторону барабаны должны иметь максимальный диаметр посередине со стрелой выпуклости 1,5...3,0 мм.

Роликоопоры установлены по всей длине конвейера и служат для восприятия веса перемещаемого груза и уменьшения провисания ленты. При гладкой ленте роликоопоры рабочей ветви выполняются однорольными, а при желобчатой состоят из двух или трех роликов (рис.7.1, б), а роликоопоры холостой ветви, как правило, выполняются однорольными. Лента является одновременно и тяговым, и несущим органом. Наиболее часто применяют прорезиненные тканевые ленты, состоящие из нескольких слоев прорезиненной хлопчатобумажной ткани. Такие ленты прочны, гибки, мало вытягиваются и очень удобны при монтаже. Ширина ленты стандартизирована: 300, 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400 и 1600 мм.

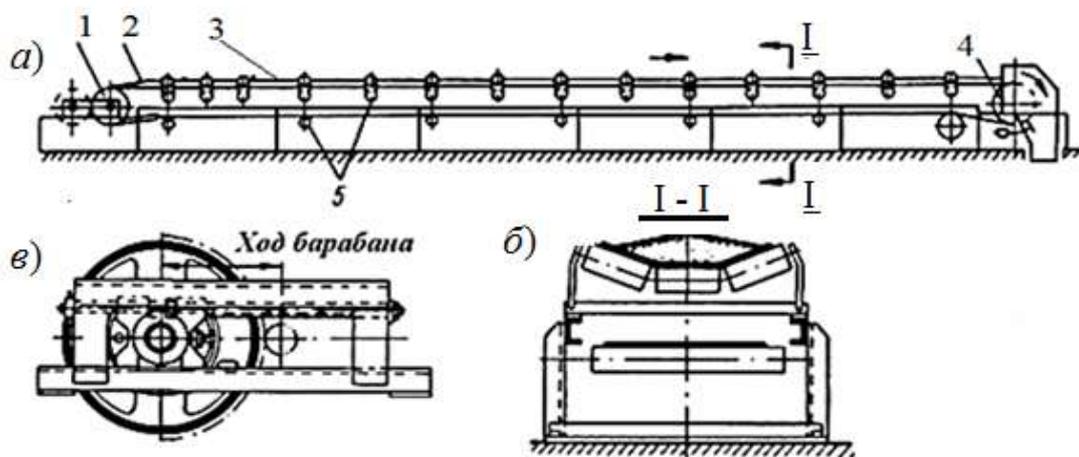


Рис 7.1. Ленточный конвейер: а - схема стационарного горизонтального конвейера; б - поперечный разрез; в - натяжное устройство; 1 – натяжной барабан; 2 – лента; 3 – загрузочный бункер; 4 – приводной барабан; 5 – роликовые опоры.

Для стационарных конвейеров большой длины применяют прорезиненные ленты, армированные стальными канатами. Соединение прорезиненных лент выполняется склеиванием с последующей вулканизацией стыка или сшиванием сыромятными ремешками. Высокоскоростные конвейеры, например, на роторных экскаваторах, а также конвейеры для вертикального подъема груза снабжаются прижимной лентой, опирающейся на гибкие ролики, выполненные в виде витых пружин. Простейшим устройством

для удержания ленты от движения в обратную сторону, например, при отключении электродвигателя служит ленточный останов (рис. 7.2 б).

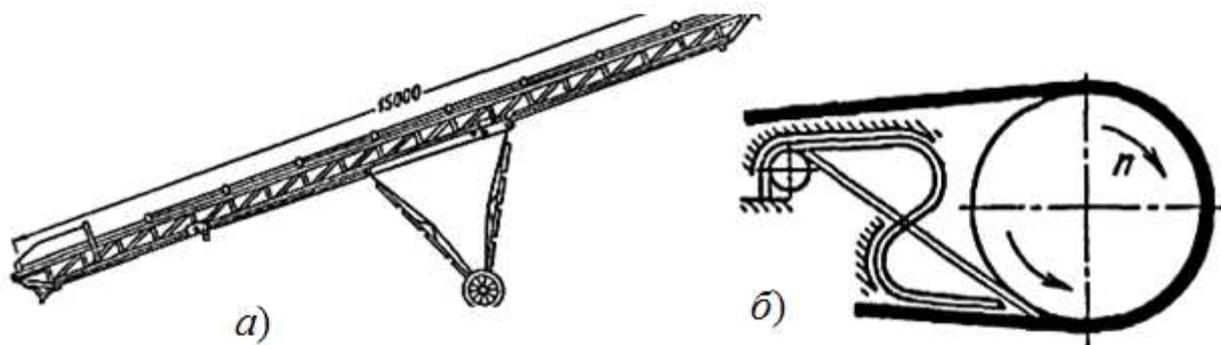


Рис. 7.2. Передвижной конвейер (а), ленточный останов (б).

Загрузка конвейеров происходит через подвижные или стационарные бункеры или воронки, а разгрузка производится через концевой барабан (рис.7.1) или с помощью плужковых сбрасывателей (7.3,а). При необходимости подачи материала в различные бункеры, он разгружается с помощью разгрузочных тележек (рис. 7.3, б), которые могут иметь перекидной затвор.

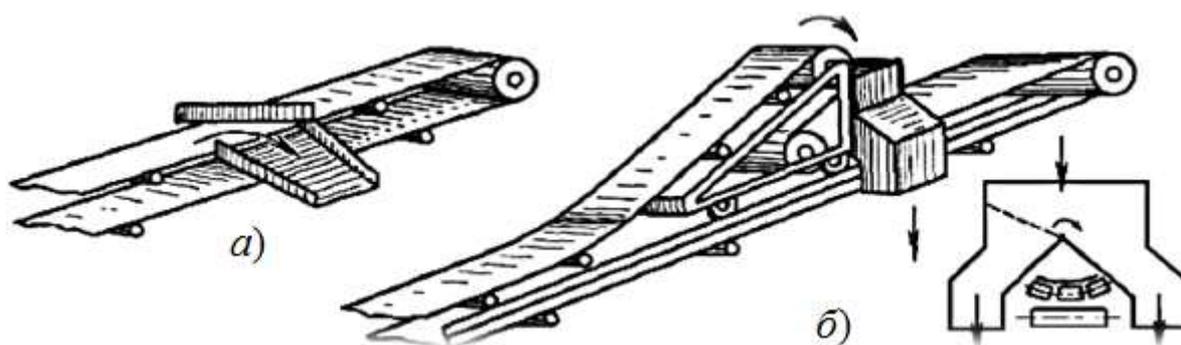


Рис. 7.3. Разгрузочные устройства ленточных конвейеров:

а – плужковый сбрасыватель; б – разгрузочная тележка.

Винтовые конвейеры. Винтовые конвейеры (шнеки) применяются для транспортирования на расстояние до 40 м пылевидных, легкосыпучих, а иногда и влажных (липких) материалов. Они устанавливаются в растворных узлах и бетоносмесительных установках для перемещения цемента и гипса. Часто их включают в состав погрузочно-разгрузочных машин. Винтовой конвейер

(Рис.7.4) состоит из желоба (иногда трубы) 1, винта 2, промежуточных подшипников 3, упорного подшипника 4, привода 5, загрузочных 6 и разгрузочных 7 патрубков с шиберными задвижками 8. Винты изготавливают сплошными, ленточными и лопастными. Ленточные и лопастные винты в процессе транспортирования перемешивают материал. Обычно винтовые конвейеры перемещают материал в горизонтальном и слегка наклонном (до 18...20°) направлении. При необходимости подачи материала в крутонаклонном направлении с углом наклона до 70...80° применяют конвейеры с быстроходным винтом. $n = 200...250$ об/мин.

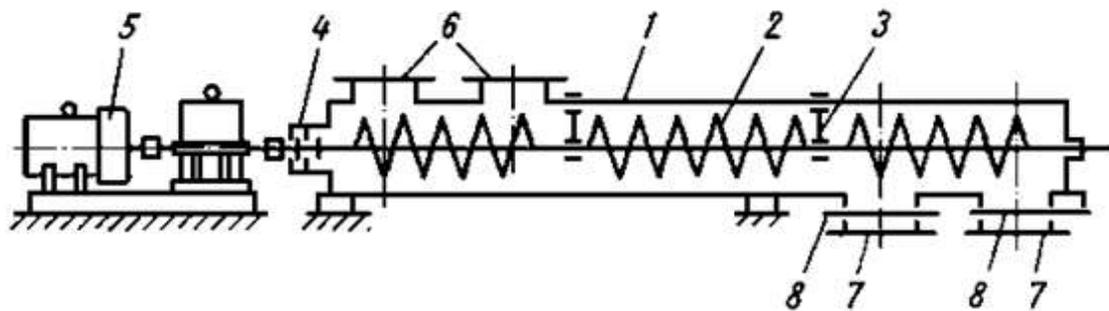


Рис. 7.4. Схема винтового горизонтального конвейера.

Производительность винтовых конвейеров обычно составляет от 15 до 60 м³/ч и определяется по формуле:

$$P_m = 60 \cdot A \cdot S \cdot n; \text{ м}^3/\text{ч.} \quad \text{или} \quad P_m = 60 \cdot A \cdot S \cdot n \cdot \gamma; \text{ т/ч} \quad (7.1)$$

где A – площадь поперечного сечения слоя материала в желобе в м²; S – шаг винта, обычно (0,8...1) D в м; n – число оборотов винта (от 40 до 120 в мин); D – диаметр винта. в м.

7.2. Пневмотранспорт сыпучих материалов.

Пневмотранспортные установки могут перемещать сыпучие материалы по сложной траектории; забирать их из различных средств доставки и труднодоступных мест; выдавать материал в различных точках. Пневмотранспорт надежно защищает груз от атмосферных воздействий и

обеспечивает необходимые санитарно-гигиенические условия труда обслуживающего персонала. Окружающая среда защищена от распыления транспортируемого материала, и требования экологии соблюдаются. Пневмотранспортные установки удобны для размещения оборудования и трубопроводов, которые могут быть проложены с учетом любых местных условий производства, в том числе и в труднодоступных местах. Это оборудование отличается простотой эксплуатации, легкостью управления, возможностью автоматизации процессов транспортирования и дистанционного управления. Применение пневмотранспорта улучшает условия труда на предприятиях строительной индустрии, при производстве цемента, гипса и других вяжущих материалов. Широкое внедрение пневмотранспорта для пылящих материалов имеет большое социальное значение – резко уменьшается опасность массовых профзаболеваний. К недостаткам пневмотранспорта относят сравнительно высокий удельный расход электроэнергии и износ трубопроводов и других частей установок, взаимодействующих с транспортируемым материалом. В настоящее время промышленность выпускает серийно вагоныцистерны с пневморазгрузкой, специализированный автотранспорт, оборудованный пневмосистемами, камерные и винтовые насосы различных модификаций, пневморазгрузчики и пневмоподъемники сыпучих материалов, донные и боковые выгрузатели, различное оборудование для пневмосистем, вакуум-насосы, воздуходувки и компрессоры. Основными вяжущими материалами, применяемыми в строительстве, являются цемент, известь и гипс. Различные виды цемента, изготавливаемые в производстве (портландцемент, гидрофобный, сульфатостойкий и пуццолановый цемент, глиноземный цемент, шлакопортландцемент, и др.), отличаются по физико-механическим свойствам, которые влияют на процесс пневмотранспортирования и, соответственно, должны учитываться. Пневматический транспорт применяется для перемещения порошкообразной извести, молотой известняковой муки, минеральных порошков для асфальтобетонных смесей, сухой золы, керамзита и других сыпучих

материалов. Широко применяется пневматическое транспортирование для перемещения сухих цементно-песчаных и известково-песчаных смесей в установках по набрызгу бетонных и растворных смесей при безопалубочном бетонировании; для укрепления горных выработок; при изготовлении тонкостенных резервуаров; при замоноличивании стыков сборных железобетонных конструкций. Пневматический транспорт применяют в строительстве при выполнении различных производственных процессов и особенно часто при погрузке и разгрузке вяжущих материалов. Так, пневматический транспорт применяют при загрузке и выгрузке вяжущего из всех видов наземных транспортных средств закрытого типа.

На рис. 7.5, *а* показана всасывающего действия транспортируемый материал поступает во всасывающий трубопровод 2 вследствие разрежения в нем воздуха, создаваемого вакуум-насосом 8. С помощью сопел 1 возможен забор материала одновременно из нескольких мест.

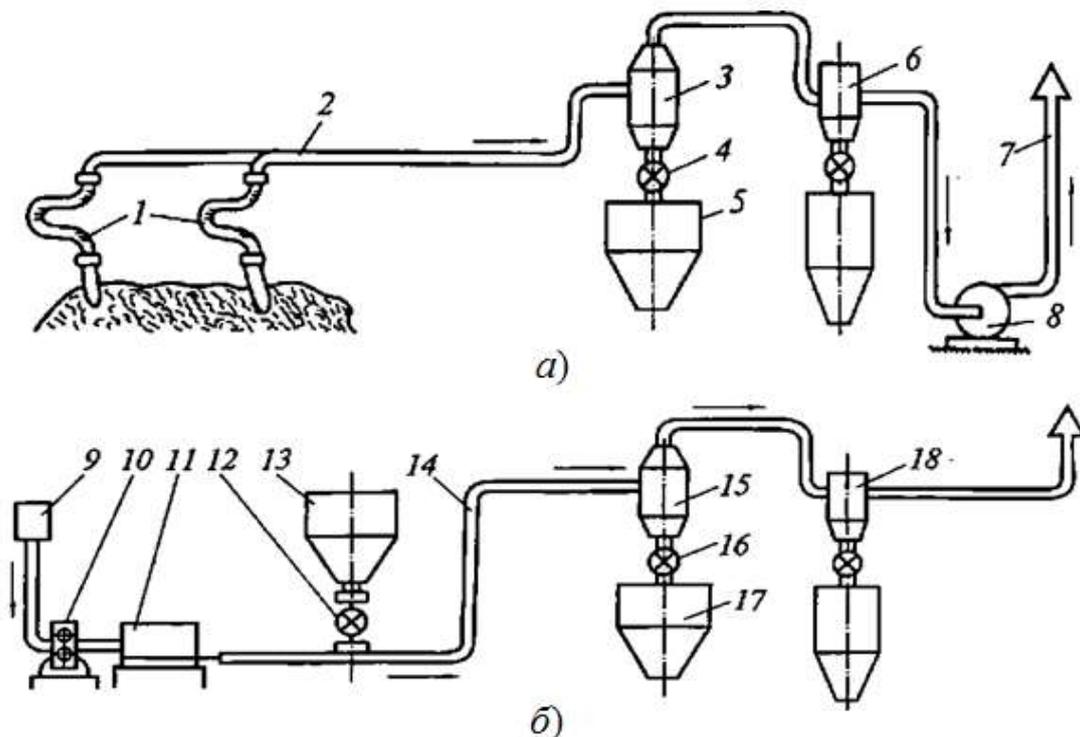


Рис. 7.5. Принципиальные схемы пневмотранспортных установок:

а- всасывающего действия; *б*- нагнетательного действия.

Из всасывающего трубопровода смесь воздуха с транспортируемым материалом поступает в осадительную камеру 3, где, вследствие резкого снижения скорости потока из-за расширения выходного сечения, более тяжелые частицы материала оседают и через шлюзовой затвор 4 высыплются в бункер 5, а частично очищенный воздух поступает в фильтр 6, работающий по тому же принципу осадительной камеры, где он очищается дополнительно и, пройдя через вакуум-насос 8, по трубопроводу 7 выбрасывается в атмосферу.

Вакуумный эффект в таких установках снижается по мере удаления от вакуум-насоса. Перепад давлений на участке сопло-насос составляет 40...80 кПа, в связи с чем установки всасывающего действия способны транспортировать материалы на небольшие расстояния при малом перепаде высоты. Существенным недостатком таких установок является небольшая долговечность вакуум-насоса, внутренние полости которого подвергаются абразивному изнашиванию при недостаточной очистке выбрасываемого в атмосферу воздуха.

На рис. 7.5,б показанна нагнетательного действия материал перемещается в потоке воздуха под действием избыточного давления, создаваемого компрессором 10, который засасывает воздух из атмосферы через воздухоприемник 9 и подает его в воздухосборник (ресивер) 11, откуда он поступает в транспортный трубопровод 14. Материал подается из загрузочного устройства 13 через затвор 12. Далее транспортная схема аналогична рассмотренной выше: в осадительной камере 15 происходит отделение материала от воздуха, который через затвор 16 выпадает в бункер 17, а воздух, очистившись от примесей фильтром 18, выбрасывается в атмосферу.

Нагнетательные системы применяют для транспортирования материала по разветвленному трубопроводу из одного места в несколько мест на значительные расстояния при большом перепаде высот. Давление воздуха в них 0,2...0,8 МПа.

Всасывающая и нагнетательная системы могут быть объединены в одну пневмотранспортную установку, например, при разгрузке вагонов с

последующим транспортированием материала на дальние расстояния. Соединительным элементом в этом случае может быть конвейер любого типа, например, ленточный, на который материал разгружается из бункера 5 всасывающей части установки и которым он загружается в загрузочное устройство 13 нагнетательной части.

Преимущества пневматического транспортирования заключаются в герметичности установки, исключающей пыление и загрязнение материала, в полной механизации процесса загрузки и разгрузки материала, в компактности оборудования и возможности перемещения материала по трассе любой конфигурации протяженностью до 2 км при большом перепаде по высоте и большой производительности (200...300 т/ч и более). Недостатком является высокий удельный расход энергии (в 3...6 раз больше, чем для конвейеров), быстрое изнашивание деталей оборудования при перемещении абразивных материалов.

Контрольные вопросы.

1. Для чего предназначены транспортирующие машины и оборудование? Приведите их классификацию.
2. Для чего предназначены конвейеры? Приведите их классификацию.
3. Опишите устройство и принцип работы ленточного конвейера. Какими способами можно повысить тяговую способность ведущего барабана ленточного конвейера? Обоснуйте применение прямых и желобчатых катучих опор в ленточном конвейере. Охарактеризуйте виды разгрузки материала с ленточных конвейеров. Для чего применяют конвейеры с покрывающей лентой? Из каких материалов изготавливают конвейерные ленты?
4. Чем отличаются ленточно-канатные и ленточно-цепные конвейеры от обычных ленточных конвейеров?
5. Как соединяются между собой ленточные конвейеры в каскаде? Каковы преимущества и недостатки такого соединения? Какова область применения

стационарных и передвижных ленточных конвейеров? Чем они отличаются друг от друга?

6. Как определяют производительность ленточных конвейеров?

7. Для чего применяют пластинчатые конвейеры? Чем они отличаются от ленточных? Для чего применяют эскалаторы? Каковы особенности их устройства и работы?

8. Каково назначение ковшовых элеваторов? Опишите их устройство и принцип работы. Приведите формулу их производительности. Приведите их рабочие параметры.

9. Как устроены и как работают люлочные подъемники, наклонные подъемники с жестко прикрепленными к тяговому органу полками, пассажирские подъемники?

10. Каково назначение винтовых конвейеров, как они устроены и как работают? Назовите виды винтов. Каково их назначение? Приведите формулу производительности винтовых конвейеров.

11. Для чего применяют вибрационные конвейеры? Охарактеризуйте принцип их работы.

12. Каково назначение пневмотранспортных установок? Приведите их классификацию. Приведите и опишите принципиальную схему установки всасывающего действия. Какими факторами ограничено ее применение? Каковы преимущества и недостатки этих установок? Приведите и опишите принципиальную схему установки нагнетательного действия. Для чего применяют комбинированные установки из всасывающей и нагнетательной систем? Как они связаны между собой? Назовите преимущества и недостатки пневмотранспортных установок. Приведите формулу производительности пневмотранспортной установки.

Глава 8. Машины для земляных работ, общие сведения.

8.1. Виды земляных сооружений.

Земляными сооружениями называют устройства в грунте, полуденные в результате его удаления за пределы сооружения, или из грунта, внесенного в сооружение извне. Первые называют *выемками*, а вторые - *насыпями*.

В зависимости от формы и размеров выемок различают: *котлованы, траншеи, канавы, кюветы, канат, ямы, скважинные шпур*ы. Котлованы и ямы имеют соизмеримые размеры во всех трех направлениях. При этом глубина котлована обычно меньше, а ямы - больше двух других размеров. Кроме того, ямы имеют небольшой объем. Длины траншей, канав, кюветов и каналов существенно превышают размеры их поперечных сечений.

*Скважины и шпур*ы - это закрытые выемки, один размер которых (глубина или длина в зависимости от ориентации выемки относительно открытой поверхности грунта) существенно превышает размеры их поперечных сечений, весьма узких для шпуров. Скважины и шпуры могут быть вертикальными, горизонтальными и наклонными.

При устройстве выемок вынутый из них грунт удаляют за пределы рабочей площадки или укладывают рядом в *кавалеры* для его последующего использования при обратной засыпке. При сооружении насыпей грунт доставляют извне или из боковых резервов.

Различают *временные земляные сооружения* (траншеи для укладки в них подземных коммуникаций и т.п.) и *земляные сооружения длительного пользования* (придорожные кюветы, дорожные насыпи, дамбы, плотины и т.п.). Временные земляные сооружения отрывают на время строительства, например, на время укладки трубопровода и монтажа трубопроводной арматуры, после его исходную земляную поверхность восстанавливают. В зависимости от вида и состояния грунта, погодных условий, а также продолжительности существования временных земляных сооружений, во избежание обрушения, их

стенки укрепляют или оставляют без крепления. Боковые откосы земляных сооружений длительного пользования обычно укрепляют дерном, деревянными рейками и т. п. Чаще насыпи отсыпают с послойным уплотнением грунта.

К земляным сооружениям относятся также спланированные полосы и площадки, которые могут быть как временными, так и сооружениями длительного пользования. В зависимости от проектного уровня по отношению к исходному рельефу, необходимости замены естественного грунта доставленным извне эти земляные сооружения могут выполняться по схеме образования выемок или насыпей, а также комбинированным способом: удалением грунта из возвышенностей и засыпкой им впадин.

Если при образовании выемок выполняются работы только по отделению части грунта от массива, связанные с разрушением его связности и перемещением, то при сооружении насыпей кроме перемещения грунта обычно решается обратная задача - восстановление прежнего плотного состояния грунта.

8.2. Способы разработки грунтов.

Наиболее энергоемкой из всех операций по устройству выемок является отделение грунта от массива (разрушение грунта), в связи с чем способы разработки грунтов различаются по способам их разрушения, характеризующимся видом энергетического воздействия.

Механическое разрушение грунтов нашло наибольшее применение в строительстве. Оно основано на сосредоточенном контактном силовом воздействии рабочего органа машины на грунт, называемым также *резанием*. Для реализации этого способа рабочие органы грунто разрабатывающих машин оснащают клинообразными режущими инструментами, перемещаемыми относительно грунтового массива. В зависимости от скорости и характера воздействия режущего инструмента различают *статическое* и *динамическое* разрушение грунтов. При статическом разрушении режущий инструмент движется равномерно или с незначительными ускорениями при скорости до

2... 2,5 м/с. Этот способ применяется как основной при разработке грунтов экскаваторами, землеройно-транспортными машинами, рыхлителями и буровыми машинами вращательного действия. В машинах, разрабатывающих прочные скальные породы, реализуется как статический, так и динамический способы их разрушения, в частности, ударный. Известны также вибрационный и виброударный способы, которые пока еще не получили широкого промышленного применения. Энергоемкость механического разрушения песчаных и глинистых грунтов в зависимости от их крепости и конструкции режущих инструментов составляет 0,05...0,5 (кВт-ч)/м³. Этим способом выполняют до 85 % всего объема земляных работ в строительстве.

Рабочий процесс машины для механической разработки грунта может состоять только из операции разрушения грунта, как, например, у рыхлителя при разрушении прочных фунтов, или включать эту операцию как составную часть рабочего процесса. В последнем случае одновременно с отделением от массива грунт захватывается ковшовым рабочим органом или накапливается передним - при отвальном рабочем органе, например, при разработке бульдозером, автогрейдером. Перемещение грунта ковшовым или отвальным рабочим органом также является составной частью рабочего цикла машины, а отсыпка грунта, выполняемая в конце этой операции, заключается в целенаправленной его выгрузке из рабочего органа. Для увеличения дальности перемещения грунта некоторые машины оборудуют специальными транспортирующими устройствами, как например, экскаваторы непрерывного действия. С той же целью такие машины как скреперы после отделения грунта от массива и заполнения им ковша перевозят грунт к месту отсыпки на значительные расстояния собственным ходом. При экскаваторной разработке для перевозки грунта используют специальные транспортные машины - землевозы, а также автосамосвалы, железнодорожные платформы или баржи.

Для интенсификации разрушения грунта используют комбинированные способы. Например: *газомеханический* способ обеспечивает импульсную подачу газов под давлением в отверстия на землеройном рабочем органе.

Выходящие через отверстия газы разрыхляют грунт, уменьшая этим сопротивление перемещению рабочего органа.

Сопротивляемость разрушению водонасыщенных мерзлых фунтов может быть понижена путем ввода в них химических реагентов с пониженной температурой замерзания (хлористого натрия, хлористого калия и др.).

При устройстве гидротехнических земляных сооружений (плотин, дамб), а также в некоторых других случаях на водоемах широко применяют *гидравлическое разрушение грунтов* струей воды с использованием *гидромониторов* и *землесосных отрядов*. Таким же способом добывают песок, гравий или песчано-гравийную смесь для их последующего использования. Энергоемкость процесса достигает 4 (кВт-ч)/м³, а расход воды до 50...60 м³ на 1 м³ разработанного грунта. Тем же способом разрабатывают грунты на дне водоемов. Малосвязные грунты при этом разрабатывают всасыванием без предварительного рыхления, а прочные грунты предварительно разрыхляют фрезами.

Способ разработки грунтов с использованием напора струи воды и землесосных снарядов, которым разрабатывают около 12% Общего объема грунтов в строительстве, называют *гидромеханическим*.

Взрывом обычно разрушают крепкие скальные породы и мерзлые фунты под давлением газов, образующихся при воспламенении взрывчатых веществ, которые закладывают в специально пробуренные скважины (шпур), в прорезные узкие щели или в траншеи.

Для бурения шпуров применяют машины механического бурения, а также *термо-и термопневмобуры*. Щели и траншеи обычно разрабатывают механическим способом. В термобуре реализуется *термомеханический способ разрушения грунта*: его прогрев высокотемпературной (до 1800...2000°С) газовой струей с последующим разрушением термоослабленного слоя грунта режущим инструментом. При *термопневматическом бурении* грунт разрушается и выносится из скважины высокотемпературной газовой струей со

скоростью до 1400 м/с. Разработка грунтов взрывом наиболее энергоемкая, а следовательно, наиболее дорогая из всех рассмотренных выше способов.

Для дробления валунов и негабаритных камней, образующихся в результате разрушения грунтов взрывом, применяют установки, реализующие *электрогидравлический способ* разрушения грунтов, использующий ударную волну, которая образуется в искровом разряде в жидкости. При этом полученная в разрядном канале теплота нагревает и испаряет близлежащие слои жидкости, образуя парогазовую полость с высоким давлением, воздействующим на грунт.

Реже применяют *физические способы* разрушения грунтов без комбинирования с другими способами. Они основаны на воздействии на грунт температурных изменений (прожигание прочных грунтов, оттаивание мерзлых грунтов), токов высокой частоты, ультразвука, электромагнитной энергии, инфракрасного излучения и т.д.

Выбор способа разработки зависит, прежде всего, от прочности грунта, в том числе и от сезонной, связанной с его промерзанием. При правильной организации плановых (не аварийных) работ можно избежать или свести к минимуму энергетические и другие затраты, связанные с разработкой мерзлых грунтов, выполняя земляные работы преимущественно до наступления зимы. В строительной практике используют также способы предохранения подлежащих разработке в зимнее время грунтов от промерзания путем их укрытия специальными матами или подсобными материалами (опилками, выпавшим до промерзания грунта снегом, разрыхленным слоем грунта и т.п.). Так, в трубопроводном строительстве во избежание обрушения траншеи выкапывают перед укладкой в них труб; подлежащие зимней разработке участки выкапывают до наступления морозов на неполную глубину и тут же их засыпают. Разрыхленный грунт предохраняет нижележащие слои от промерзания и позволяет повторно разрабатывать траншеи требуемой глубины при низких температурах окружающего воздуха.

8.3. Свойства грунтов, влияющие на трудность их разработки.

Грунтами называют выветрившиеся горные породы, образующие кору земли. По происхождению, состоянию и механической прочности различают грунты *скальные*-цементированные водоустойчивые породы с пределом прочности в водонасыщенном состоянии не менее 5 МПа (граниты, песчаники, известняки и т. п.), *полускальные*-цементированные горные породы с пределом прочности до 5 МПа (мергели, окаменевшие глины, гипсоносные конгломераты и т.п.), *крупнообломочные*-куски скальных и полускальных пород, *песчаные*-состоящие из нецементированных мелких частиц, разрушенных горных пород размером 0,05... 2 мм, *глинистые*-с размером частиц менее 0,005 мм.

По гранулометрическому составу, оцениваемому долевым содержанием фракций по массе, различают грунты: глинистые (с размерами частиц менее 0,005 мм), пылеватые (0,005...0,05 мм), песчаные (0,05...2 мм), гравийные (2...20 мм), галечные и щебеночные (20...200 мм), валуны и камни (более 200 мм). Наиболее часто встречающиеся в строительной практике грунты различают по процентному содержанию с них глинистых частиц: глины-не менее 30 %; суглинки от 10 до 30 %; супеси от 3 до 10 % с преобладанием песчаных частиц над пылевидными; пески - менее 3 %.

Грунт состоит из твердых частиц, воды и газов (обычно воздуха), находящихся в его порах.

Влажность грунтов оценивают отношением массы воды к массе твердых частиц. Она составляет от 1...2% для сухих песков, до 200% и более для текучих глин и илов. В некоторых случаях, например, при оценке степени принудительного уплотнения грунтов, пользуются так называемой *оптимальной влажностью*, которая изменяется от 8...14% для мелких и пылеватых песков до 0...30 % для жирных глин.

При разработке грунты увеличиваются в объеме за счет образования пустот между кусками. Степень такого увеличения объема оценивают

коэффициентом разрыхления, равным отношению объема определенной массы грунта после разработки к ее объему до разработки (табл. 8.1). Значения коэффициента разрыхления колеблются от 1,08...1,15 для песков до 1,45...1,6 для мерзлых грунтов и скальных пород. После укладки грунта в отвалы и естественного или принудительного уплотнения степень их разрыхления уменьшается. Ее оценивают коэффициентом остаточного разрыхления от 1,02...1,05 для песков и суглинков до 1,2...1,3 для скальных пород).

Уплотняемость грунтов характеризуется увеличением их плотности вследствие вытеснения из пор воды и воздуха и компактной укладки твердых частиц. После снятия внешней нагрузки сжатый в порах воздух расширяется, вызывая *обратимую деформацию* грунта. При повторных нагружениях из пор удаляется все больше воздуха, вследствие чего обратимые деформации уменьшаются.

Таблица 8.1.

Характеристики грунтов.

Категория грунта	Плотность, кг/м ³	Число ударов плогномера Дор НИИ	Коэффициент разрыхления	Удельное сопротивление, кПа, К _к					
				Резанию	копанию при работе с:				
					Прямыми и обратными лопатами	Драглайнами	Экскаваторами непрерывного действия		
							Роторными поперечного копания	Цепными поперечного копания	Траншейными
I	1200...1500	1...4	1,08...1,17	12...65	18...80	30...120	40...130	50...180	70...230

11	1400...1900	5...8	1,14...1,28	58...130	70...180	120...250	120...250	150...300	210...400
111	1600...2000	9...16	1,24... 1,3	120...200	160... 280	220...300	200... 380	240...450	380...660
IV	1900...2200	17...35	1,26...1,37	180...300	220...400	280... 490	300...550	370...650	650... 800
V	2200... 2500	36 ...70	1,3...1,42	280...500	330...650	400...750	520...760	580...850	700... 1200
VI	2200... 2600	71...140	1,4...1,45	400...800	450...950	550...1000	700...1200	750...1500	1000...2200
VII	2300... 2600	141...280	1,4... 1,45	1000... 3500	1200...4000	1400...4500	1800...5000	2200...5500	2000...6000
VII I	2500...2800	281...560	1,4...1,6	—	220...250	230...310	—	—	—

Степень уплотнения грунта характеризуется *остаточной деформацией*, основная доля которой приходится на первые циклы нагружения. Ее оценивают *коэффициентом уплотнения*, равным отношению фактической плотности к ее максимальному стандартному значению, соответствующему оптимальной влажности. При уплотнении грунтов требуемый коэффициент уплотнения назначают в зависимости от ответственности земляного сооружения в пределах 0,9... 1,0.

Прочность и деформируемость грунтов определяется, в основном, свойствами слагающих их частиц и связей между ними. Прочность частиц обусловлена внутримолекулярными силами, а прочность связей — их сцеплением. При разработке грунтов эти связи разрушаются, а при уплотнении восстанавливаются.

При взаимном перемещении частиц грунта между собой возникают силы внутреннего трения, а при перемещении грунта относительно рабочих органов — силы внешнего трения. Согласно закону Кулона эти силы пропорциональны нормальной нагрузке с коэффициентами пропорциональности, называемыми *коэффициентами* соответственно *внутреннего* и *внешнего трения*. Для большинства глинистых и песчаных грунтов первый составляет 0,18...0,7, а второй - 0,15...0,55.

При взаимном перемещении грунта и землеройного рабочего органа происходит царапание твердыми грунтовыми частицами рабочих поверхностей режущего инструмента и других элементов рабочего органа и, как следствие, изменение его формы и размеров, называемое *изнашиванием*. Разработка грунтов изношенным режущим инструментом требует больше затрат энергии. Способность грунтов изнашивать рабочие органы землеройных машин называют *абразивностью*. Большой абразивностью обладают более твердые грунты (песчаные и супесчаные) с частицами, закрепленными (сцементированными) в грунтовом, например, замерзшем массиве. Абразивная изнашивающая способность мерзлых грунтов в зависимости от их температуры, влажности и гранулометрического состава может быть в десятки раз выше, чем у тех же грунтов немерзлого состояния.

Грунты, содержащие глинистые частицы, способны прилипать к рабочим поверхностям рабочих органов, например, ковшовым, уменьшая тем самым их рабочий объем и создавая повышенные сопротивления перемещению отделенного от массива грунта внутрь ковша, вследствие чего увеличиваются затраты энергии на разработку грунта и снижается производительность землеройной машины.

Это свойство грунтов, называемое *липкостью*, усиливается при отрицательных температурах. Силы сцепления примерзшего к рабочим органам грунта в десятки и сотни раз больше, чем в немерзлом состоянии. Для удаления прилипшего к рабочим органам грунта приходится делать вынужденные остановки машины, а в ряде случаев, например, для очистки от примерзшего грунта, принимать специальные меры, в основном, механического воздействия.

Грунты, разрабатываемые машинами, классифицируют по трудности разработки по 8 категориям (см. табл.8.1). В основу этой классификации, предложенной проф. А.Н.Зелениным, положена *плотность* измеряемая в килограммах на кубический метр, по показаниям плотномера конструкции ДорНИИ (рис. 8.1).

Последний представляет собой металлический стержень круглого поперечного сечения площадью 1 см^2 с двумя шайбами-упорами, между которыми свободно перемещается груз массой 2,5 кг. Полный ход груза составляет 0,4 м, длина нижнего свободного конца стержня - 0,1 м. Для измерения плотности прибор нижним концом устанавливают на грунт, поднимают груз до упора в верхнюю шайбу и отпускают его. При падении груз ударяет о нижнюю шайбу, заставляя внедряться в грунт нижний конец стержня. Плотность грунта оценивают числом ударов, соответствующим внедрению в грунт стержня до упора в нижнюю шайбу.

Согласно классификации проф. А.Н.Зеленина грунты распределены по категориям следующим образом:

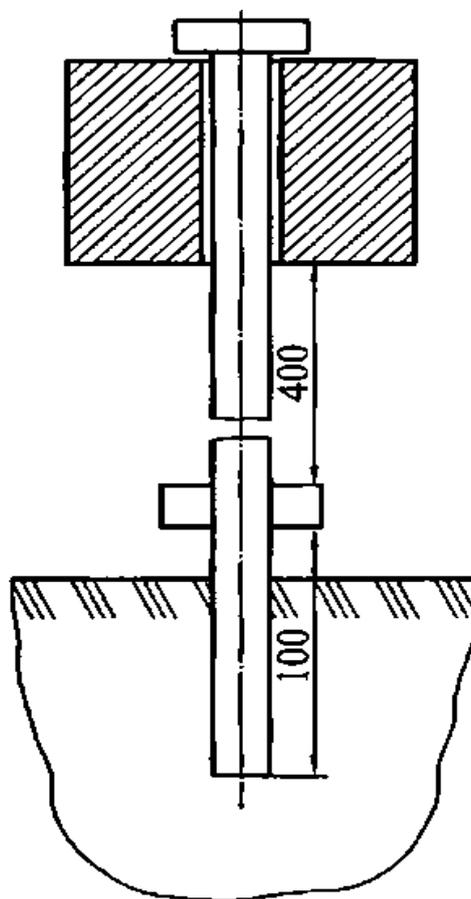


Рис 8.1. Плотномер ДорНИИ.

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

II категория - суглинок без включений, мелкий и средний гравий, мягкая влажная или разрыхленная глина;

III категория - крепкий суглинок, глина средней крепости влажная или разрыхленная, аргиллиты и алевролиты;

IV категория - крепкий суглинок, крепкая и очень крепкая влажная глина, сланцы, конгломераты;

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

VI категория - ракушечники и конгломераты, крепкие сланцы, известняки, песчаники средней крепости, мел, гипс, очень крепкие опоки и мергель;

VII категория - известняки, мерзлый грунт средней крепости;

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

8.4. Взаимодействие рабочих органов землеройных машин с грунтом.

При выполнении земляных работ используют различные по назначению, конструкции и принципу действия машины. Они разделяются на: машины для подготовительных работ; землеройно-транспортные; экскаваторы; бурильные; для бестраншейной прокладки коммуникаций; для гидромеханической разработки грунта; для уплотнения грунтов. Различают грунты: нескальные (песок, супесь, суглинок, глина и т.п.), разборно-скальные (сцементированные глины - аргиллиты, гипс, мел, известняки и др.) и скальные (плотные известняки, доломит, мрамор, песчаник и др.). Грунты, имеющие положительную температуру, называют немерзлыми (талыми), отрицательную – мерзлыми, если они содержат лед, и морозными (охлажденными), если лед в

их составе отсутствует. Нескальные мерзлые грунты разрабатывают обычными землеройными средствами, скальноразборные 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 прогревают или разрабатывают специально предназначенными для этих целей землеройными машинами. А.Н.Зелениным предложена классификация (табл. 8.2.) нескальных мерзлых и немерзлых грунтов по числу ударов C динамического плотномер (ударника) ДорНИИ. Категория грунта определяется числом ударов, которые необходимы для погружения в грунт на глубину 10 см цилиндрического стержня плотномер площадью 1 см^2 под действием груза весом 25 Н, падающего с высоты 0,4 м и производящего за каждый удар работу в 10 Дж.

Таблица 8.2.

Классификация грунтов по числу C .

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...79 (50)	70...140 (100)	140...280 (200)	280...560 (400)

Примечание: В скобках приведены средние значения C для каждой категории грунта.

На процесс взаимодействия рабочего органа землеройной машины с грунтом существенное влияние оказывают физико-механические свойства грунта, конструкция, геометрические параметры и режимы работы рабочего органа. Физико-механические свойства грунтов характеризуются: механическими свойствами его компонентов: прочностью – способностью грунта сопротивляться разрушению под действием внешних нагрузок;

гранулометрическим составом – процентным содержанием по массе частиц различной крупности; плотностью – отношением массы к единице объема (для большинства грунтов – 1,5...2 т/м³); пористостью – отношением объема пор к общему объему грунта (в %); влажностью – процентным содержанием воды в порах грунта; связностью – способностью грунта сопротивляться разделению на отдельные частицы под действием нагрузок; разрыхляемостью – свойством грунта увеличиваться в объеме при постоянстве собственной массы (выражается коэффициентом разрыхления $K_p = 1,1...1,4$); углом естественного откоса – углом γ 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; 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 прилипать к поверхности рабочих органов. Режущими элементами рабочих органов являются зубья или ножи (рис. 8.2, а и б). Основными параметрами ножей являются длина L , угол заострения β , угол резания δ (угол между передней гранью и касательной к траектории движения) и задний угол α (угол между задней гранью и касательной к траектории движения). Зубья и ножи могут использоваться в сочетании с отвалом и ковшом или самостоятельно. Как самостоятельные рабочие органы зубья используются для рыхления грунта. Рабочими органами этого типа снабжены кирковщики и рыхлители.

Ножи в качестве самостоятельных рабочих органов служат для отделения стружки грунта от массива и подачи ее на транспортирующие органы. Примером таких рабочих органов являются дисковые ножи грейдер-элеваторов (рис. 8.2, в) и ножевые системы стругов. Отвал с ножом служит для вырезания

грунта и перемещения его по направлению движения машины или в сторону; отвал с ножом может использоваться для срезания и уборки кустарника, корчевания пней, перемещения валунов и т.п. Отвалами с ножами оборудуются бульдозеры и автогрейдеры.

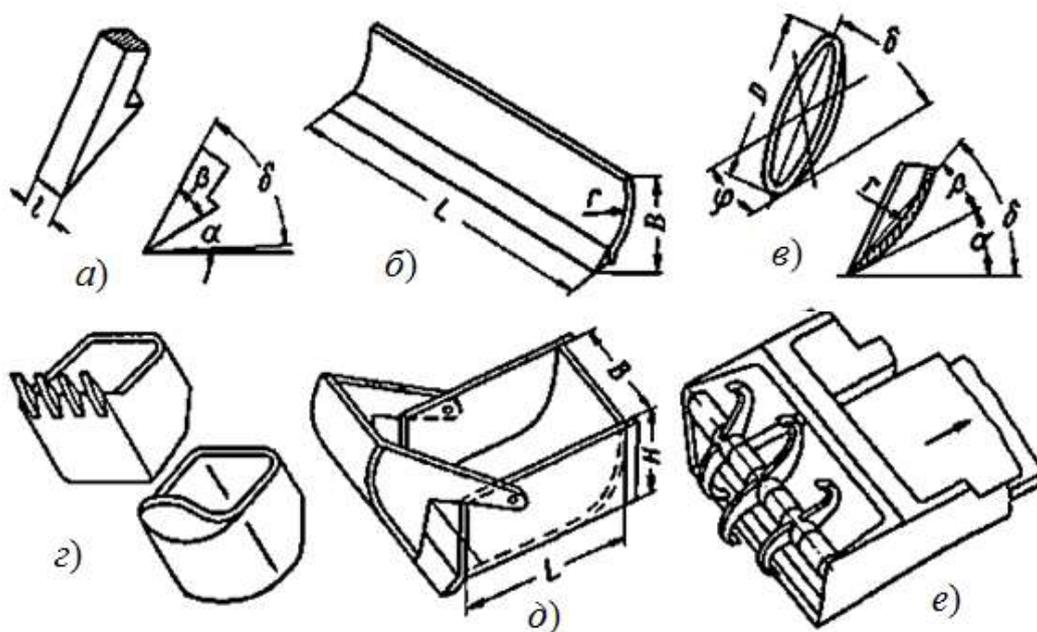


Рис. 8.2. Рабочие органы землеройных машин: *a* - зуб; *б* - отвал с режущим ножом; *в* - дисковый нож; *г* - ковш экскаватора с зубьями и ковш экскаватора с полукруглой режущей кромкой; *д* - ковш скрепера; *е* - рабочий орган землеройной машины с роторным рыхлителем.

Отвалы с зубьями применяются в качестве рабочих органов корчевателей. Основными параметрами отвала являются: длина L , высота B , радиус кривизны r и угол захвата φ (угол между отвалом и направлением движения машины в плане). Основными параметрами ковша являются: емкость q , длина L , высота H и ширина B . Ковши для скреперов (рис. 8.2, *д*) снабжаются ножами. Ковши для экскаваторов имеют прямую режущую кромку с зубьями или криволинейное днище и выступающую вперед сплошную режущую кромку, что значительно снижает усилие резания (рис. 8.2, *г*). На рис. 8.2, *е* показана схема рабочего органа землеройной машины с рыхлителем роторного типа (фрезой). Разрыхленный грунт подрезается системой ножей по периметру

забоя и, обрушиваясь, поступает на ленточный транспортер и перемещается в направлении, показанном стрелкой. Копание грунта – сложный процесс. Упрощенно процесс копания можно представить следующим образом.

При движении рабочий орган воздействует на грунт своей передней кромкой (рис. 8.3, *а*). Под действием рабочего органа грунт уплотняется и в нем возникают напряжения, увеличивающиеся по мере движения рабочего органа. Когда напряжения в грунте достигают значений, превосходящих сопротивление разрушению, грунт сдвигается по плоскости АА, в которой эти напряжения максимальны.

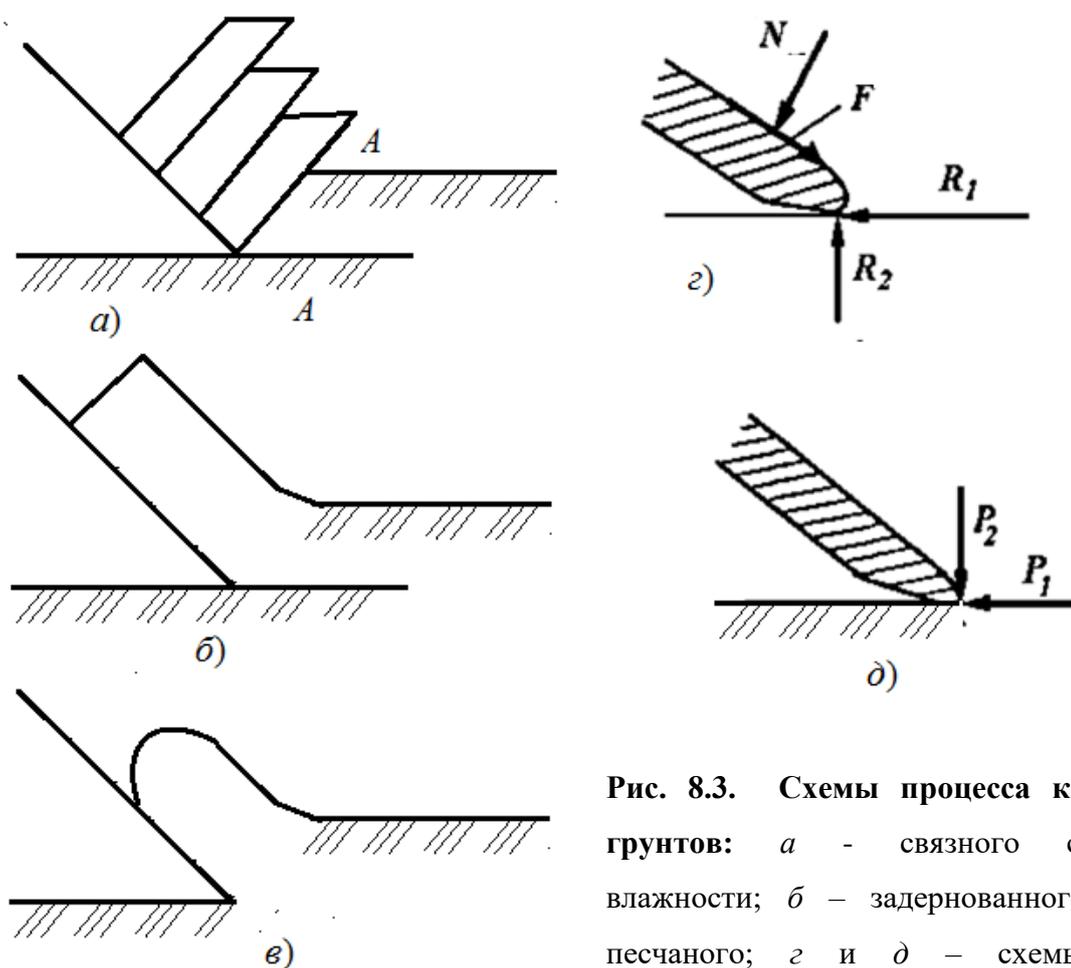


Рис. 8.3. Схемы процесса копания грунтов: *а* – связного средней влажности; *б* – задернованного; *в* – песчаного; *з* и *д* – схемы сил, действующих на рабочий орган.

Режущий орган, перемещаясь вперед, воздействует на следующий элемент грунта, и процесс повторяется. Отделенные от массива элементы грунта образуют стружку, которая перемещается по рабочей поверхности

режущего органа и, в зависимости от типа рабочего органа, поступает на транспортер, внутрь ковша, или перемещается отвалом вперед и в сторону. Характер процесса копания в большой степени зависит от состава и свойств грунта. Стружка задернованного влажного грунта отрывается от массива в горизонтальной плоскости. Относительных сдвигов элементов грунта в этом случае не происходит, и грунт перемещается по ножу в виде монолитной стружки (рис. 8.3, б).

Сухой несвязный грунт (песок) под действием режущего органа выпирает вверх и вперед, накапливается перед ножом и образует так называемую призму волочения (рис. 8.3, в). Призма волочения образуется и при копании связных грунтов, если перемещение срезанной стружки по рабочему органу связано с преодолением значительных сопротивлений, например при проталкивании стружки внутрь ковша скрепера в конце его наполнения. Во время копания на рабочий орган со стороны грунта действует сила сопротивления грунта копанию, которая рассматривается как сумма реакций грунта на рабочий орган. Величина и направление этой силы зависят от типа и конструкции рабочего органа, формы и размеров поперечного сечения стружки, типа и состояния грунта.

Сопротивление грунта копанию (рис. 8.3, з): складывается из силы нормального давления грунта N на переднюю грань режущего органа, силы трения грунта по передней грани F , реакции грунта на затупленную площадку лезвия R , которую можно разложить на горизонтальную и вертикальную составляющие R_1 и R_2 .

В случае рабочего органа типа ковша в число этих сил входят также сила сопротивления продвижению стружки внутри ковша (сопротивление наполнению) и сила, действующая на ковш со стороны призмы волочения. Для отвала силы N и F рассматриваются как равнодействующие распределенной нагрузки, приложенной к рабочей поверхности отвала. Силу сопротивления копанию P (рис. 8.3, д), являющуюся равнодействующей рассмотренных сил,

можно представить в виде касательной нормальной и боковой составляющих P_1 , P_2 и P_3 , приложенных условно к лезвию режущего элемента.

Направление силы P_1 противоположно направлению движения машины. Сила P_2 может быть направлена вниз или вверх в зависимости от соотношения реакций грунта на переднюю грань и на лезвие режущего органа. Сила P_3 действует в случае установки рабочего органа под углом φ к направлению движения, меньшим 90° , т. е. в случае косоугольного резания. Сила P_3 является горизонтальной составляющей, перпендикулярной к направлению движения.

Определению касательной составляющей сопротивления копанию P_1 посвящено значительное число исследований. Впервые формула для определения силы P_1 применительно к работе сельскохозяйственного плуга была предложена акад. В.П. Горячкиным:

$$P_1 = \mu_1 \cdot G + K_p \cdot h \cdot b + \varepsilon \cdot h \cdot b \cdot v^2 \quad (8.1)$$

где μ_1 – коэффициент трения плуга о грунт; $\mu_1 = 0,25 \dots 0,4$; G – вес плуга; K_p – удельное сопротивление резанию, для плуга $K_p = 20 \dots 100$ кН/м²; h и b – толщина и ширина срезаемой стружки грунта в м; ε – опытный коэффициент, учитывающий влияние скорости резания на величину сопротивления копанию; в среднем $\varepsilon = 0,1$; v – скорость резания в м/с.

Третье слагаемое учитывает сопротивление, связанное с сообщением вырезаемому грунту определенной скорости движения. Технологические процессы землеройных машин отличны от процесса работы плуга. Общим в этих процессах является отделение стружки грунта от массива – резание грунта.

Определение силы сопротивления резанию по формуле акад. В.П. Горячкина основано на допущении, что величина этой силы прямо пропорциональна площади поперечного сечения вырезаемой стружки ($F=b \cdot h$).

Это допущение легло в основу определения сопротивления резанию для землеройных машин (табл. 8.3).

Работы по определению сопротивления копанию грунта рабочими органами экскаваторов были проведены проф. Н.Г. Домбровским. Им предложена следующая формула для определения силы P_1 (кПа).

$$P_1 = P_p + P_T + P_{пр} = K_p \cdot b \cdot h + P_2 \cdot \mu_1 + q \cdot K_n \cdot \varepsilon. \quad (8.2)$$

где: P_p – сопротивление грунта резанию (табл.8.3); P_T – сопротивление трения ковша о грунт; $P_{пр}$ – сопротивление перемещению призмы волочения и грунта в ковше; P_2 – составляющая силы сопротивления копания, нормальная к траектории движения ковша; q – емкость ковша; K_n – коэффициент наполнения ковша; ε – коэффициент сопротивления перемещению грунта в ковше.

Таблица. 8.3

**Значения удельных сопротивлений резанию K_p для машин
с ножевым рабочим органом.**

Наименование грунта	Категория грунта	Плотность грунта, ρ , т/м ³	Коэффициент разрыхления грунта, K_p	Удельное сопротивление грунта резанию K_k , 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, мелкий и средний 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

Значения составляющих сопротивления копания см. табл.8.4.

Из приведенных данных следует, что при работе прямой лопаты призмы волочения почти нет, а у скрепера, особенно на легких грунтах, сопротивление перемещению призмы волочения и наполнению ковша составляет до 40...50% всего сопротивления копания.

Таблица 8.4

Значения составляющих силы сопротивления копанию (в процентах от всего сопротивления копанию).

Категория грунта	ковш	P_p	P_t	$P_{пр}$	Категория грунта	ковш	P_p	P_t	$P_{пр}$
I	Драглайна	22	46	32	III	Драглайна	58	22	20
	Скрепера	23	31	46		Скрепера	46	17	37
	Прямой лопаты	42	51	7		Прямой лопаты	77	18	5
II	Драглайна	38	36	26	IV	Драглайна	63	17	20
	Скрепера	7	36	46		Скрепера	53	15	37
	Прямой лопаты	63	31	7		Прямой лопаты	83	12	5

Относя все сопротивления к сечению стружки, Н.Г. Домбровский вывел выражение для определения силы P_1 (кН)

$$P_1 = 10^{-3} \cdot A \cdot K_k \quad (8.3)$$

где: $A = b \cdot h$ – площадь стружки в m^2 ; K_k – удельное сопротивление грунта копанию в МПа.

В результате экспериментальных работ Н.Г. Домбровским получены значения K_k (табл. 8.5.) для машин с ковшовыми рабочими органами при работе их в различных грунтовых условиях.

Таблица 8.5.

Значения удельного сопротивления копанию K_k в kg/cm^2
(сохранена размерность эксперимента).

Грунт	Категория	Прямая лопата	Драглайн	Скрепер
Песок рыхлый сухой	I	0,15...0,25	0,3...0,5	0,2...0,4
Песок, супесь, суглинок легкий (влажный)	I	0,3...0,7	0,6...1,2	0,5...1,0

Суглинок, гравий мелкий, средний, глина легкая, влажная и разрыхленная	II	0,6...1,3	1,0...1,9	0,95...1,8
Глина средняя или тяжелая разрыхленная, суглинок плотный	III	1,25...1,95	1,6...6,0	1,5...2,5
Глина тяжелая	IV	2,0...3,0	2,6...4,0	3,2...4,9

Величина нормальной составляющей сопротивления копанию P_2 для экскаваторов может определяться по формуле:

$$P_2 = \psi \cdot P_1 \quad (8.4)$$

где $\psi = 0,2...0,6$ – коэффициент, зависящий от физико-механических свойств грунта, формы рабочего органа, его затупления, величины заглубления.

Более высокие значения ψ соответствуют большему затуплению режущей части.

Общее сопротивление грунта копанию P является геометрической суммой сил P_1 и P_2

$$P = \sqrt{P_1^2 + P_2^2} \quad (8.5)$$

Вычисление сопротивления копанию изложенным выше способом является приближенным, поскольку при этом не учитывается зависимость сопротивления копанию от соотношения размеров стружки b и h , угла резания δ , степени затупления режущей кромки и других факторов (табл. 8.6). Однако этот способ до настоящего времени находит широкое применение благодаря простоте и достаточной для практических расчетов точности результатов.

Таблица 8.6.

Значения удельных сопротивлений копанию K_k для ковшовых рабочих органов экскаваторов.

Категория грунта	Удельное сопротивление копанию 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	180...260
III	120...250	160...300	180...240	260...300
IV	250...400	300...500	240...300	300...400

При отделении грунта от массива механическим способом рабочему органу землеройной машины сообщаются обычно два движения – вдоль поверхности массива (главное движение) и поперек (движение подачи) срезаемой стружки грунта, которые могут выполняться раздельно или одновременно. Режущая часть (кромка) рабочего органа, имеющая обычно форму клина, характеризуется следующими геометрическими параметрами (рис. 8.4); длиной режущей кромки b , углом заострения β , задним углом α , передним углом γ , углом резания $\delta = \beta + \alpha$ и толщиной стружки h .

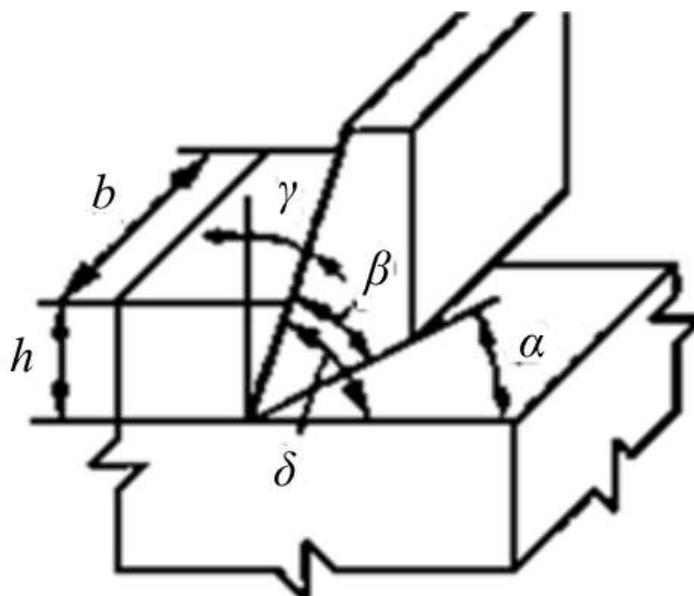


Рис. 8.4. Геометрия режущих элементов рабочих органов землеройных машин.

Эффективность процесса резания обеспечивается при оптимальных углах резания и рациональной геометрии режущего инструмента.

Оптимальные значения угла резания δ составляют $30...32^\circ$ для легких грунтов и $40...43^\circ$ для тяжелых; угла заострения $\beta = 25...27^\circ$ для легких и $32...35^\circ$ для тяжелых грунтов.

Задний угол принимают равным не менее $6...8^\circ$. 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.

8.5. Общая классификация машин и оборудования для разработки грунтов.

Машины и оборудование для разработки грунтов классифицируют по назначению *землеройные, землеройно-транспортные, бурильные, оборудование гидромеханизации.*

Землеройные машины разрабатывают грунт либо позиционно (одноковшовые экскаваторы и роторные экскаваторы поперечного копания), либо в процессе перемещения всей машины (экскаваторы непрерывного действия, кроме указанных выше роторных). Продукт их деятельности – разработанный грунт. Он укладывается в отвал рядом с отрытой выемкой или карьером или погружается в транспортные средства для его перевозки.

Землеройно-транспортные машины (бульдозеры, скреперы) работают в двух следующих друг за другом режимах- *землеройном* и *транспортном*.

Сначала машина в процессе своего перемещения разрабатывает грунт, накапливая его перед отвалом (бульдозер) или заполняя им ковш (скрепер), а затем перемещает его волоком по земле – в случае отвала или в ковше подобно транспортной машине. Отвальные землеройно-транспортные машины (бульдозеры, автогрейдеры), занятые на планировке земляных поверхностей, работают в режиме землеройной машины непрерывного (действия: снимаемый слой грунта непрерывно перемещается по отвалу и укладывается рядом с полосой планировки. В таком же режиме работают землеройно-транспортные машины, называемые *грейдер-элеваторами*-разработанный ими грунт либо погружается специальным транспортирующим органом в транспортные средства, либо укладывается рядом с полосой разработки.

Бурильные машины предназначены для бурения скважин, включая шпур. Обычно это машины позиционного действия, что определяется местоположением скважины.

Средства гидромеханизации предназначены для разработки грунтов с использованием скоростного напора струи воды или водяного потока. Они представляются как машинами, так и аппаратами, не имеющими машинного привода.

По характеру рабочего процесса только одноковшовые экскаваторы и скреперы являются машинами циклического действия. Экскаваторы же непрерывного действия, автогрейдеры, грейдер-элеваторы и оборудование гидромеханизации работают в непрерывном режиме. Бульдозеры могут работать как в циклическом (при послойной разработке грунтов), так и в непрерывном (на планировочных работах) режимах.

Землеройные машины, называемые экскаваторами, могут быть оборудованы одним ковшом (одноковшовые экскаваторы) или несколькими ковшами или заменяющими их рабочими органами - скребками, комбинированными органами для раздельного отделения грунта от массива и выноса его к месту отсыпки, зубьями без ковшей) и т.п., закрепленными на рабочем колесе (роторе) или на замкнутой рабочей цепи (экскаваторы непрерывного действия). Каждый рабочий орган, как и в случае одноковшового экскаватора, работает в циклическом режиме, но со сдвигом во время выполнения одноименных операций различными рабочими органами, вследствие чего грунт отсыпается непрерывным потоком.

По сравнению с одноковшовыми экскаваторы непрерывного действия имеют меньшие материалоемкость и энергоемкость, приходящиеся на единицу их технической производительности, что обусловлено более равномерным нагружением этих машин во времени. В то же время экскаваторы непрерывного действия имеют более низкий коэффициент использования по времени из-за более частых отказов многозвенной структуры этих машин. Они имеют узкую область применения по сравнению с одноковшовыми экскаваторами.

Контрольные вопросы.

1. Приведите примеры временных земляных сооружений. Чем они отличаются от сооружений длительного пользования?
2. Перечислите способы разработки гунтов. Что такое резание грунта? В чем различие статического и динамического разрушения грунтов?
3. Из каких операций состоит рабочий цикл землеройной машины? С помощью каких рабочих органов они выполняются?
4. Приведите основные свойства грунтов. Какими показателями их оценивают?
5. Приведите основные положения классификации грунтов по Зеленину. Как устроен плотномер конструкции ДорНИИ и как с его помощью определяют плотность грунта?
6. Перечислите основные виды рабочих органов землеройных машин. Как они устроены? Назовите основные элементы режущего инструмента землеройного рабочего органа.
7. Какими способами повышают износостойкость режущих инструментов? Что такое самозатачивание, какова его природа?
8. Как изменяются во времени сопротивления различных фунтов отделению от массива?
9. Что такое копание фунта, чем оно отличается от резания? Охарактеризуйте силовое взаимодействие землеройного рабочего органа с грунтом. Как определяют составляющие сопротивления грунта копанию и резанию (метод Домбровского—Горячкина)? Каков физический смысл удельного сопротивления грунта копанию?
10. Приведите общую классификацию машин и оборудования для разработки грунтов.
11. Как различаются между собой одноковшовые экскаваторы и экскаваторы непрерывного действия по материалоемкости, энергоемкости и использованию во времени?

Глава 9. Одноковшовые экскаваторы.

9.1. Общие сведения.

Одноковшовыми экскаваторами называют позиционные землеройные машины циклического действия, оборудованные ковшовым рабочим органом. Рабочий цикл одноковшового экскаватора состоит из последовательно выполняемых операций копания грунта, его перемещения к месту отсыпки, разгрузки ковша с отсыпкой грунта в отвал или транспортное средство и возвращения ковша на позицию начала следующего рабочего цикла. В совокупности перечисленные операции еще называют экскавацией. После отработки элемента забоя (части грунтового массива в пределах досягаемости рабочего оборудования или, по условиям эффективного использования технологических возможностей экскаватора, несколько меньше) экскаватор перемещают на новую позицию. Совокупность рабочих циклов на одной позиции экскаватора вместе с его перемещением на новую позицию образует большой цикл.

Одноковшовые экскаваторы классифицируют:

по назначению: строительные - для производства земляных работ, погрузки и разгрузки сыпучих материалов; строительно-карьерные - для тех же работ и, кроме того, для разработки карьеров строительных материалов и добычи полезных ископаемых открытым способом; карьерные - для работы в карьерах; вскрышные - для снятия верхнего слоя грунта или горной породы перед карьерной разработкой; туннельные и шахтные - для работы под землей при строительстве подземных сооружений и разработке полезных ископаемых;

по виду рабочего оборудования: прямая и обратная лопаты - для разработки грунта соответственно выше и ниже уровня стоянки экскаватора; драглайн - для разработки котлованов, траншей и каналов, погрузки и разгрузки сыпучих материалов, вскрышных работ; грейфер - для отрывки глубоких

выемок; планировщик - для планировки горизонтальных поверхностей и откосов;

по исполнению рабочего оборудования: канатные - с гибкой подвеской; гидравлические - с жесткой подвеской рабочего оборудования;

по виду ходовых устройств: пневмоколесные, в том числе с использованием автомобильной или тракторной баз, а также специальных шасси автомобильного типа; гусеничные; шагающие - для мощных драглайнов большой массы;

по возможности вращения поворотной части: полноповоротные и неполноповоротные;

по числу установленных двигателей - одно и многомоторные.

Кроме перечисленных выше видов оборудования одноковшовые экскаваторы могут иметь крановое, сваебойное, трамбовочное и другое сменное оборудование. Экскаваторы, имеющие только один вид рабочего оборудования, называют специальными, а укомплектованные сменными видами рабочего оборудования - универсальными. К последним относится большинство строительных одноковшовых экскаваторов.

Строительные экскаваторы предназначены для разработки грунтов до IV категории включительно без предварительного разрыхления, а также более прочных грунтов, включая мерзлые и скальные, после их разрыхления другими средствами.

Жесткое сочленение элементов рабочего оборудования гидравлических экскаваторов позволяет более полно по сравнению с канатными экскаваторами использовать вес машины для реализации больших усилий на зубьях ковша при оборудовании обратной лопаты и грейфера, благодаря чему основным видом рабочего оборудования этих экскаваторов стала обратная лопата, а не прямая, как у канатных машин. Гидропривод обеспечивает рабочему оборудованию большую маневренность и универсальность, позволяет выбирать более рациональные рабочие движения, обеспечивает передачу движения от двигателя рабочему органу, в том числе с преобразованием вращательного

движения в поступательное. Благодаря существенным преимуществам перед канатными машинами гидравлические экскаваторы в общем объеме производства одноковшовых экскаваторов в нашей стране составляют более 80 %.

Гусеничные и шагающие ходовые устройства служат как для перемещения экскаватора на новую стоянку, так и в качестве опорной базы для передачи нагрузок на грунт при экскавации. Пневмоколесные ходовые устройства используют в основном только для передвижения, а при работе экскаватора его устанавливают на выносные опоры, разгружая ходовую часть.

Большинство одноковшовых экскаваторов являются полноповоротными. К неполноповоротным относятся экскаваторы небольшой мощности на базе пневмоколесных тракторов или коротко-базовых погрузчиков (в основном *миниэкскаваторы*), а также на базе универсальных мотоблоков (*микроэкскаваторы*).

Строительные экскаваторы оборудуют преимущественно однодвигательной силовой установкой с механической, гидромеханической или гидравлической трансмиссиями. Карьерные и вскрышные экскаваторы, а также шагающие драглайны оборудуют, в основном, многомоторным электроприводом постоянного тока с питанием от сети высокого напряжения.

Главным параметром одноковшового экскаватора является его масса, в соответствии с которой экскаваторы подразделяются на размерные группы, характеризующиеся определенным набором основных параметров (мощностью силовой установки, вместимостью ковша, усилием на его зубьях, размерами рабочей зоны, продолжительностью рабочего цикла, скоростями передвижения, частотой вращения поворотной платформы, преодолеваемыми уклонами, удельным давлением на грунт или нагрузкой на ось, габаритными размерами и др.). Одноковшовые универсальные экскаваторы комплектуют несколькими сменными ковшами различных вместимостей для более полного использования энергетических возможностей силовой установки при разработке различных то прочностных грунтов, а также другими видами сменного рабочего оборудования.

Техническую производительность одноковшовых экскаваторов как наибольшую среднюю производительность за 1 ч работы определяют по формулой:

$$P_T = \frac{3600 \cdot q \cdot \kappa_n}{t_{\text{ц}} \cdot \kappa_p} \quad (9.1)$$

где q - емкость ковша, м³; κ_n - коэффициент использования емкостью ковша; κ_p - коэффициент разрыхления грунта; $t_{\text{ц}}$ - продолжительность рабочего цикла, с.

Эксплуатационная производительность учитывает продолжительность периода работы экскаватора T_p и его использование во времени. (м³/сутки, м³/мес, м³/год);

$$P_{\text{э}} = P_m \cdot T_p \cdot \kappa_{\text{в}} \quad (9.2)$$

где T_p - продолжительность работы экскаватора, ч; $\kappa_{\text{в}}$ - коэффициент использования по времени $\kappa_{\text{в}} = 0,8 \dots 0,9$.

9.2. Строительные экскаваторы.

Основными рабочими органами гидравлических экскаваторов являются ковши *обратной и прямой лопат, погрузчика, грейфера*. Сменными рабочими органами, расширяющими номенклатуру выполняемых этими машинами работ, могут быть *бульдозерные отвалы* для грубой планировки земляных поверхностей, *однозубые и многозубые рыхлители* для рыхления прочных грунтов, пород и их прослоек, *взламывания асфальтовых покрытий* при ремонте автомобильных дорог, а также для *корчевки пней* при освоении рабочих площадок, *гидромолоты* для тех же работ, *крановые подвески*, различные модификации *грейферов и захватов* для работы экскаватора в режиме крана, *шнековые буры* для рытья колодцев небольших диаметров и др.

Экскаваторы канатно-блочными и гидравлическими управлениями с различными рабочими органами показаны на рис.9.1.

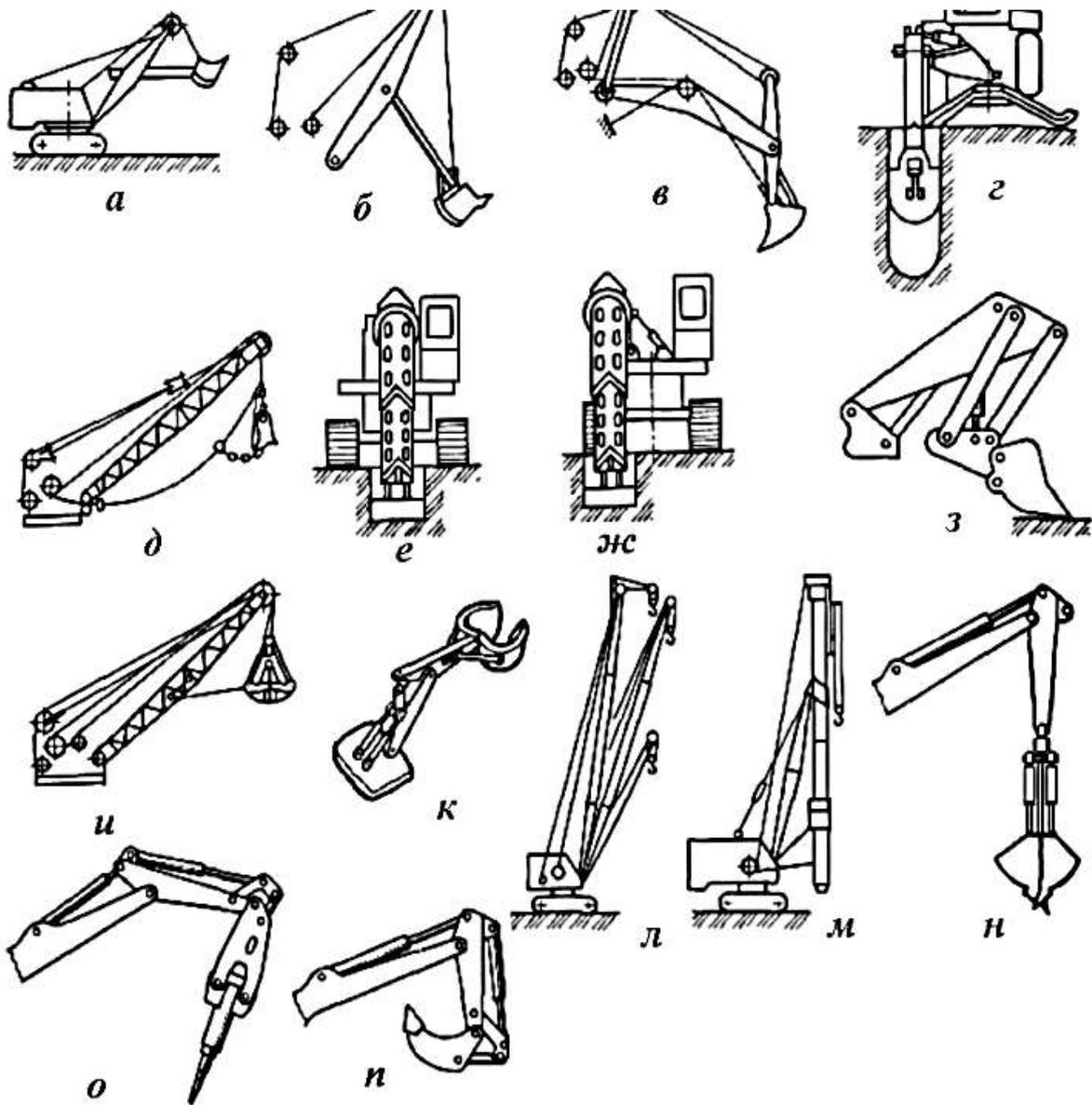


Рис. 9.1. Основные виды рабочего оборудования одноковшового экскаватора: *а* – прямая лопата с принудительным напором; *б* – маятниковая прямая лопата; *в* – обратная лопата; *г* – боковая обратная лопата; *д* – драглайн; *е* – планировочное телескопическое оборудование; *жс* – боковое телескопическое оборудование; *з* – погрузочное оборудование; *и* – грейфер на канатной подвеске; *к* – челюстной захват; *л* – кран; *м* – копер; *н* – грейфер на жесткой подвеске; *о* – молот; *п* – рыхлитель.

На экскаваторах устанавливают ковши различной вместимости: 0,015...10 м³ и массу 0,25...250 т, карьерные с ковшом вместимостью 2...20 м³ и массой 40...900 т, вскрышные с ковшом вместимостью 4...160 м³ и массой 170...13000 т, предназначенные для выполнения земляных работ больших объемов в горной промышленности, гидротехническом строительстве и т.п.

Ковши всех типов имеют одинаковые размеры профильной проекции и отличаются шириной и числом устанавливаемых на их передней стенке зубьев.

Строительные неполноповоротные (малые модели) и полноповоротные гидравлические экскаваторы являются самоходными машинами с пневмоколесным или гусеничным ходовым оборудованием. Пневмоколесные экскаваторы используют на рассредоточенных строительных объектах с небольшими объемами работ. Благодаря высокой скорости передвижения (на порядок выше, чем у гусеничных машин), они способны преодолевать большие расстояния при смене строительных объектов.

Гусеничные экскаваторы, обладая повышенной проходимостью, передвигаются со скоростью, не превышающей 4...6 км/ч. Этими показателями предопределена область использования гусеничных экскаваторов — (объекты с большими объемами земляных работ без специальной подготовки рабочих площадок, включая карьеры. Для перевозки этих машин на большие расстояния используют специальные транспортные средства (тяжеловозы, железнодорожный транспорт и т.п.). Экскаватор погружается на транспортное средство собственным ходом.

Полноповоротный пневмоколесный (рис. 9.2,а) или гусеничный гидравлический экскаватор (рис. 9.2,б) состоит из базовой части и рабочего оборудования. При замене последнего базовую часть обычно сохраняют в неизменном виде.

Базовая часть экскаватора включает в себя ходовую тележку с ней рамой 3 (см. рис. 9.2, а,б), опорно-поворотное устройство 7 и поворотную платформу 6 с расположенными на ней насосно-силовой установкой, узлами гидравлической системы привода и кабиной машиниста 15.

Ходовое оборудование пневмоколесного экскаватора состоит из сваркой рамы, опирающейся на два ведущих моста 2и4 (рис. 9.2, а). Для работы в режиме экскавации грунта экскаватор устанавливает на откидные опоры 5, закрепленные на поперечной балке рамы за задним мостом. Чаще в качестве передней опоры для работы в этом же режиме используют, кроме

прямого назначения, бульдозерный отвал 1, установленный перед передним мостом и приводимый в движение гидроцилиндром. Малые модели пневмоколесных экскаваторов могут быть оборудованы только бульдозерным отвалом без задних откидных опор.

Колеса мостов приводятся обычно от низкомоментного гидромотора через двухскоростную коробку передач. Для передвижения по рабочей площадке используют малую, а при межобъектных переездах — повышенную скорость. Трансмиссия ходового устройства оборудована стояночным тормозом.

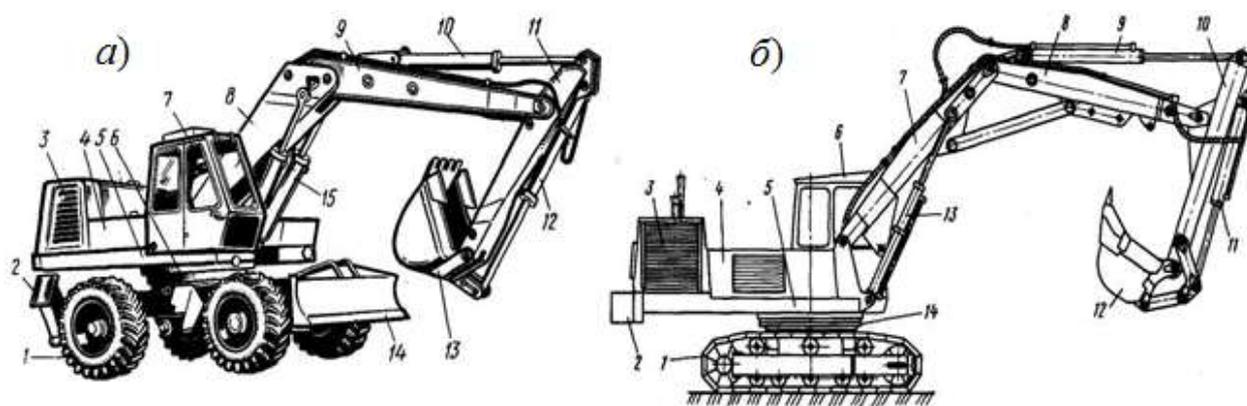


Рис. 9.2. Полноповоротные гидравлические одноковшовые экскаваторы: а — пневмоколесный; б — гусеничный.

Каждая из гусеничных тележек 16 (см. рис. 9.2, б) гусеничного экскаватора приводится в движение гидромотором и зубчатыми передачами. При совместной работе механизмов привода гусениц в одном направлении обеспечивается прямолинейное передвижение машины, а при их работе во взаимно противоположных направлениях или только одного механизма и заторможенной второй гусенице - поворотное движение (относительно центра опорного контура в первом или опорной поверхности заторможенной гусеницы - во втором случае). При работе экскаватора во избежание произвольного отката гусеничной тележки из-за реактивных нагрузок или уклона рабочей площадки механизм привода гусениц затормаживают или стопорят.

Опорно-поворотное устройство (ОПУ), как и у кранов, закрытого шарикового или роликового типа предназначено для передачи на нижнюю раму внешних нагрузок от поворотной части экскаватора и обеспечения вращения последней относительно первой. Механизм поворота состоит обычно из низкомоментного гидромотора и зубчатого редуктора, на выходном валу которого закреплена шестерня, обеспечивающая через неподвижный зубчатый венец на ОПУ вращение поворотной платформы. Известны также безредукторные устройства с высокомоментными гидромоторами. Привод поворотного механизма оборудован тормозом для полной остановки поворотной платформы в процессе экскавации, а также для ее стопорения при переездах.

Поворотная платформа выполнена в виде рамной конструкции, способной неограниченно вращаться относительно нижней рамы. Для уравнивания при работе экскаватора в ее хвостовой части устанавливают чугунный противовес. Для уменьшения последнего расположенные на поворотной платформе наиболее тяжелые агрегаты (насосно-силовая установка и др.) смещены в ее хвостовую часть. В передней части платформа оборудована стойками-пилонами для шарнирного соединения с ней стрелы, а также проушинами для установки одного или двух гидроцилиндров привода стрелы. Кабину машиниста с органами управления устанавливают с одной стороны поворотной платформы.

Гидравлическая система (рис. 9.3) - наиболее распространенная в экскаваторах, включает масляный бак 1, двухпоточный регулируемый аксиально-плунжерный насос 2, два блока гидрораспределителей 3 и 7, гидравлические цилиндры привода стрелы 10 и 11, рукояти 5 и ковша 12, гидромоторы привода поворотной платформы 8 и привода двух гусеничных 4 и 13 или только одного пневмоколесного движителей, калорифер 14 для охлаждения отработанной рабочей жидкости, фильтры 15 для ее очистки, гидролинии, предохранительные, переливные и обратные клапаны, центральный коллектор для подачи рабочей жидкости от источников на

поворотной платформе к гидромоторам ходового механизма на неподвижной нижней раме.

Насос обеспечивает подачу рабочей жидкости по двум независимым напорным магистралям к двум блокам гидрораспределителей, от которых она поступает либо к двум исполнительным гидродвигателям (гидроцилиндрам или гидромоторам), либо, после объединения двух потоков, - к одному из них. Обычно потоки объединяются при выполнении наиболее энергоемкой операции рабочего цикла экскаватора - копания. На всех других операциях реализуется двухпоточная схема подачи рабочей жидкости к исполнительным гидродвигателям, обеспечивающая два независимых совмещаемых во времени рабочих движения: подъем или опускание стрелы с одновременным поворотом рукояти или ковша, либо одновременный поворот рукояти и ковша, и т. п.

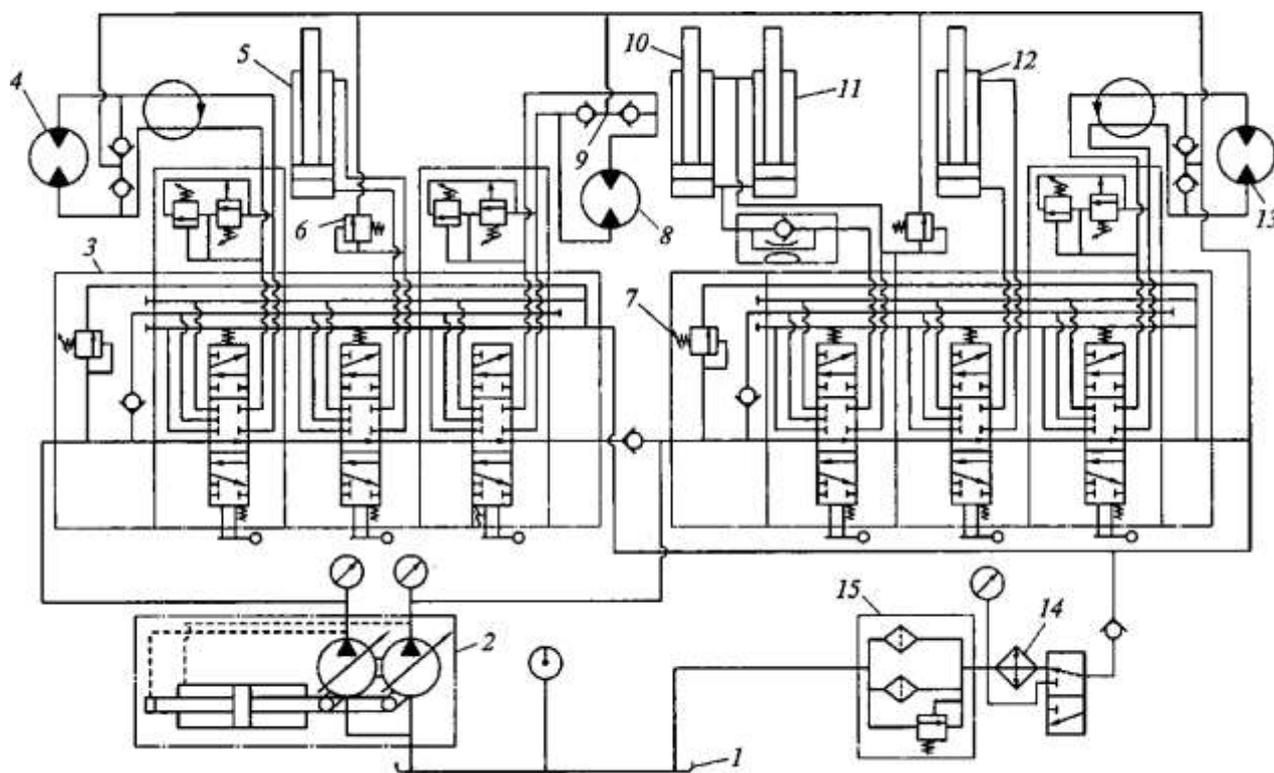


Рис 9.3. Принципиальная гидравлическая схема одноковшового экскаватора.

Качающие узлы насоса управляются автоматически установленным на нем регулятором мощности, стабилизирующим потребляемую мощность за счет изменения подачи насоса: возрастающей при убывании внешнего

сопротивления, а следовательно, падении давления рабочей жидкости в напорных магистралях, и убывающей при возрастании внешнего сопротивления (давления рабочей жидкости). Так как подача прямо пропорциональна зависимости скорости рабочего движения, то использование такой схемы регулирования приводит к сокращению продолжительности рабочих движений, операций и рабочего цикла в целом и, в конечном счете, — к увеличению производительности экскаватора.

Обычно в приводе рукояти и ковша устанавливают по одному гидроцилиндру. В приводе же стрелы могут быть как один, так и два гидроцилиндра.

9.3. Гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием обратная лопата.

Общий вид гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием обратная лопата показан на рис.9.4.



Рис 9.4. Схема полноповоротного гидравлического экскаватора с рабочим оборудованием обратная лопата.

Гусеничный экскаватор Liugong CLG925D – с рабочим органом обратной лопаты характеризуется высокой прочностью и надежностью, что гарантирует

высокие эксплуатационные качества при выполнении различных процессов. Он не требователен к климатическим условиям, сложности работ, условиям рабочей площадки, что делает строительную специальную технику незаменимым помощником. Экскаватор способен работать с переувлажненным грунтом и скальными породами, проявляя производительность и эффективность.

Норма расхода топлива экскаватора Liugong CLG925D снижена, что делает машину экономичной. Также этому способствует установка качественной системы охлаждения и дополнительных гидронасосов, которые повышают рабочие параметры.

Особенности и преимущества На экскаватор Liugong CLG925D устанавливаются электронные системы, которых не было у предыдущих моделей. К ним относятся системы контроля над рабочими органами, контроля нагрузки на стандартный орган, гидросистемы и мотор, автоматическая настройка мощности силового агрегата. В стандартную комплектацию входит установка удлиненной гусеничной тележки. Гидравлическая система экскаватора и приборы производятся японскими компаниями Kawasaki и VDO соответственно, двигатель – английской Cummins, элементы ходовой части и гидравлические провода – итальянскими ITM и Manuli. Современная разработка для экскаватора Liugong 925 – система управления силовым агрегатом, отличающаяся повышенной надежностью и точностью. Рабочее оборудование усилено для возможности восприятия больших нагрузок. Технология производства техники соответствует современным стандартам качества – ISO 9001 и ISO 14001. Экскаватор имеет лицензию на производство работ в горной местности и в карьерах. Опционально система управления ISO заменяется на VHL. Точность работы оборудования обусловлена установкой функции антигрейдера.

Общий вид экскаватора Liugong CLG925D показан на рис.5, габаритные размеры экскаватора Liugong CLG925D показаны на рис.6.



Рис.9.5. Общий вид экскаватора Liugong CLG 925D.

Габаритные размеры Liugong CLG 925D составляют 9,96 м х 3,19 м х 3,04 м.

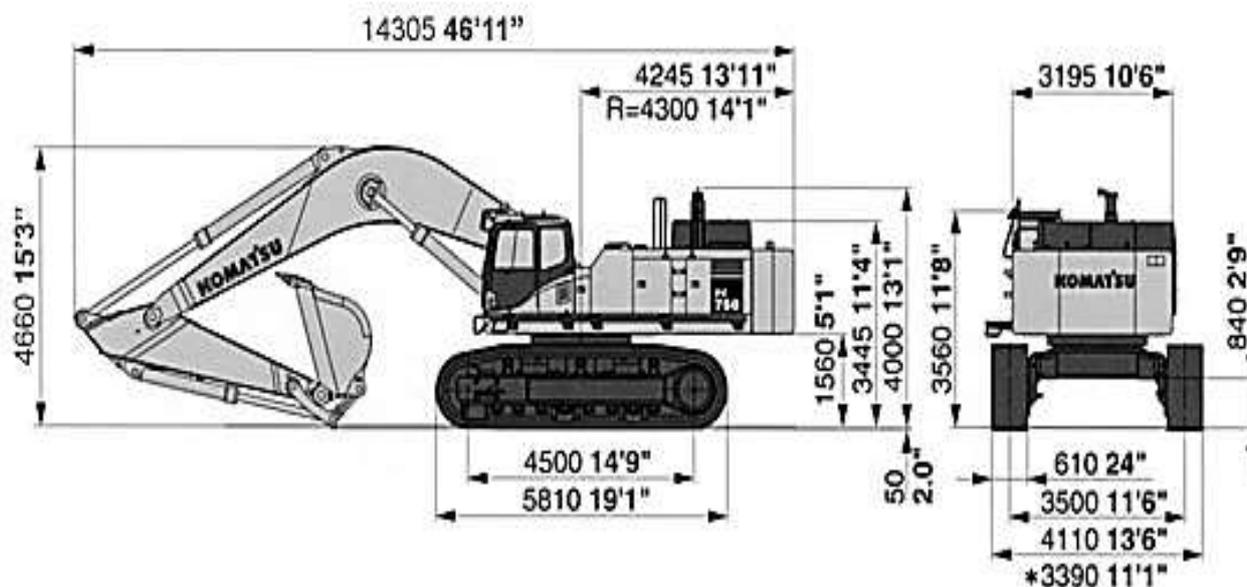


Рис 9.6. Габаритные размеры экскаватора Liugong CLG 925D.

Основные технические характеристики экскаватора Liugong CLG925D показана в таблице 9.1.

Таблица 9.1.

Техническая характеристика экскаватора Liugong CLG 925D

Предельная высота рытья	9,75 м
Предельная глубина рытья	6,84 м
Высота разгрузки	7 м
Вместительность базового рабочего органа	1,2 м ³
Привод гусениц	
Макс. скорость хода	5,3 км/ч
Преодолеваемый уклон	35°
Тяговое усилие	195 кН
Ходовая тележка	
Ширина траков	600 мм
Количество траков гусениц	2x51
Количество нижних/верхних опорных катков	2x9 /2x2

Двигатель. На экскаватор устанавливается мотор мощностью 133 кВт. Четырехтактный агрегат 6BT5.9-C соответствует по качеству выхлопа нормам Евро 2, Tier 2 и Stage II. В стандартной комплектации оснащается системой водяного охлаждения и турбированным наддувом. Работает силовая установка на дизельном топливе. Оптимизация параметров мотора обеспечивается системой CAPC, также она отвечает за комплексную работу двигателя и гидросистемы. Это обеспечивает малый расход топлива гусеничного экскаватора Liugong 925D и высокую производительность работ. Система контролирует частоту вращения мотора и отслеживает другие его характеристики. При увеличении нагрузки на рабочий орган происходит повышение расхода гидронасоса и частоты вращения вала силового агрегата. Турбированный компрессор VGTTM регулирует подачу воздуха для охлаждения систем и поддержания высокой производительности машины. При бездействии в течение 7 секунд происходит переход на холостые обороты (1000 об/мин), что сокращает потребление дизеля и шумности от работы установки.

В качестве вспомогательного очистителя используется Separ 2000, который в три ступени фильтрует дизельное топливо. В состав фильтра входит емкость для скопления конденсата и предпусковой нагреватель.

Бак для горючего экскаватора Лиугонг 925 вмещает 450 л жидкости, что обеспечивает длительную работу техники без необходимости дозаправки.

Ходовая часть. Несущий остов экскаватора существенно усилен, он выполнен из металлического замкнутого профиля. Также дополнительную прочность получили такие элементы, как ковш стандартной комплектации (за счет установки дополнительных ребер жесткости), стреловой механизм и поворотный агрегат производства компании Krupp.

Основные комплектующие экскаватора Liugong 925 изготовлены из цельного металла, при этом нагрузка распределяется более равномерно, что исключает концентрацию напряжений в местах соединения деталей. Он оснащен улучшенным стреловым механизмом, более прочной несущей конструкцией, это дает возможность машине работать в любых условиях. При повороте экскаватора отклонение назад сведено к минимуму, что гарантирует безопасность и повышенную комфортность.

Трансмиссия Liugong CLG925D производится ведущей европейской компанией, обладает длительным сроком службы и простотой управления.

В стандартной сборке ширина гусеничной ленты составляет 0,6 м. Предельная скорость хода техники – 5,3 км/ч.

Гидравлическая система. Японские гидрораспределители и основной насос характеризуются большим ресурсом и надежностью. Основной гидравлический распределитель и гидроцилиндры оптимизированы с целью сокращения длительности рабочего цикла, повышения точности управления и эффективности работ. В емкость для заправки гидравлической системы вмещается 230 л жидкости, полностью система вмещает 330 л. Производительность главного гидронасоса 460 л/мин. Рабочее давление в гидросистеме 31,8/34,3 МПа.

Кабина оператора. Для удобства оператора экскаватора Liugong CLG 925D предусмотрена установка комфортабельной кабины с большим процентом остекления. Панорамная обзорность обеспечивает безопасность работ, делает управление техникой более легким и выделяет экскаватор среди конкурентов (рис.9.7 и рис 9.8).



Рис 9.7. Кресло оператора и система управления экскаватора.



Рис 9.8. Кабина управления.

К основным достоинствам кабины относятся:

- удобство самой кабины и комфортное расположение органов управления;
- большое количество свободного пространства для ног оператора;
- настраиваемое кресло оператора на механической подвеске,

поглощающей колебания;

- звукоизоляционная обивка салона;
- система кондиционирования, обеспечивающая необходимый

микроклимат и исключая запотевание и обледенение стекол;

- покрытие пола легко очищается от загрязнений, обладает

износостойкостью;

- вместительные отсеки для личных вещей;
- монитор, на который выводится изображение с камеры заднего вида

экскаватора Liugong 925. Для повышения видимости этой зоны предусмотрены четыре больших зеркала;

- системы отопления и климат-контроля;
- автомагнитола и акустическая система;
- элементы управления стандартной комплектации – джойстики;
- системы безопасности FOPS и ROPS, защищающие от падающих

предметов и опрокидывания;

- наличие бортового компьютера.

На машину устанавливается настраиваемое рулевое колесо, кресло на гидравлических рессорах. Стекла в кабине покрыты защитным слоем, не пропускающим ультрафиолет.

Удобство обслуживания и эксплуатации. Для уменьшения длительности простоев предусмотрен легкий и удобный доступ к основным точкам техобслуживания. Моторный отсек скрыт за цельнооткидным капотом. Фильтр для очистки воздуха и блок предохранителей экскаватора Liugong CLG925D легкодоступен, что обеспечивает удобство ухода и контроля. В салоне предусмотрен отсек для хранения инструментария.

Основные параметры рабочего органа экскаватора Liugong CLG925D дано в таблице 9.2.

Таблица 9.2.

Основные параметры рабочего органа экскаватора Liugong CLG925D.

Рукоять	
Длина рукояти	2960 мм
Усилие резания, стандартный режим, ISO	105 кН
Усилие резания, режим форсирования, ISO	114 кН
Производительность ковша	
Стандартный объем с шапкой по SAE	1,2 куб. м.
Объем с заполнением 110%	1,3 куб. м.
Усилие внедрения в грунт, норм/наддув	149/160 кН

Модификации. Liugong 925D имеет две модификации. Индекс LL обозначает присутствие электронных систем, отвечающих за рабочие характеристики и правильную эксплуатацию машины. Индекс E вводится в обозначение экскаватора с увеличенной глубиной рытья – 6,6 м. Рабочее оборудование обратная лопата (см. рис. 9.6) включает в себя последовательно соединенные между собой шарнирами стрелу-рукоять и ковш. Стрела, кроме того, шарнирно соединена с поворотной платформой. Вместе с последней элементы рабочего оборудования образуют шарнирно-рычажный четырехзвенный механизм, позволяющий занимать ковшу и режущим кромкам его зубьев различные положения в пределах рабочей зоны экскаватора на всех (операциях его рабочего цикла). Рабочее оборудование обратная лопата предназначено для разработки грунта в основном ниже уровня стоянки экскаватора. Стрела может быть *моноблочной* и *составной*, состоящей из двух

секций: корневой, шарнирно соединенной с поворотной платформой, и удлиняющей, соединяемой с корневой секцией болтами или шарниром и ригелем, перестановкой которого в проушины на удлиняющей секции можно изменять расстояние между концевыми шарнирами стрелы. Чаще составными стрелами комплектуют универсальные экскаваторы. При замене рабочего оборудования обратной лопаты на прямую сохраняют только корневую секцию, а удлиняющую секцию либо используют в качестве рукояти прямой лопаты, соответственно перемонтировав ее, либо заменяют новой. Моноблочная стрела коробчатого поперечного сечения, обычно с разнесенными шарнирами для соединения с поворотной платформой и вилкой на противоположном конце, в ее головной части, для соединения с рукоятью. Стрелу поднимают и опускают одним или двумя гидроцилиндрами, шарнирно соединенными с ней и с передней поперечной балкой поворотной платформы.

Рукоять, также коробчатого поперечного сечения, приводится в движение гидроцилиндр. На экскаваторах можно устанавливать различные по длине рукояти и удлиняющие секции стрелы.

Ковш в форме емкости, открытой с одной стороны, с зубьями, установленными в карманы на передней стенке, или без них (для разработки легких грунтов), соединен с рукоятью шарнирно в ее головной части и приводится шарнирно установленным одним концом на рукояти гидроцилиндром непосредственно или через шарнирно-рычажный механизм, состоящий из коромысла тяги и выполняющий функцию мультипликатора. Для предупреждения заклинивания ковшей в траншее на их боковых стенках устанавливают, кроме того, подрезные зубья. Кроме обычных экскавационных ковшей (основных, широких и узких) на экскаваторе могут быть установлены ковши для дренажных работ по форме профиля очищаемой выемки.

В зависимости от сочетаний рабочих движений (поворота ковша, рукояти и стрелы, а также вращательного движения поворотной платформы) режущие

кромки зубьев ковша могут занимать различные положения в пространстве, совокупность которых называют *рабочей зоной экскаватора*.

Рабочая зона полноповоротного экскаватора представляется частью пространства, ограниченного тороидальной поверхностью, радиальное сечение которой, называемое *осевым продольным профилем рабочей зоны*, представлено на рис. 9.9. По осевому профилю определяют рабочие размеры: максимальные глубину копания $H_{x,max}$, радиус копания на уровне стоянки экскаватора $R_{к-сmax}$ высоту выгрузки $H_{э,max}$ и радиус выгрузки на этой высоте. Подземная часть рабочей зоны реализуется лишь частично в связи с тем, что по условиям безопасности ведения работ СНиП разрешают копать грунт не ближе 1 м от опорного контура экскаватора при внутреннем откосе KL , составляющем с горизонтом угол от 45° (при глубине выемки 3 м и более в песчаных и влажных гравийных грунтах) до 90° (при глубине до 1,5 м в суглинистых, глинистых и лессовидных грунтах).

Для каждой модели экскаватора существует своя оптимальная (по производительности) глубина копания, составляющая примерно $2/3$ максимальной кинематической глубины копания $H_{коп}$ в числе прочих факторов она определяется условиями разработки большего объема грунта с одной стоянки экскаватора, соответствующими минимальному числу его передвижек, а следованно, минимуму затрат времени на подготовку машины к передвижению и на ее установку на новой позиции. Этот фактор особенно важен для пневмоколесных экскаваторов в связи с необходимостью поднимать выносные опоры перед передвижением опускать их на новой позиции.

Копают грунт либо поворотом рукояти при фиксированном на ней ковше от дна выемки вверх, либо поворотом ковша при фиксированных стреле и рукояти, либо одновременно поворотом рукояти и ковша. Чаще всего используют первый способ. В конце операции копания для предотвращения от просыпания грунта из ковша на следующей транспортной операции ковш подворачивают к рукояти, после чего рабочее оборудование поднимают стреловым гидроцилиндром. Поворотное движение платформы начинают после

того как рабочее оборудование будет выведено из выемки. Одновременно с подъемом стрелы маневровыми движениями рукояти и ковша добиваются установки последнего в конце поворота платформы в положение выгрузки.

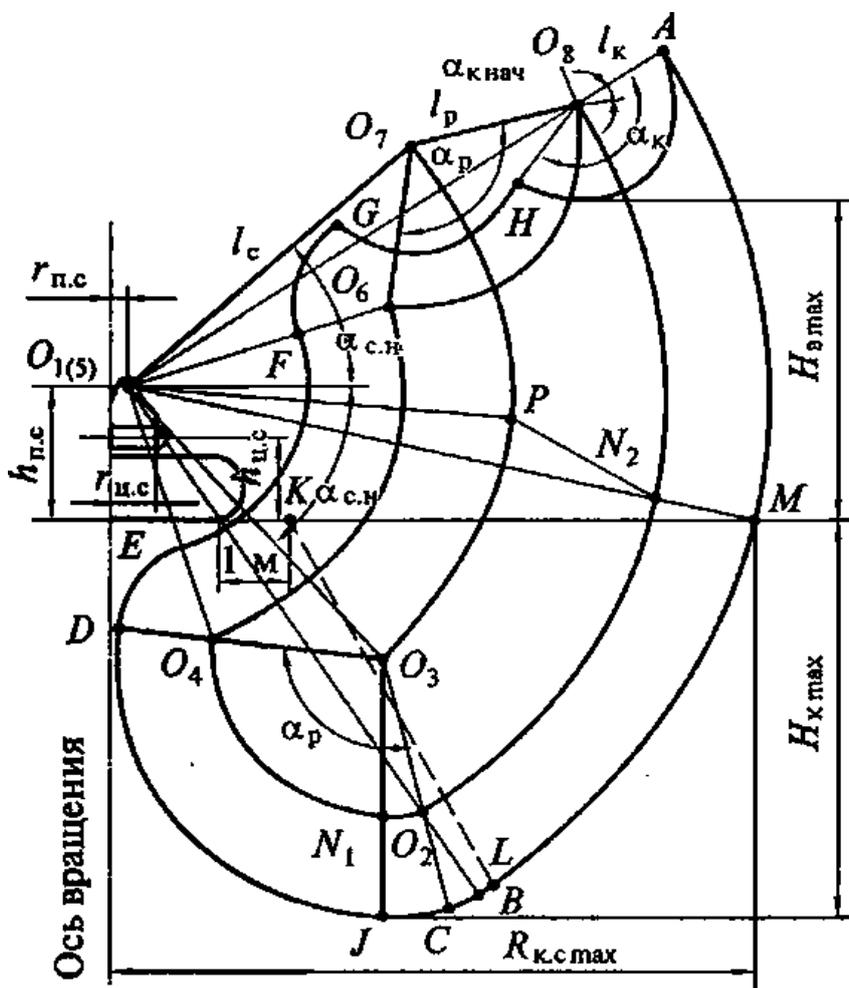


Рис. 9.9. Осевой продольный профиль рабочей зоны гидравлического экскаватора с рабочим оборудованием обратная лопата.

Различают разгрузку в отвал и транспортное средство. В первом случае эта операция не требует полной остановки платформы: разгрузку начинают в конце поворотного движения в прямом направлении и заканчивают в начале возвратного. Во втором же случае во избежание просыпания грунта при его разгрузке требуется четкая координация ковша относительно кузова транспортного средства.

Для этого платформу останавливают и включают на возвратное движение только после полной выгрузки ковша. Разгрузка в транспортное средство

требует большего времени чем разгрузка в отвал, а следовательно, она менее производительна по сравнению с последней.

После разгрузки ковша операция возврата рабочего оборудования на исходную позицию для следующего рабочего цикла аналогична операции транспортирования грунта на разгрузку, но выполняется в обратной последовательности указанных движений.

После отработки элемента забоя в пределах допустимой СНиПами части рабочей зоны экскаватора последний перемещают на новую стоянку (позицию), предварительно сориентировав рабочее оборудование вдоль гусениц. При межпозиционных передвижках пневмоколесных экскаваторов, кроме того, требуется поднять выносные опоры и бульдозерный отвал, если им оборудован экскаватор и на новой позиции установить эти устройства в рабочее положение.

Узбекско-китайское СП UzXCMG в Хорезме республике Узбекистан

В 2014 году согласно Постановления Президента Республики Узбекистан за №ПП-2109 от 10.01.2014 года «О создании совместного предприятия с иностранными инвестициями ООО "UzXCMG"» с акциями в 51% в собственности Китайской стороны, была создано Совместное предприятия "UzXCMG". Согласно данного постановления было поручено создание Совместного предприятия с иностранными инвестициями в форме общества с ограниченной ответственностью "UzXCMG". СП ООО "UzXCMG" было зарегистрировано Хорезмским областным управлением Министерства Юстиций 6 февраля 2014 года.

При этом, для организации производства гидравлических экскаваторов, бульдозеров и другой строительной техники приобретены более 10 ед. современных оборудований, более 100 ед. инструментов и вспомогательных материалов, а также организовано обучения с повышением квалификации персонала СП ООО «UzXCMG» в КНР и получены сертификаты на производства.

С 10 мая 2014 год в городе Ургенч организован этап производства крупно-узловой сборки (SKD). Достижение производственной мощности и развитие СП ООО «UzXCMG» запланировано в три этапа:

1. крупно-узловая сборка (SKD);
2. промышленная сборка (CKD);
3. локализация производства.

На первом этапе производство гидравлических экскаваторов, бульдозеров, дорожной и дорожно-строительной техники запланировано в виде крупно-узловой сборки.

В 2018 году для организации II и III этапов производство параллельно, а также во исполнение Постановление Президента Республики Узбекистан за №ПП-2698 от 26.12.2016 года «О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов локализации производства готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017-2019 годы» от наших партнеров - корпорации «XCMG» были приобретены более 40% оборудование и инструментов для локализации частей (рама, поворотная платформа, стрела, рукоять, ковш) экскаваторов и линии для промышленной сборки.

Переход на второй и третий этапы даст возможность снижения себестоимости выпускаемой СП ООО «UzXCMG» техники, создания новых дополнительных рабочих мест и повышения ценовой конкурентоспособности продукции, экономии валютных средств за счет снижения импорта за счет локализации продукции, повышения доходов предприятия и укрепления позиции предприятия, как на внутреннем, так и на внешнем рынках, а также дальнейшего развития промышленного потенциала республики. Узбекско-китайское СП UzXCMG специализирующееся на производстве гидравлических экскаваторов и строительной техники, а также их обслуживании и до 2019 года было произведено и реализовано более 1000 ед. мелиоративной, строительной и дорожно-строительной техники.

В настоящее время осуществляются работы по приобретению 100% всего оборудования для организации II и III этапов производства и выполнения поставленных задач Правительством страны.



Рис 9.10. Одноковшовые гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием обратная лопата выпускаемых СП UzXCMG.

9.4. Гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием прямая лопата.

На гидравлический экскаватор для разработки грунтов выше уровня стоянки навешивают рабочее оборудование прямая лопата (рис. 9.11, а), состоящее из стрелы, рукояти 3 и ковша 5. Стрела здесь обычно короче, чем у обратной лопаты. Привод стрелы обеспечивается двумя гидроцилиндрами 8, а рукояти - гидроцилиндром 2.

Относительно рукояти ковши могут быть поворотными, неповоротными и челюстными. *Поворотный ковш* может изменять свое положение относительно рукояти, как для установки требуемого угла резания, так и для выгрузки фунта с помощью гидроцилиндра 4, коромысла 7 и тяги 6.

Неповоротные ковши (рис. 9.11, б) устанавливают на рукояти с постоянным углом резания, который может быть изменен заменой тяги 10 соответствующей длины. В нижней части корпуса ковша на шарнире 11

установлено откидывающееся днище 13, закрываемое подпружиненной щеколдой 15. Для разгрузки грунта посредством гидроцилиндра 9 через рычаг 12 и цепь 14 щеколду вдергивают из своего гнезда на корпусе, после чего днище открывается под действием собственной силы тяжести. Захлопывается днище автоматически при опускании ковша в нижнее положение для начала копания.

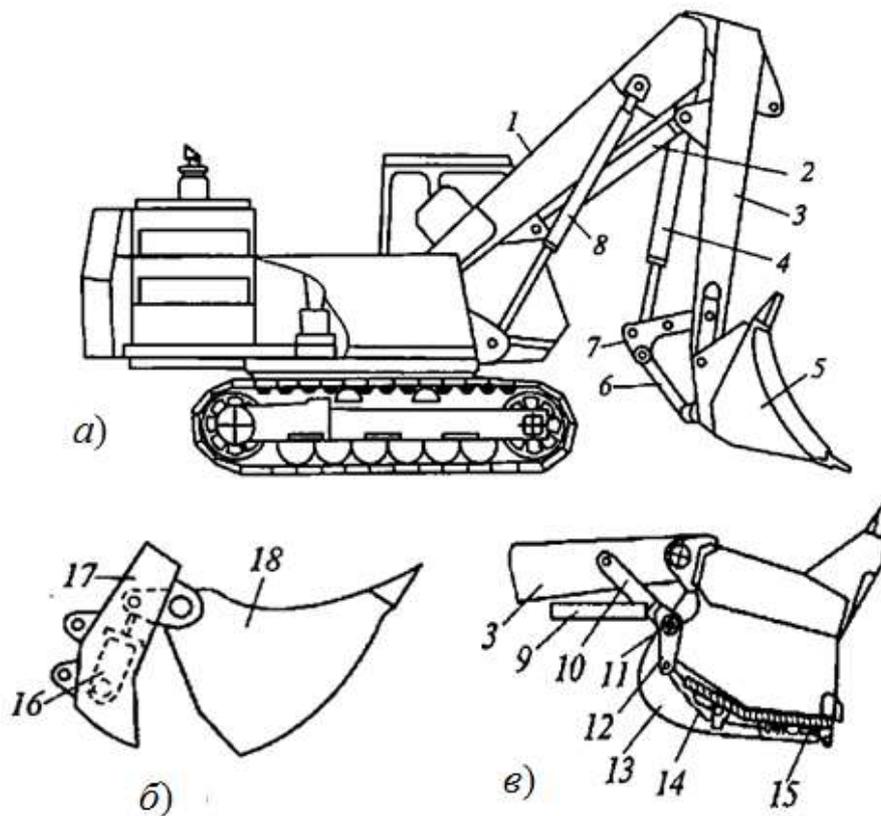


Рис. 9.11. Гидравлический одноковшовый экскаватор с рабочим оборудованием
прямая лопата (а),неповоротный (б) и челюстной (в) ковши.

Челюстной ковш (рис. 9.11. в) состоит из шарнирно соединенных между собой двух челюстей - корпуса 1 и днища 17. В режиме копания и транспортирования грунта челюсти сомкнуты, а для разгрузки грунта они размыкаются гидроцилиндром 16, вмонтированным в днище ковша.

Экскаватор с рабочим оборудованием прямая лопата разрабатывает грунт движением ковша снизу (от уровня стоянки экскаватора) вверх (до верхнего обреза забоя). Максимальная кинематическая высота копания реализуется лишь для маневровых движений. Из-за опасности обрушения грунта копать на этой

высоте нельзя. При копании на максимальном вылете ковша образуются навесы (козырьки), уже начиная с высоты оси пяты стрелы. Соблюдая требования безопасности, высоту забоя можно довести до $2/3$ максимальной кинематической высоты. Хотя кинематика рабочего оборудования позволяет разрабатывать грунт ниже уровня стоянки экскаватора, реализовать это удается крайне редко - лишь на последней по ходу движения позиции экскаватора, так как отрытая перед ним выемка не позволяет экскаватору перемещаться вперед «на забой».

Для копания грунта поворачивают рукоять относительно стрелы, а толщину грунтовой стружки регулируют кратковременными движениями стрелы с перемещением ковша «на забой» или от него. В случае использования поворотных и челюстных ковшей возможна разработка грунта поворотом ковша. Структура рабочего цикла такая же, как и у экскаватора с рабочим оборудованием обратная лопата.

9.5. Погрузочное рабочее оборудование.

Гидравлические экскаваторы с погрузочным оборудованием (рис. 9.12) применяют также для погрузки дробленых и сыпучих материалов. При загрузке ковша последний перемещают по подошве осыпающегося откоса штабеля, работая на малых вылетах. По условиям устойчивости машины и наилучшего использования энергетических параметров ее силовой установки на этих работах их ковши имеют повышенную вместимость (в $1,5...2$ раза больше вместимости ковшей прямых лопат). Для погрузочного оборудования обычно используется корневая секция составной стрелы обратной лопаты 1. Она связана с подвеской ковша 4 посредством рукояти 2 и тяги 3. Рукоять, тяга, стрела и подвеска образуют шарнирный четырехзвенник (параллелограмм), благодаря которому при повороте рукояти относительно стрелы гидроцилиндром 8 подвеска с ковшом совершает плоско-параллельное движение. Дополнительно, управляя положением стрелы с помощью

гидроцилиндра 7, можно добиться поступательного движения ковша по подошве штабеля, менее энергоемкого, чем при внедрении ковша в штабель движением всей машины.

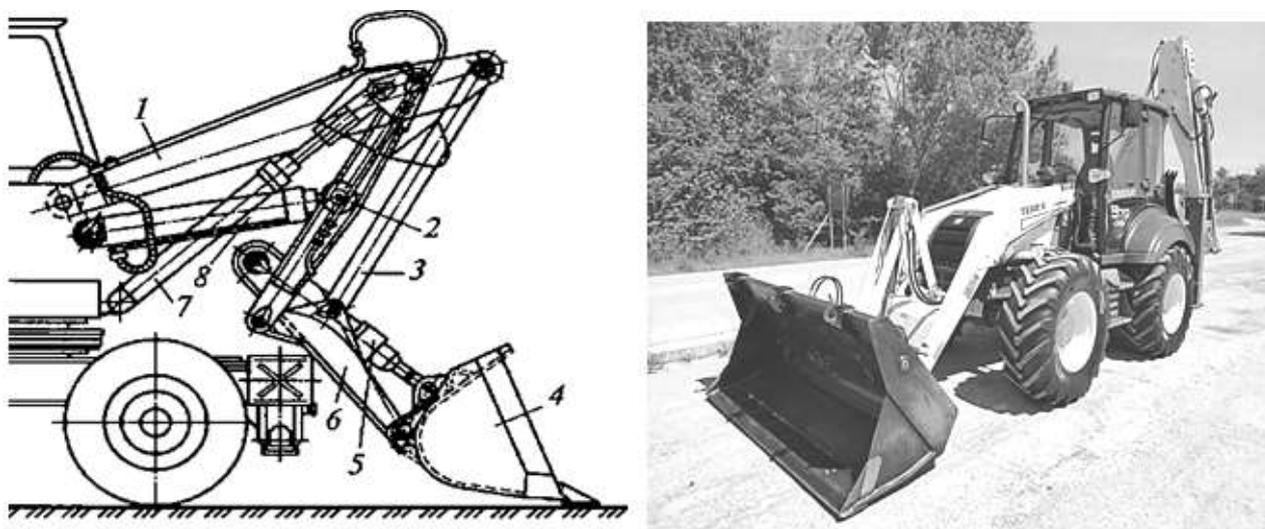


Рис. 9.12. Рабочее оборудование погрузчика.

Структурно рабочий цикл погрузочного оборудования такой же, как у прямой лопаты, но отличается характером рабочих движений. После описанной выше операции заполнения ковша его поворачивают гидроцилиндром 5 в положение транспортировки. Далее стреловым гидроцилиндром 7 поднимают рабочее оборудование с одновременным вращением поворотной платформы до положения разгрузки. Для разгрузки грунта поворачивают ковш, а рабочее оборудование возвращают на позицию следующего рабочего цикла, осуществляя теми же движениями в обратном порядке.

В ряде случаев, например, при разработке слежавшихся или смерзшихся в штабеле материалов, к ведению погрузочных работ предъявляют те же требования безопасности, что и при работе прямых лопат.

9.6. Гидравлические грейферы.

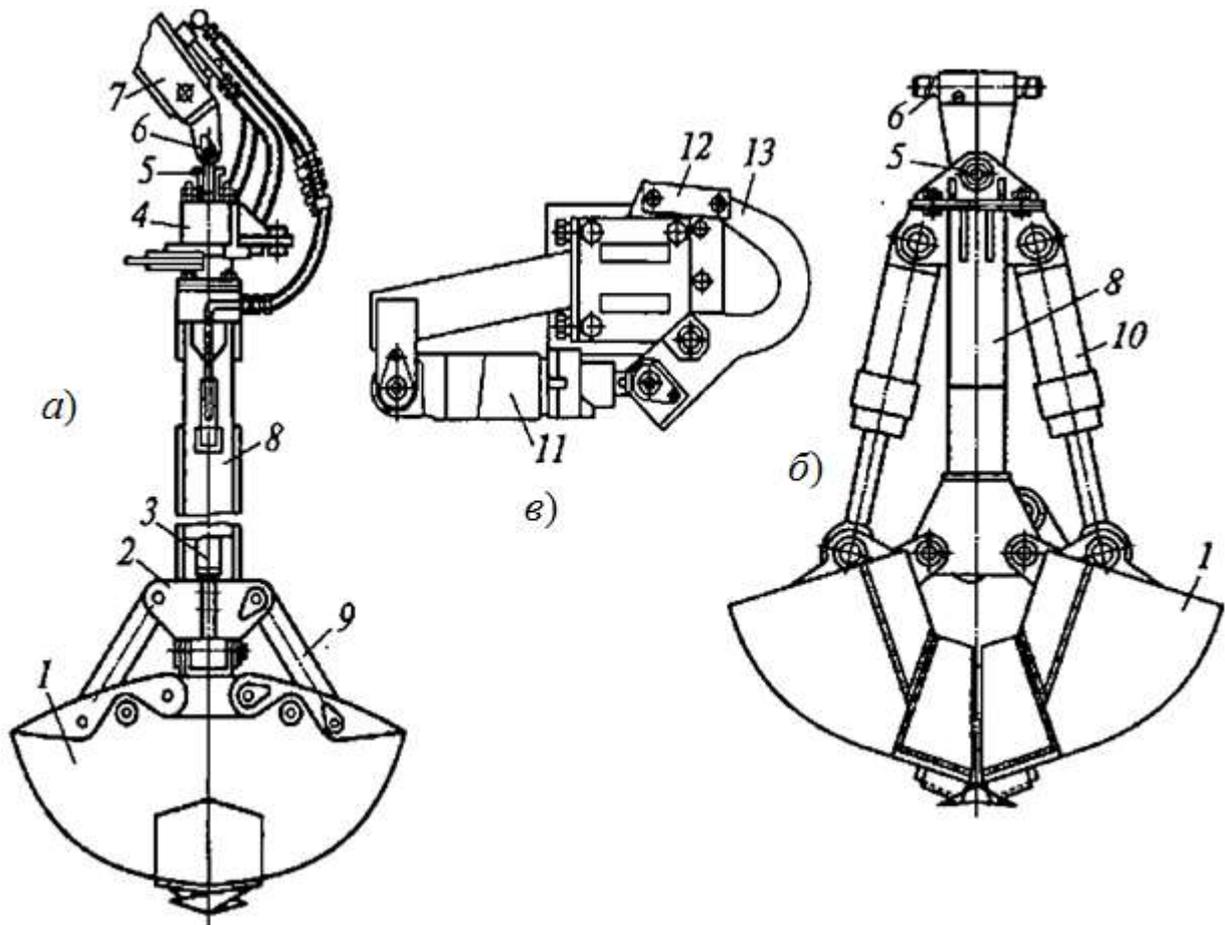
Грейферные экскаваторы имеют свободно подвешенный на стреле специальный ковш - грейфер объемом 1,25...3 м³. Грейферные экскаваторы

применяют для погрузочных работ на усреднительных складах, а также для выемки горных пород из-под воды а также для отрывки глубоких котлованов, очистки водоемов и каналов, погрузки и разгрузки сыпучих материалов. Гидравлические грейферы за счет жесткого соединения его элементов между собой и с рукоятью базовой машины способны воздействовать на грунт с большими, чем канатные грейферы, усилиями, что позволяет им разрабатывать грунты с большими поперечными сечениями срезов, а также более прочные грунты без ограничения скорости сближения челюстей. По сравнению с канатными грейферами это позволяет сократить продолжительность рабочего цикла более чем на 30 % при одновременном увеличении объема разработанного за один рабочий цикл грунта и, в конечном счете, существенно повысить производительность этого вида рабочего оборудования.

Рабочее оборудование (рис.9.13). состоит из двухчелюстного ковша, установленного на нижнем конце штанги 8, которую подвешивают к рукояти 7 обратной лопаты на двух цилиндрических шарнирах 5 и 6, позволяющих ковшу занять отвесное положение. Челюсти 1 раскрываются либо одним, либо двумя гидроцилиндрами. В первом случае гидроцилиндр 3 (см. рис. 9.13. а), помещенный в полую штангу и шарнирно соединенный с ней, приводит в движение траверсу 2, по концам которой на шарнирах подвешены штанги 9, соединенные нижними концами с челюстями. При выдвинутом штоке гидроцилиндра челюсти сомкнуты, при втянутом штоке - разомкнуты. Для начала работы ковш с раскрытыми челюстями опускают на захватываемый материал, после чего их замыкают гидроцилиндром. При этом ковш внедряется в материал и заполняется им. В таком положении ковш поднимают рукоятью из выемки и последующим поворотом платформы устанавливают его в положение разгрузки. Для разгрузки ковша размыкают челюсти. Для работы на больших глубинах штангу 8 удлиняют вставками.

Двухцилиндровый грейфер (см. рис. 9.13.б) отличается от описанного двумя вместо одного гидроцилиндрами 10 привода челюстей, расположенными с двух сторон штанги и соединенными с ней гильзами шарнирно. Штоками

гидроцилиндры соединены с челюстями. Относительно вертикальной оси ковш
 грейфера может быть *поворотными неповоротным*. Поворотный ковш более
 универсален. Он обладает лучшей маневренностью при копании и погрузочно-
 разгрузочных работах, способностью к установке в менее энергоемкое
 положение при разработке грунта. Поворот штанги обеспечивается
 механизмом 4 (см. рис. 9.13. *а*), состоящим из гидроцилиндра 11, рычага 13 и
 тяги 12.



**Рис. 9.13. Рабочее оборудование грейфер с одним (а) и двумя (б) гидроцилиндрами; (в)
 механизм поворота штанги**

Канатные грейферы при захвате грунта реализуют напорное усилие,
 равное разности силы тяжести ковша и усилия натяжения замыкающего каната,
 т.е. на разработку грунта реализуется только часть силы тяжести ковша. Кроме
 того, удовлетворяющая требованиям производства грейферных работ загрузка

ковша обеспечивается при низких скоростях сближения челюстей при действующих на грунт нагрузках, по значению близких к статическим.

С увеличением этих скоростей ковш отрывается от грунта, не успев заполниться. Эти факторы существенно снижают производительность канатного грейферного оборудования и не позволяют грейферу разрабатывать прочные грунты. Ковш грейфера (рис.9.15) состоит из двух челюстей 2, соединенных верхним 6 и нижним 3 шарнирами. На оси верхнего шарнира укреплены неподвижные блоки полиспаста замыкающего каната 8, а к нижнему шарниру прикреплена обойма 4, подвижных блоков полиспаста. Ковш тягами 5 и обоймой 7 подвешен к подъемному канату и снабжен успокоительным канатом 10 с грузом 11, который на тележке может перемещаться по направляющим внутри стрелы. При ослаблении замыкающего каната 8 половинки ковша раскрываются и ковш опускают на породу; при натяжении каната 8 ковш срезает породу зубьями и заполняется, смыкая челюсти. В таком виде его переносят к месту разгрузки и разгружают, ослабляя канат 8. Набор породы обеспечивается наклоном зубьев. Массу ковша увеличивают дополнительными грузами.

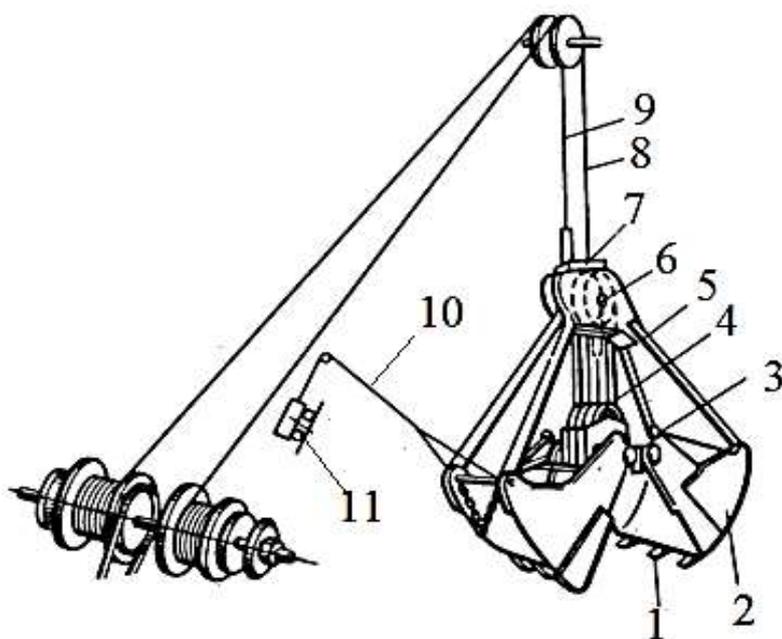


Рис 9.15. Ковш грейфера с канатным управлением.

Когда ковш находится у головы стрелы при натянутых подъемном и замыкающем канатах, он закрыт и его челюсти сведены (сомкнуты) (положение III). (Рис 9.16). Для заполнения ковш опускается на грунт на подъемном канате при ослабленном замыкающем. Раскрытие челюстей (положение I) происходит под действием их веса, т.к. центр тяжести находится около шарнира. Захват грунта челюстями осуществляется после натяжения замыкающего и ослабления подъемного канатов (положение II). Заполненный грунт ковш поднимается на замыкающем канате. Подъемный канат при этом натягивается лишь настолько, чтобы не образовывалось его провисание. Разгрузка ковша (положение IV) осуществляется при вывешивании его на подъемном канате и одновременном ослаблении замыкающего.

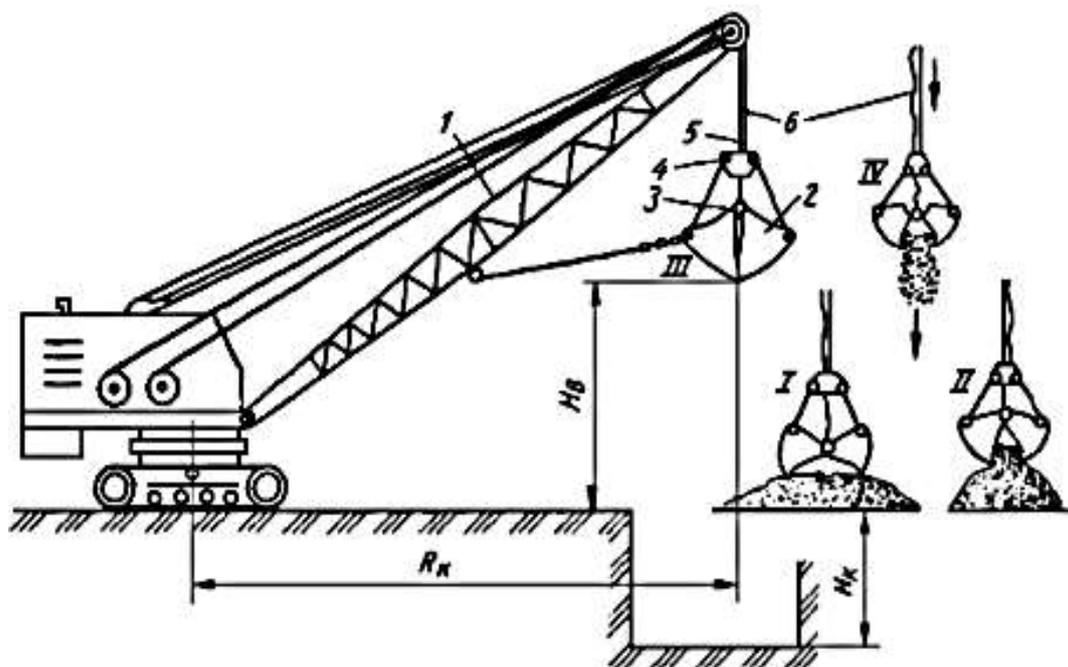


Рис 9.16. Рабочий процесс Экскаваторс рабочим оборудованием грейфера гибкой подвеской.

9.7. Экскаваторы-планировщики.

Экскаваторы-планировщики применяют для планировки горизонтальных земляных поверхностей и откосов, а также для обычных экскавационных работ. Эти экскаваторы имеют малую габаритную высоту, что позволяет эффективно

использовать их в стесненных условиях городской и промышленной застройки, в труднодоступных местах, 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-планировщики широко применяют на рассредоточенных объектах малого объема как универсальные землеройные машины. Наиболее эффективно они работают на планировке и зачистке откосов с углами примерно 45° ниже уровня стоянки при большой протяженности и ширине до 12 м, например, при сооружении откосов у дорог, каналов и т. п. Для этого машину устанавливают на вершине у бровки откоса с возможностью передвижения вдоль него. Экскаватор работает позиционно с короткими передвижками.

Положение ковша в пространстве определяется сочетанием следующих движений: его поворота относительно стрелы, выдвижения (втягивания) подвижной секции стрелы, поворота неподвижной секции стрелы относительно собственной продольной оси, поворота рамы в вертикальной плоскости и поворота платформы экскаватора. Основное движение при планировке земляных поверхностей - втягивание подвижной секции стрелы при установленном в рабочее положение (с определенным углом резания) ковшом. Поворот неподвижной секции стрелы и вертикальные перемещения рамы являются корректирующими. По достижении ковшем крайнего положения (в случае планировки откосов - его бермы), во избежание просыпания грунта при его транспортировании в ковше, последний подворачивают к стреле, гидроцилиндром *б* (см. рис. 9.17) поднимают рабочее оборудование и поворачивают платформу с одновременными маневровыми движениями подвижной секции стрелы с таким расчетом, чтобы к концу поворотного движения ковш оказался в положении разгрузки. Возвращают ковш на исходную позицию следующего рабочего цикла теми же движениями в обратном порядке. Основными рабочими размерами экскаватора-планировщика

являются: максимальный радиус копания R_{max} , глубина H'_{max} и высота H''_{max} копания, а также максимальная высота выгрузки грунта.

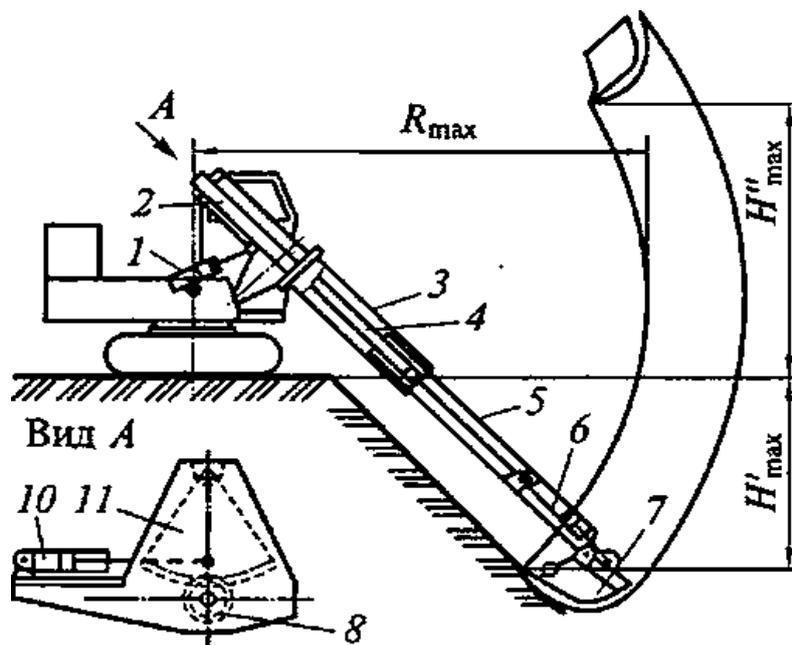


Рис. 9.17. Экскаватор планировщик.

Применение рабочего оборудования на базе шарнирно-рычажных схем гидравлических экскаваторов для планировочных работ требует четкой координации нескольких простых движений, из которых может быть составлено прямолинейное движение режущей кромки ковша. Исключением является рабочее оборудование погрузчика, но оно имеет небольшие перемещения в направлении планируемой полосы. Более просто эта задача решается с помощью телескопического рабочего оборудования экскаватора планировщика (рис. 9.17), состоящего из рамы 2, двух секций стрелы - неподвижной 3 и подвижной 5 и ковша 7. Рама закреплена на поворотной платформе шарнирно и может поворачиваться в вертикальной плоскости гидроцилиндром 1. Неподвижная секция стрелы располагается внутри рамы и может поворачиваться относительно ее продольной оси с помощью установленного на торце рамы механизма, состоящим из приводимого гидроцилиндром 10 зубчатого сектора 11 и соединенного с секцией стрелы зубчатого колеса 8. Выдвижная секция стрелы 5 может выдвигаться из

неподвижной секции и вдвигаться в нее длинноходовым гидроцилиндром 4, размещенным внутри стрелы. Ход стрелы обычно 3...4 м. Ковш 7 закреплен шарнирно на конце подвижной секции. Он может поворачиваться относительно последней гидроцилиндром 6. Основные виды сменных рабочих органов экскаваторов-планировщиков представлены на рис. 9.18.

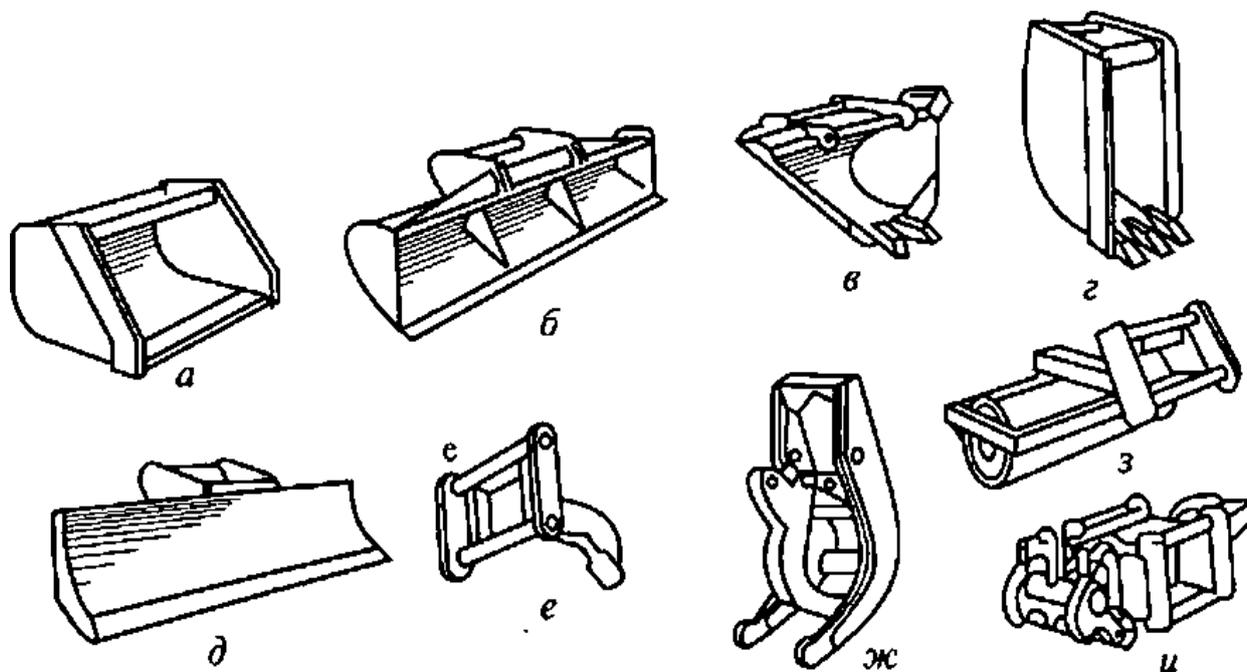


Рис. 9.18. Сменные рабочие органы экскаваторов-планировщиков: *а*-ковши - экскаваторный; *б*-планировочный; *в*-профилировочный; *г*-ковши для дренажных работ; *д*-планировочный отвал; *е* -рыхлитель; *ж*-захватчик; *з*-уплотняющий каток; *и* - приспособление для бокового копания.

9.8. Оборудование для рыхления грунтов.

В качестве сменного рабочего оборудования для рыхления прочных, включая мерзлые, грунтов гидравлические экскаваторы комплектуют оборудованием *рыхлителя* и *гидромолота*. Это оборудование используют также для разрушения скальных пород, взламывания асфальтового покрытия дорог при их ремонте и других работ. Его устанавливают на рукояти обратной лопаты вместо ковша.

Однозубый рыхлитель (рис. 9.19) состоит из литого зуба 1 со сменной коронкой 2, наплавленной твердым сплавом. Гидромолот 2 (рис. 9.19) с рабочим инструментом в виде клина 3 крепят к рукояти обратной лопаты с помощью переходного кронштейна 1.

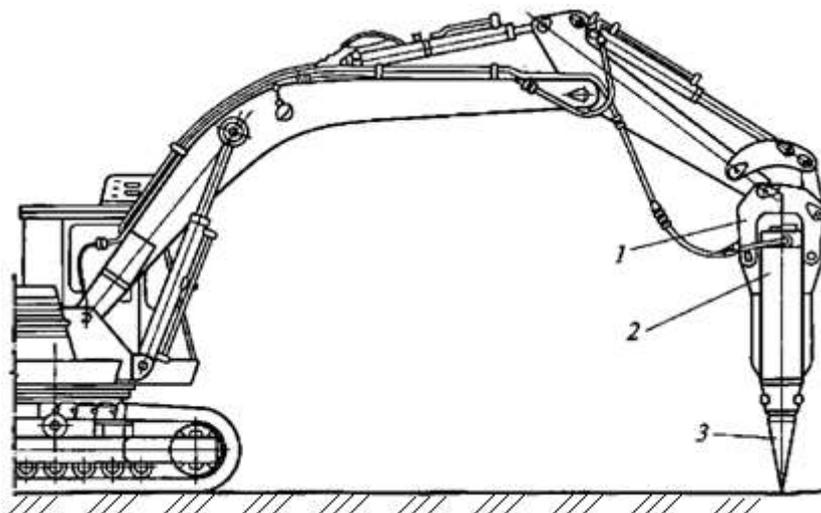


Рис. 9.19. Одноковшовый гидравлический экскаватор с рабочим оборудованием гидромолота.

Кроме однозубых рыхлителей для рыхления мерзлых грунтов, разборки старых зданий, взламывания и погрузки асфальтобетонных покрытий, снятия и укладки дорожных плит, труб, установки колодцев и т. п. применяют *рабочее оборудование захватно-клещевого типа*. Дополнительно к ковшу обратной лопаты на одной оси соединения ковша с рукоятью 2 устанавливают рычаг-рыхлитель с закрепленным на его конце двузубым наконечником. Управляют рычагом с помощью двух гидроцилиндров через тяги. При разработке прочных грунтов, требующих предварительного разрыхления, работают поочередно рычагом-рыхлителем и ковшом.

На первом этапе - разрыхлении грунта - ковш отводят в крайнее отвернутое от рукояти положение и работают рычагом-рыхлителем. На втором этапе рычаг переводят в крайнее подвернутое к рукояти положение и загружают ковш разрыхленным грунтом, как обычной обратной лопатой.

Возможна также разработка грунта одновременно ковшом и рыхлителем при их встречном движении.

9.9. Неполноповоротные гидравлические экскаваторы.

Экскаватор ЭО-2621В-3 (рис.9.20) является тракторной машиной и предназначен для земляных работ в грунтах I-III категорий и погрузочных работ на небольших строительных и других площадях. Машина имеет два вида рабочего оборудования - экскаваторное и бульдозерное.

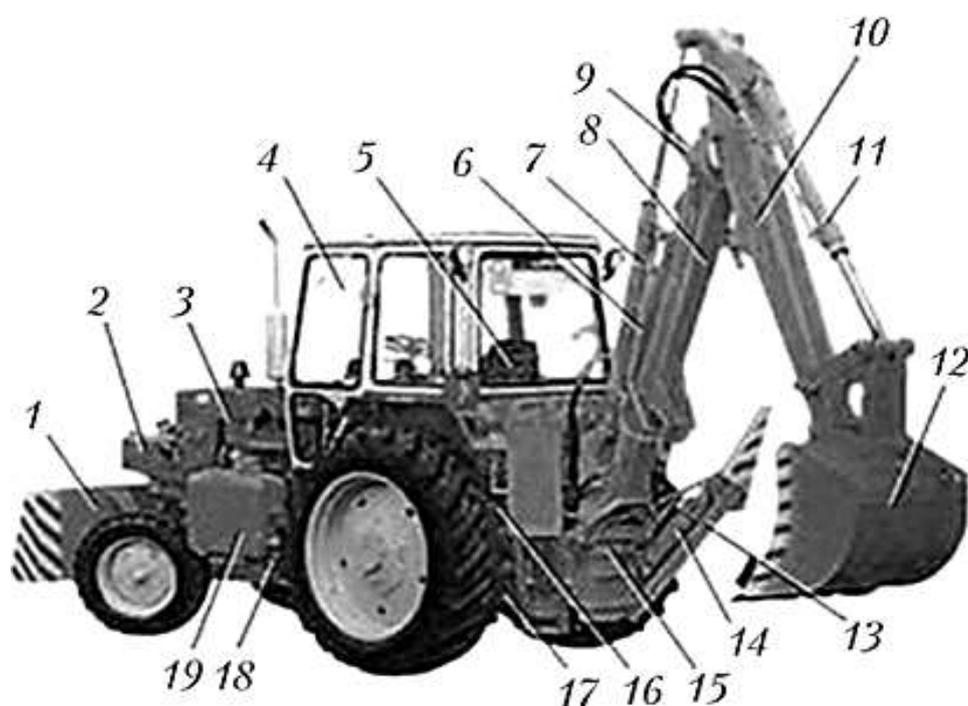


Рис 9.20. Экскаватор ЭО-2621В-3:1 - бульдозер; 2 - топливный бак; 3 - трактор; 4 - кабина; 5 - сиденье; 6 - гидроцилиндр стрелы; 7 - гидроцилиндр рукояти; 8 - стрела; 9 - трубопроводы гидросистемы; 10 - рукоять; 11 - гидроцилиндр ковша; 12 - ковш; 13 - выносная опора; 14 - гидроцилиндр выносной опоры; 15 - поворотная колонна; 16 - механизм поворота; 17 - обвязочная рама; 18 - насосная установка; 19 – масляный бак.

Основным рабочим органом экскаваторного оборудования является унифицированный ковш прямой и обратной лопат. Кроме того, по специальному заказу экскаватор может быть оснащён погрузочным ковшом,

крановой подвеской, вилами, грейфером и обратной лопатой со смещённой осью копания.

Бульдозерное оборудование, установленное в передней части трактора, используется для засыпки траншей, очистки дорог от снега, сгребания строительного мусора, а также для работы с лёгкими грунтами.

На обвязочной раме 17, закреплённой на тракторе 3, смонтированы поворотная колонна 15 и механизм поворота 16 экскаваторного оборудования. Оно состоит из стрелы 8, рукояти 10 и ковша 12. Управление стрелой осуществляется гидроцилиндром стрелы 6, ковшом - гидроцилиндром ковша 11, а рукоятью - двумя гидроцилиндрами рукояти 7. Запас масла для работы гидросистемы находится в баке 19. Масло из масляного бака 19 гидросистемы к гидроцилиндрам 6, 7 и 11 подаётся под давлением от насосной установки 18 по металлическим трубопроводам гидросистемы 9 и по гибким шлангам, соединяющих трубопроводы.

Для повышения устойчивости экскаватора и уменьшения нагрузки на трактор во время работы используются две выносные опоры 13. Их опускание при работе экскаватора и подъём во время движения трактора обеспечивается с помощью двух гидроцилиндров выносных опор 14

Бульдозерное оборудование состоит из бульдозера 1, рамы, закреплённой в передней части трактора 3 и гидроцилиндра, с помощью которого отвал бульдозера может быть установлен на разной высоте. Крепление бульдозера выполнено таким образом, чтобы разгрузить остов трактора. Кроме основного назначения, бульдозер является противовесом.

Управление экскаватором осуществляется машинистом из кабины 4 трактора с помощью гидрораспределителя. Сиденье 5 машиниста может поворачиваться на 180°. В одном его положении машинист управляет трактором при передвижении, а в другом - работой экскаватора. Для удобства обслуживания топливный бак 2 вынесен в переднюю часть трактора.

Таблица 9.3.

Технические характеристики тракторных экскаваторов.

Показатели	Единицы измерения	Значения показателей		
		ЭО-2621А	ЭО-2621В-2	ЭО-2621В-3
Базовый трактор		ЮМЗ-6Л	МТЗ-80	Беларус 82 (МТЗ-82.1)
Двигатель:				
- марка	—	Д-65Н	Д-245.5	Д-243
- мощность	кВт	41,5	44,3	44(57,5)
Скорость передвижения	км/ч	1,9...19,0	до 20	
Преодолимый уклон пути	град	10	13	
Угол поворота рабочего оборудования	град	160	180	
Эксплуатационные показатели				
Обратная лопата				
Вместимость ковша	м ³	0,25		
Радиус копания	м	5,0	5,3	
Высота выгрузки	м	2,2	зд зд	
Глубина копания	м	4,2	4,15	4,15(4,25)
Максимальное усилие на зубы ях	кН	26	35	
Продолжительность рабочего цикла	с	18	21	
Прямая лопата				
Вместимость ковша	м ³	0,25		
Радиус копания	м	4,7	5	0
Высота выгрузки	м	3,3	—	4,5
Высота копания	м	4,7	4,2	
Максимальное усилие на зубьях ковша	кН	25	35	
Продолжительность рабочего цикла	с	15	16,5	16
Крюковая подвеска				
Высота подъёма	м	3,8	—	

Вылет при наибольшей высоте подъема	м	2,3	—
Грузоподъемность	т	0,5	—
Вилы			
Высота выгрузки		3,3	—
Грузоподъемность		0,4	—
Габаритные размеры:			
- длина	м	6,48	7,0
- ширина	м	2,10	2,5
-высота	м	3,9	3,8 I 3,8 (3,9)
Масса	кг	5700	6100
Обслуживающий персонал	чел.	Машинист-экскаваторщик	

9.10. Экскаваторы с гибкой подвеской рабочего оборудования. (канатные экскаваторы).

Эти экскаваторы представляют собой полноповоротные машины (рис. 9.21) с однодвигательным и многодвигательным (дизель-электрическим) приводом. На поворотной платформе таких машин смонтирована двуногая опорная стойка, несущая стрелоподъемный полиспаст. Промышленность выпускает строительные экскаваторы с однодвигательным приводом 3...5 размерных групп, с многодвигательным 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. 9.21, а) разрабатывает грунт в забое, расположенном выше уровня стоянки машины, и состоит из стрелы 1, рукояти 5 и ковша 6 с открывающимся днищем. Ковш

шарнирно соединен с рукоятью и может быть установлен в нужное положение с помощью тяг 7. В процессе работы в забое это положение ковша относительно рукояти остается неизменным. Стрела нижним концом шарнирно соединена с проушинами, расположенными в передней части платформы. Другим концом стрела там, где она имеет головные блоки 4, подвешена стрелоподъемными канатами 3 к двуногой стойке, размещенной на платформе. С помощью этих канатов стрелу при копании устанавливают под углом $45 \dots 60^\circ$ к площадке, на которой стоит машина в забое. В процессе работы этот угол установки стрелы не меняют.

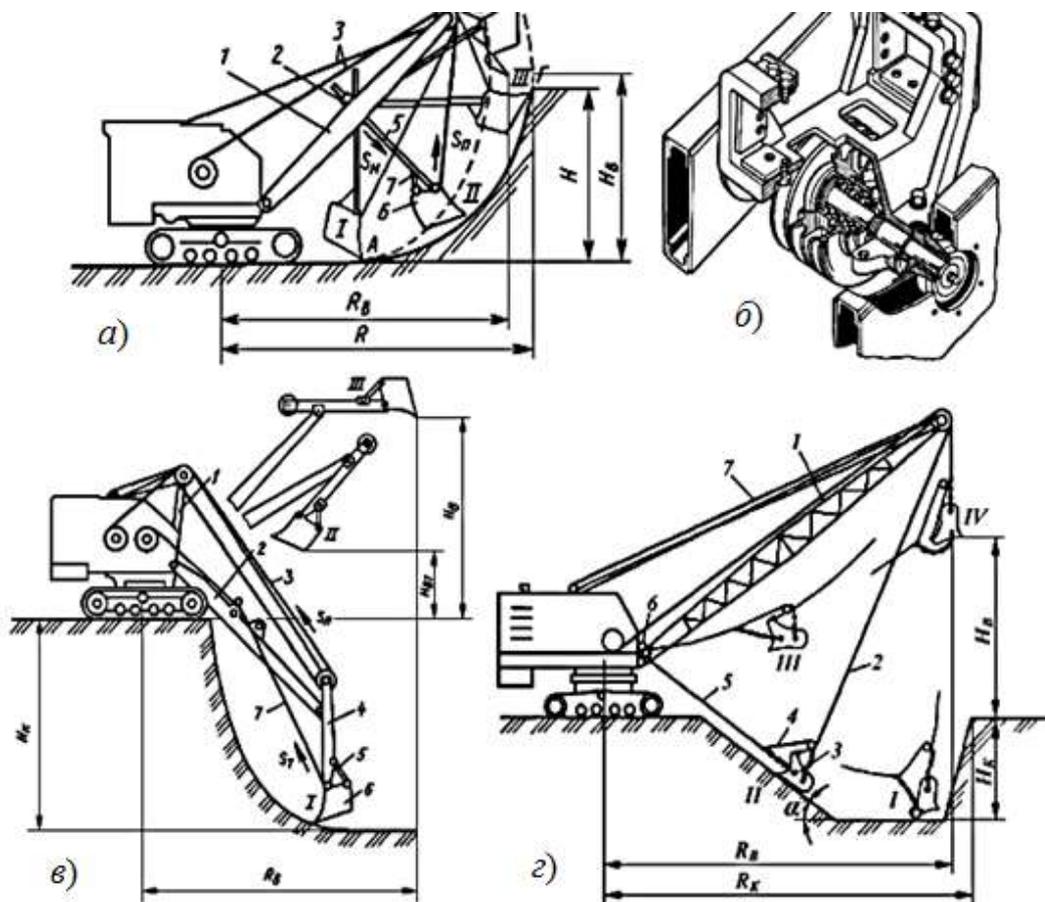


Рис.9.21. Экскаваторы с гибкой подвеской рабочего оборудования: *а* – прямая лопата; *б* – седловой подшипник прямой лопаты; *в* – обратная лопата; *г* – драглайн.

В средней части к стреле посредством седлового подшипника 2 (рис. 9.21, б) шарнирно присоединена рукоять с ковшом. Подшипник позволяет рукояти

совершать возвратно-поступательные движения вдоль ее оси и поворачиваться относительно стрелы в вертикальной плоскости.

Привод механизмов может быть как одно моторным *групповым* от ДВС, так *имномоторным* дизель-электрическим или с питанием от внешней электросети.

Групповой привод (рис. 9.22) состоит из приводимой дизелем 21 через муфту сцепления 22 главной трансмиссии и подключаемых к ней фрикционными муфтами трансмиссий механизма подъема ковша, напорного и стрелоподъемного механизмов, механизмов поворота платформы и передвижения. Главная трансмиссия включает цепную передачу 23, зубчатые колеса 24, 21 и 35. Барабан 39 лебедки подъема ковша подключают к главной трансмиссии ленточной фрикционной муфтой 41. Удерживают ковш на любой высоте ленточным тормозом при отключенной муфте 41. Опускают ковш гравитационно, растормаживая барабан 39. Напорный механизм, состоящий из цепной передачи 38 и напорного барабана 43, установленного соосно с шарниром пяты стрелы, включают на выдвижение рукояти ленточной муфтой 36, а на возвратное движение - конусной фрикционной муфтой 28 при включенной на звездочку кулачковой муфте 31. Возвратное напорное движение передается напорному барабану через цепные передачи 30 и 38. Рукоять фиксируют в любом положении ленточным тормозом 37 при отключенных муфтах 36 и 31. Стрелоподъемный барабан 32, оборудованный тормозом 33, включают на подъем стрелы муфтой 28 при включенной на барабан кулачковой муфте 31. Опускают стрелу гравитационно после растормаживания барабана 32 при включенной главной передаче. Частота вращения барабана и, следовательно, скорость опускания стрелы ограничиваются при этом обгонной муфтой 42, с которой барабан 32 связан цепной передачей 34.

Механизмы поворота и передвижения приводятся через реверсивный механизм и подключаются к нему конусными фрикционными муфтами 25 и 26: одной - на прямое, другой - на возвратное движение. Для работы поворотного механизма предварительно должна быть включена кулачковая муфта 19. Тогда

движение будет передаваться по кинематической цепи 16—17 или 15—14 (две скорости) и далее через зубчатую пару 14—13 к шестерне 12, находящейся в постоянном зацеплении с неподвижным зубчатым венцом 10, расположенным на ходовой раме, обегая вокруг которого, шестерня с ее валом приводит во вращение поворотную платформу. Для остановки движения и стопорения платформы служит тормоз 18.

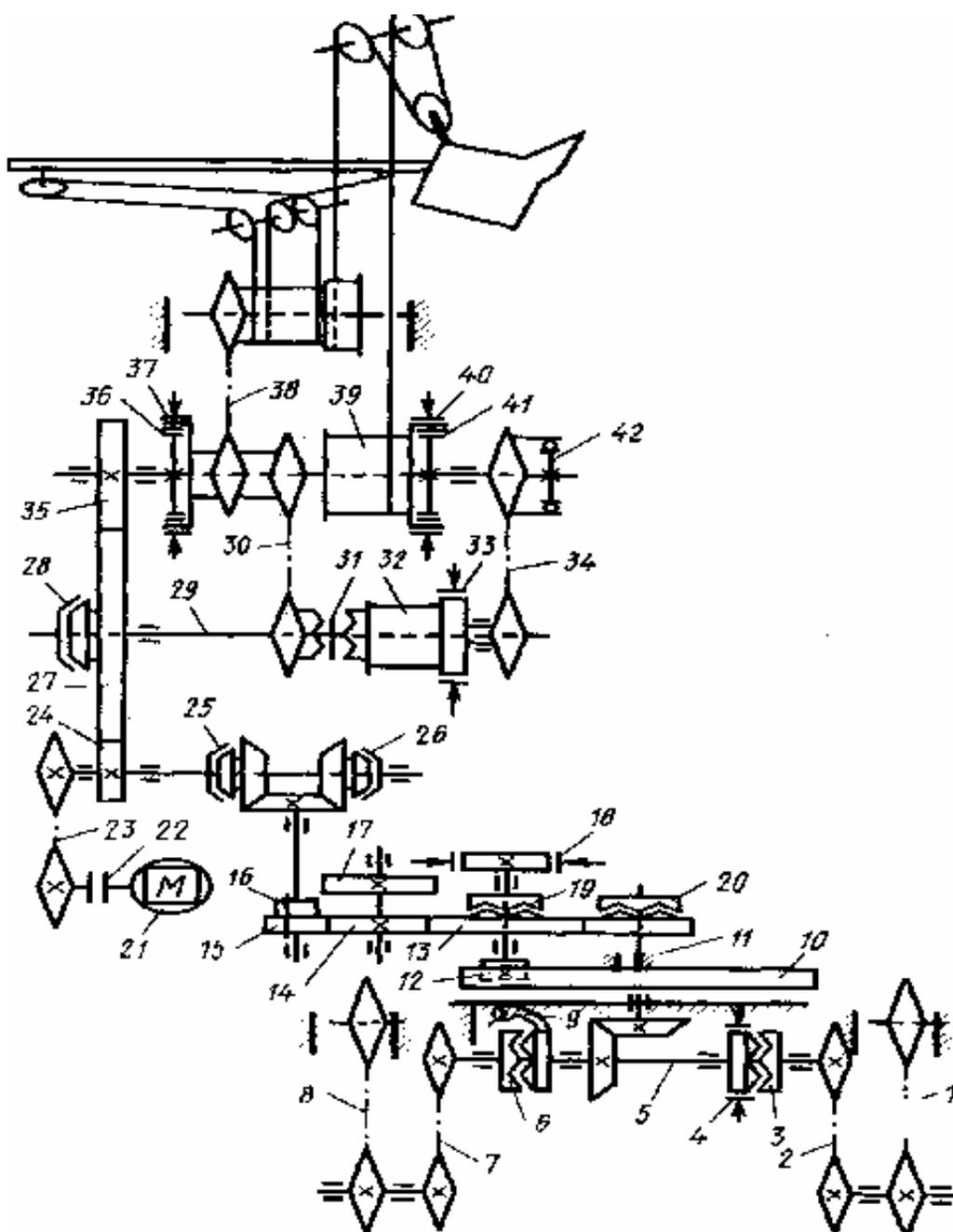


Рис. 9.22. Кинематические схемы одноковшовых гусеничных экскаваторов с рабочим оборудованием прямая лопата.

Предварительно включенный кулачковой муфтой 20 механизм передвижения гусеничного экскаватора приводится также от реверсивного механизма. От вертикального вала 11, расположенного центрально относительно зубчатого венца 10, движение передается горизонтальному валу 5 через коническую зубчатую передачу. При включении двух кулачковых муфт 3 и 6 движение передается ведущим звездочкам через цепные передачи соответственно 1, 2 и 7, 8, а при включении только одной из указанных муфт - только одной ведущей звездочке (режим поворота при передвижении). Механизм передвижения оборудован тормозом 4 и стопором 9, используемым для стопорения механизма в режиме экскавации.

При многомоторном приводе кинематические схемы существенно упрощаются. Так, на дизель-электрическом экскаваторе только две пары механизмов - подъема ковша и стрелы, а также ходового устройства - приводятся от одного электродвигателя на каждую пару, остальные механизмы имеют индивидуальный привод. Все электродвигатели реверсируемые, благодаря чему отпадает необходимость в механическом реверсе. Объединение механизмов подъема ковша и стрелы в одну группу обосновано весьма редким использованием стрелоподъемного механизма. Их барабаны посажены на один вал и включаются раздельно фрикционными муфтами.

Ходовой механизм выполнен в виде двух четырехступенчатых редукторов, быстроходные валы которых с помощью кулачковых муфт подключаются к электродвигателю совместно - при прямолинейном передвижении или раздельно - при разворотах. Каждая из гусениц ходового устройства может также приводиться в движение независимо от другой собственным двигателем, что повышает маневренность машины, поскольку при включении одного двигателя на прямое, а второго - на возвратное движение - экскаватор разворачивается относительно собственной оси. Недостатком раздельного привода гусениц является повышенная суммарная установочная мощность электродвигателей, которую назначают исходя из условия обеспечения поворотного движения только одним двигателем, в то время как

второй двигатель в этом движении не участвует. В случае же привода обеих гусениц одним электродвигателем при остановке одной гусеницы вся его энергия направляется на привод второй, движущейся гусеницы.

Весь привод напорного механизма с зубчато-реечными парами монтируют на стреле, чем обеспечивается его компактность. Так же компактно, в зоне шестерни, обегавшей зубчатый венец, установлен на поворотной платформе механизм ее поворота.

Рабочий цикл канатных прямых лопат аналогичен рассмотренному ранее рабочему циклу гидравлических экскаваторов с тем же видом рабочего оборудования. Для начала копания на новой стоянке ковш устанавливают возможно ближе к базовой части. Далее подъемным полиспастом его перемещают по забою снизу вверх, регулируя толщину грунтового среза (стружки) напорным движением. После выхода ковша за верхний обрез забоя (номинально - выше оси напорного вала) включают механизм поворота платформы, не прекращая при этом подъемного движения, которым вместе с напорным и поворотным движением ковш устанавливают в положение разгрузки, после чего открывают его днище. Остальные положения относительно разгрузки и возврата ковша в забой остаются прежними. По мере выработки грунта с одной стоянки (позиции) экскаватора начальное положение ковша постепенно удаляется от базовой части. После отработки элемента забоя в пределах досягаемости рабочего оборудования экскаватор перемещают на новую позицию в направлении забоя.

Рабочее оборудование прямого копания из канатных экскаваторов в настоящее время в строительстве эксплуатируются машины с рабочим оборудованием *прямая лопата, драглайни грейфер*. Все другие виды канатного рабочего оборудования практически полностью вытеснены более прогрессивными гидравлическими аналогами.

Экскаватор с оборудованием обратной лопаты (рис. 9.21, в) предназначен для рытья траншей и котлованов, расположенных ниже уровня его стоянки. Рабочее оборудование обратной лопаты состоит из ковша б,

рукояти 4, стрелы 2, передней стойки 1 и полиспастов: тягового 7, подъемного 3 и стрелового (для удержания передней стойки). Ковш шарнирно прикреплен к рукояти. Его положение фиксируется с помощью тяг 5. Наполнение ковша, врезаемого в грунт под действием веса рабочего оборудования, происходит при подтягивании его к экскаватору тяговым полиспастом 7 и одновременном ослаблении натяжения подъемного полиспаста 3. Выгрузка грунта из ковша осуществляется поворотом рукояти от забоя при ослаблении тягового полиспаста и подъеме рабочего оборудования подъемным полиспастом.

Положение ковша при копании грунта в забое, повороте на выгрузку и при выгрузке (положения I, II и III) достигается приложением к ковшу и верхнему концу рукояти через канаты 7 и 3 соответственно тягового S_T и подъемного S_H усилий. Для снижения усилия S_H в подъемных канатах и простоты направления последних на барабан лебедки в передней части платформы установлена дополнительная стойка 1.

Экскаватор с оборудованием драглайн. Драглайном называют рабочее оборудование одноковшового экскаватора с ковшом, подвешенным к стреле на подъемном канате и перемещаемым при копании грунта тяговым канатом. Драглайном принято также называть экскаватор с одноименным рабочим оборудованием. Эти машины применяют для разработки грунтов преимущественно ниже уровня стоянки при отрывке котлованов и траншей, для подводной разработки выемок, а также для погрузки и разгрузки сыпучих и дробленых строительных материалов. Мощные шагающие драглайны используют для добычи полезных ископаемых открытым способом и на вскрышных работах. Отечественная промышленность выпускает строительные драглайны с ковшами вместимостью 0,3...3 м³, а шагающие - с ковшами 5...100 м³.

Грунт разрабатывают перемещением ковша тяговым канатом вдоль забоя (положения I, II, III, рис. 9.21 и 9.23), после чего ковш поднимают подъемным канатом, подтягивая его к стреле (положение IV) и перемещая затем к ее головной части с одновременным поворотом платформы. При этих перемещениях ковш удерживается в положении, исключающем просыпание

грунта, за счет разгрузочного каната 9, огибающего блок 3 и соединенного одним концом с тяговым канатом, а вторым — закрепленного на арке ковша. При разгрузке ковша отпускают тяговый канат, вследствие чего он опрокидывается зубьями вниз (положение У, рис. 9.24). При пионерной выемке форма забоя определяется контуром $ABCD$ или $A'B'C'D$ при действии центробежных сил в процессе вращательного движения поворотной платформы. После отработки пионерной выемки экскаватор перемещают на новую позицию, с которой может быть разработана выемка с предельным контуром $A'B''C''D''$ и т.д. до получения требуемой глубины H . Предельное значение этого размера H_{\max} , а также радиуса копания R_{\max} ограничивается длиной стрелы и углом выходного (внутреннего) откоса.

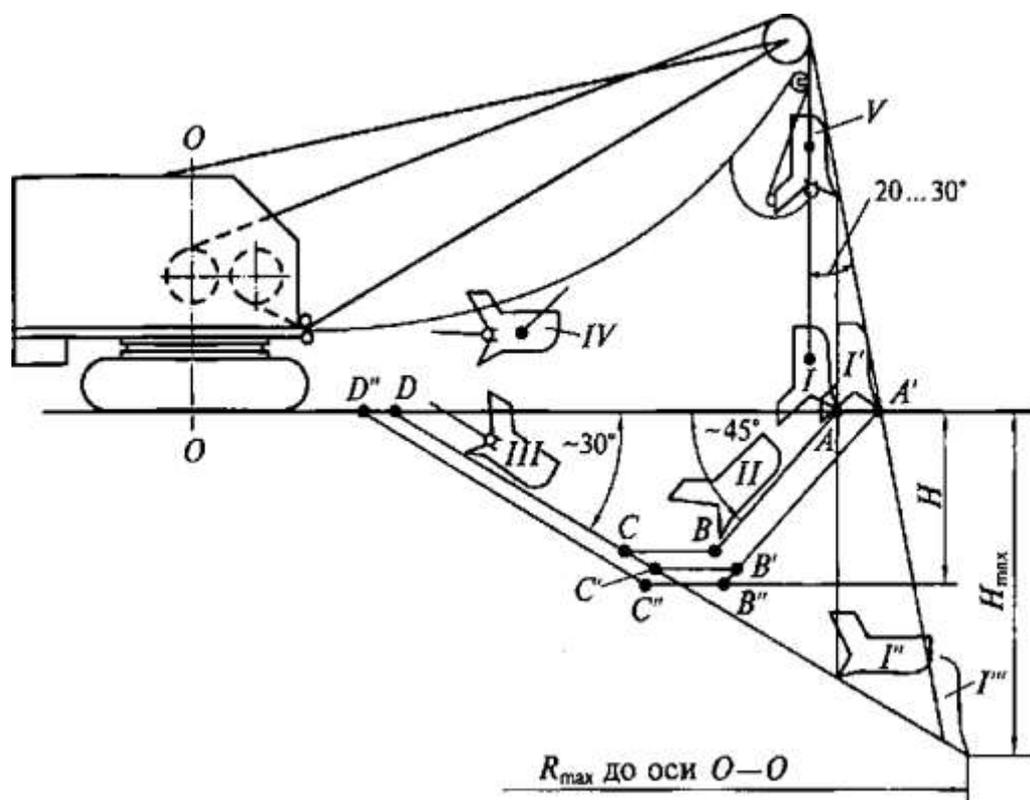


Рис. 9.23. Рабочий процесс драглайна.

Драглайны работают преимущественно с разгрузкой в отвал. Разгрузка грунта в транспортное средство возможна, но она резко снижает производительность экскаватора из-за необходимости выполнять эту операцию

после полной остановки поворотного движения и пониженных скоростей последнего во избежание раскачки ковша.

Для эффективной разработки различных по прочности грунтов петли для крепления к ковшу тяговых цепей делают переставными, устанавливая их в верхнее или нижнее положения при разработке соответственно легких и прочных грунтов. Такой регулировкой достигается определенная толщина стружки - большая для легких, меньшая - для прочных грунтов. В отличие от лопат, регулирующих толщину стружки напорным усилием, ковш драглайна лишен такой возможности - прижимающим его к забою является только нормальное усилие, являющееся частью его веса. При этом толщина стружки оказывается меньше, чем у лопат, в связи с чем для наполнения ковша соизмеримой с ковшами лопат вместимости требуется больший путь его перемещения по забою.

Ковш драглайна (рис. 9.24, а) имеет днище с режущей передней кромкой, выполненной в виде дуги 10 или снабженной зубьями. Зубья направлены вперед и вниз. Две боковые стенки 1 и задняя стенка соединены между собой сваркой. В некоторых случаях при работе машины в обводненных грунтах или при углублении водоемов в хвостовой части ковша имеются отверстия. К проушинам передней части боковых стенок, соединенных аркой 7, крепят тяговые цепи 8, а к ним – тяговый канат 9. К подъемному канату 5 ковш крепят подъемными цепями 3 при помощи подъемных проушин 2 и опрокидного блока 4. При натяжении тягового каната 9 благодаря разгрузочному канату 6 ковш занимает горизонтальное положение, срезает грунт и, приближаясь к экскаватору, заполняется. Поднимаясь на канате 5 при натянутом канате 9, ковш остается в горизонтальном положении. При ослаблении тягового каната ковш наклоняется и опорожняется. Цепи по сравнению с канатами обладают большей гибкостью и износостойкостью. Устройство для наводки тягового каната (рис.9.25, б) на строительных экскаваторах имеет по два блока с осями в горизонтальном 2 и вертикальном 5 направлениях. Они установлены в одном литом корпусе 1, связанном с платформой с помощью вертикальной оси 4. В

передней части корпуса перед блоками 2 установлены два вертикальных ролика 3. Стрелы на драглайнах средней и большой мощности в настоящее время чаще выполняют трехгранными. В настоящее время такие и более мощные драглайны применяются на вскрышных работах. Каждая из граней представляет собой ферму. В плане такая стрела имеет вид треугольника. Поясные элементы нижней грани внизу заканчиваются пятами для присоединения стрелы к платформе. Раскосы ее здесь образуют окно для пропуска тяговых канатов.

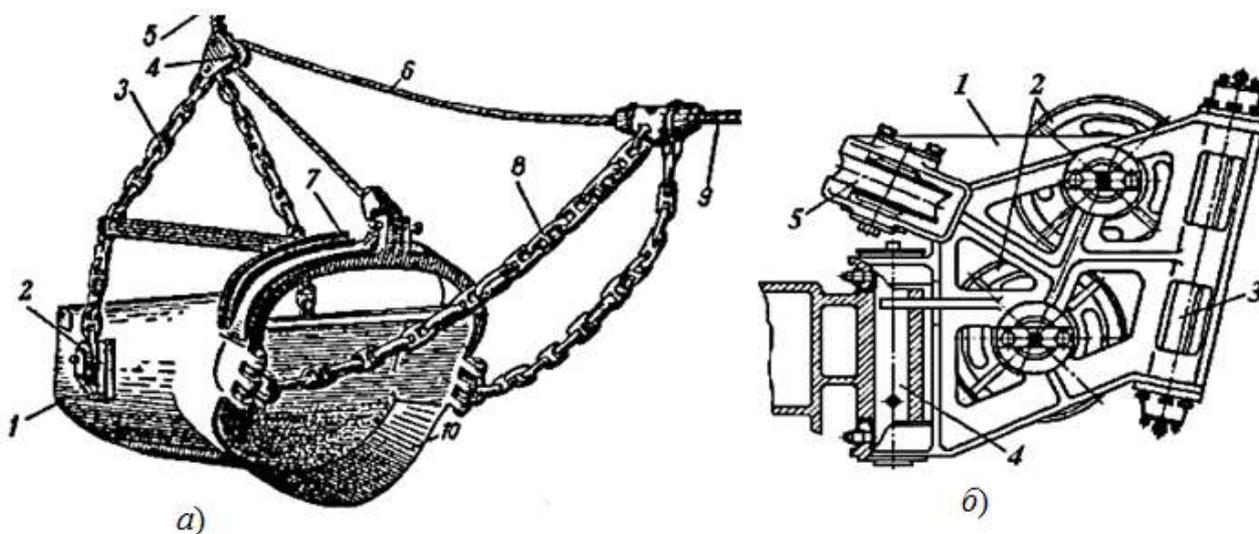


Рис. 9.25. Ковш (а) и устройство для наводки тягового каната (б) драглайна.

При переоборудовании строительного универсального одноковшового экскаватора с прямой лопаты на драглайн заменяют его рабочее оборудование, устанавливают направляющее блочно-роlikовое устройство у пяты стрелы и переоборудуют напорный механизм в тяговый.

Мощные шагающие драглайны отличаются от описанных большими размерами и массой, индивидуальным приводом рабочих механизмов и ходовым оборудованием. Основные механизмы этих экскаваторов приводятся в движение электродвигателями постоянного тока, питаемыми от сети переменного тока высокого напряжения через сетевой двигатель переменного тока и генераторы постоянного тока.

Техническая характеристика одноковшовых гидравлических экскаваторов дано в таблице 9.4 и 9.5.

Таблица 9.4.

Техническая характеристика одноковшовых гидравлических экскаваторов.

Наименование показателей	Марка экскаватора								
	GLG205C	GLG225C	GLG925LL	JYL210E	JY210E	JY230E	JY ELD	JY230 ELB	HXW230LC
Тип привода	гидравлический								
Двигатель марка	Камминз 6BTA 5.9-C173								
Мощность, кВт.	108	108	115	108	126	126	126	126	124
Вместимость ковша, м ³	0,8	0,95	0,5	0,5	0,9	1,0	0,8	0,45	0,53
Наибольшая радиус копания, м	9,82	12,2	15,56	9,42	10,0	10,4	10,4	15,0	15,33
Наибольшая глубина копания, м	6,35	8,55	11,78	6,15	6,15	7,05	7,05	11,0	11,35
Наибольшая высота выгрузки, м.	6,73	8,45	11,09	6,98	6,98	7,15	7,15	10,0	11,17
Масса, т.	26,0	21,5	26,0	21,0	21,0	23,0	23,0	24,1	22,83
Тип ходового устройства	Гусеничный			колесный	гусеничный				

Таблица 9.5.

Наименование показателей	Марка экскаватора					
	ЕК-1860	ЕК2027	ЕК2028	ЕТ2028	ЭО4225	ЭО4121
Тип привода	Гидравлический					
Двигатель марка	ЯМЗ 236 Г-5				ЯМЗ 238ГМ2	А-01М
Мощность, кВт.	90,5	132	132	110	125	95,6
Вместимость ковша, м ³	1,0	0,65	1,0	0,45	0,6	0,65 0,8

Наибольшая радиус копания, м	9,1	11,5	9,3	15,0	9,3	8,8
Наибольшая глубина копания, м	5,7	8,1	5,8	11,0	6,0	5,8
Наибольшая высота выгрузки, м.	6,2	8,0	6,2	9,5	5,1	6,0
Масса, т.	18,0	21,0	20,1	27,4	25,4	20,9
Тип ходового устройства	Колесный			гусеничный		

Контрольные вопросы.

1. Какие машины называют одноковшовыми экскаваторами? Из каких операций состоит их рабочий цикл? Охарактеризуйте эти операции. Что такое большой цикл? Приведите классификацию одноковшовых экскаваторов. Какие сменные виды рабочего оборудования могут быть установлены на одноковшовых экскаваторах? Чем отличаются специальные экскаваторы от универсальных? Приведите сравнительную оценку гидравлических и канатных экскаваторов.

2. Каковы особенности использования в конструкциях одноковшовых экскаваторов пневмоколесных, гусеничных и шагающих ходовых устройств? Какие виды экскаваторов оборудованы полноповоротными и неполноповоротными устройствами? одномоторной силовой установкой и многомоторным приводом?

3. Назовите главный и основные параметры одноковшовых экскаваторов. Каков принцип построения размерных групп универсальных одноковшовых экскаваторов и их индексов? Приведите примеры.

4. Как определяют техническую и эксплуатационную производительность одноковшовых экскаваторов?

5. Перечислите основные и сменные рабочие органы строительных гидравлических экскаваторов. Назовите их основное рабочее оборудование. Для чего на экскаваторах устанавливают ковши различной ширины?

6. Каковы основные области применения экскаваторов с пневмоколесным и гусеничным ходовыми устройствами? Каковы особенности их работы в режиме экскавации грунта? Как их перевозят при смене строительного объекта?

7. Как устроена базовая часть полноповоротных гидравлических пневмоколесных и гусеничных экскаваторов? Опишите общую структуру гидравлической системы и охарактеризуйте ее составные части.

8. Для чего предназначены гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием обратная лопата? Как они устроены и как работают? Назовите виды стрел. Обоснуйте ломаную конфигурацию стрел. Что такое рабочая зона экскаватора? Каковы ее параметры для рабочего оборудования обратная лопата? Чем ограничена ее подземная часть для практической реализации? Каким условиям должна удовлетворять оптимальная глубина копания? Опишите рабочий процесс гидравлического экскаватора с рабочим оборудованием обратная лопата. Чем отличается разгрузка фунта в транспортное средство от разфузки в отвал?

10. Для чего предназначены гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием прямая лопата? Как они устроены и как работают? Какие типы ковшей устанавливают на этих экскаваторах, чем они отличаются друг от друга? Опишите рабочий процесс гидравлического экскаватора с рабочим оборудованием прямая лопата. Каковы особенности разработки грунта в высоких забоях?

11. Для чего применяют, как устроено и как работает погрузочное рабочее оборудование?

12. Для чего применяют грейферное рабочее оборудование? Как оно устроено и как работает? Дайте сравнительную оценку работы канатных и гидравлических грейферов.

13. Для чего применяют экскаваторы-планировщики? Как они устроены и как работают? Назовите основные параметры рабочей зоны этих машин.

14. Какое сменное рабочее оборудование применяют для разрыхления прочных грунтов?

15. Для чего предназначены неполноповоротные гидравлические экскаваторы? Как они устроены, каковы их основные параметры и как они работают? Перечислите виды сменных рабочих органов этих машин.

16. Как устроены и как работают канатные экскаваторы с рабочим оборудованием прямая лопата? Назовите виды стрел и рукоятей. Каковы особенности привода независимого и зависимого напорных механизмов? Опишите кинематические схемы группового и индивидуального приводов одноковшовых канатных экскаваторов с рабочим оборудованием прямая лопата.

17. Опишите рабочий процесс канатных прямых лопат. Какими параметрами характеризуется их рабочая зона?

18. Для чего предназначены, как устроены и как работают одноковшовые экскаваторы с рабочим оборудованием драглайна? Чем принципиально отличается процесс копания грунта ковшом драглайна от копания ковшами лопат?

Глава 10. Экскаваторы непрерывного действия.

10.1. Общие сведения.

Экскаваторами непрерывного действия называют землеройные машины, непрерывно разрабатывающие грунт с одновременной погрузкой его в транспортное средство или укладкой в отвал. Рабочий орган экскаватора непрерывного действия оборудован несколькими ковшами, скребками или резцами, поочередно отделяющими грунт от массива. Их закрепляют на едином рабочем органе - роторе или замкнутой цепи, располагая с определенным постоянным шагом.

Грунт разрабатывают в процессе двух независимых движений: относительного - многократного непрерывного перемещения ковшей или заменяющих их рабочих органов по замкнутой траектории относительно несущей рамы и переносного - перемещением рамы вместе с рабочими органами, называемого подачей. Для отсыпки грунта используют специальное транспортирующее устройство, чаще - ленточный конвейер, на который грунт поступает из ковшей или заменяющих их рабочих органов.

Однотипность рабочих движений предопределяет автоматизацию процесса и, как следствие, облегчение управления, которое сводится к начальной настройке экскаватора на определенный режим в соответствии с технологическими требованиями и характеристикой разрабатываемого грунта, наблюдению за его работой и оперативному ручному управлению в экстремальных ситуациях, например, для остановки рабочего органа при встрече с непреодолимым препятствием, для изменения режимов рабочих движений и т. п. По этому показателю экскаваторы непрерывного действия имеют преимущество перед одноковшовыми экскаваторами, управление рабочим процессом которых требует постоянного участия машиниста в течение каждого экскавационного цикла. Вторым важным преимуществом этих экскаваторов перед одноковшовыми является более полное использование во

времени установленной мощности энергосиловой установки и, как следствие, при прочих равных условиях, более высокая техническая производительность.

Классификация многоковшовых экскаваторов:

В зависимости от направления движения режущей кромки ковша по отношению к направлению движения машины различают экскаваторы продольного, поперечного и радиального копания.

У экскаваторов продольного копания направление движения режущей кромки ковша совпадает с направлением движения машины. Применяются для разработки узких траншей. *Экскаваторы продольного копания* (цепные и роторные) в основном исполнении являются траншейными экскаваторами и могут иметь дополнительное оборудование, превращающее их в дреноукладчики (оснащаются трубоукладчиком и автоматикой поддержания глубины и угла наклона траншеи) или каналокопатели (оснащаются рабочими органами для разработки откосов).

У экскаваторов поперечного копания направление движения режущей кромки ковша перпендикулярно направлению движения машины. Применяются для разработки котлованов, копания каналов, добычи полезных ископаемых. *Экскаваторы поперечного копания* являются цепными экскаваторами и могут иметь мелиоративное и карьерное исполнение.

Экскаваторы радиального копания. Перемещение рабочих органов производится поворотной телескопической стрелой. Экскаваторы радиального копания (*роторные стреловые экскаваторы*) являются роторными экскаваторами и имеют карьерное исполнение.

В зависимости от способа закрепления ковшей различают цепные и роторные экскаваторы:

Цепные экскаваторы. Ковши закреплены на бесконечной цепи или цепях. Отвал грунта производится непосредственно из ковшей. Форма направляющей цепи обычно задаёт профиль копания.

Роторные экскаваторы. Ковши закреплены на жестком роторе. Отвал грунта может производиться как непосредственно из ковшей, так и посредством транспортера.

Экскаваторы непрерывного действия подразделяются по следующим признакам:

- по конструкции рабочего органа:
 - цепные (рабочие элементы размещены на бесконечной цепи или цепях);
 - баровый рабочий орган;
 - рабочий орган со свободно провисающей цепью;
 - роторные (рабочие элементы размещены на окружности вращающегося ротора);
 - рабочие элементы размещены по ободу ротора;
 - рабочие элементы размещены на боковой поверхности ротора;
 - двухроторные, или двухфрезерные (рабочий орган состоит из двух наклонных роторов, боковая поверхность которых работает как фреза);
 - комбинированные:
 - плужно-роторные (рабочий орган состоит из ротора и плуга);
 - шнекороторные (рабочий орган состоит из ротора и шнеков);
- по типу рабочих элементов:
 - ковшовый рабочий орган (многоковшовые экскаваторы);
 - скребковый, резцовый, плужковый или смешанный рабочий орган;
- по назначению:
 - траншейные, предназначены для прокладки траншей;
 - дреноукладчики, используются для организации дренажа;
 - каналокопатели, используются для прокладки каналов (оросительных, осушительных) и кюветов;
 - карьерные, используются для вскрышных и добычных работ.
- по типу привода:

- с механическим приводом;
- с гидравлическим приводом;
- с электрическим приводом;
- с комбинированным приводом;
- по типу ходового устройства:
- на гусеничном ходу;
- на пневмоколёсном ходу;
- способу соединения рабочего оборудования с ходовой частью:
- навесные (без дополнительной опоры рабочего органа);
- полуприцепные (рабочий орган опирается на тягач спереди и на дополнительную тележку сзади);
- прицепные (рабочий орган имеет собственную ходовую часть и буксируется тягачом).
- Экскаватор непрерывного действия имеет в своём составе следующие агрегаты: силовую установку; рабочее оборудование (рабочий орган с рабочими элементами); ходовое устройство (пневмоколёсное (гусеничное или комбинированное); кабину машиниста с элементами управления.

Разновидностью экскаватора непрерывного действия является также многочерпаковый земснаряд -дноуглубительное судно с рабочим органом, представляющим собой многоковшовую бесконечную цепь. При движении цепи черпаки захватывают грунт со дна, транспортируют его к поверхности и выгружают на борт транспортного судна.

Цепные и роторные траншейные экскаваторы имеют обозначения *ЭТЦ* (экскаватор траншейный цепной) и *ЭТР* (экскаватор траншейный роторный); устаревшими обозначениями являются *ЭТ* (экскаватор траншейный), *ЭТН* (экскаватор траншейный навесной), *ЭТУ* (экскаватор траншейный универсальный). Вслед за буквенным обозначением следует сочетание из 3, 4 цифр, за которыми могут следовать буквы. Первые две цифры означают глубину копания в дециметрах, последние 1—2 цифры — номер модели; первая

буква (А, Б, В...) означает очередную модернизацию, следующие буквы (С, Т, ТВ...) - климатическое исполнение.

Траншейные цепные экскаваторы применяют для рытья траншей под кабели, канализационные трубопроводы, линии связи и др., глубиной до 6 м и шириной до 2 м. Траншейные роторные экскаваторы получили широкое применение для рытья траншей под газо- и нефтепроводы глубиной до 2,5 м и шириной до 2,6 м.

Цепные траншейные экскаваторы применяются с наклонной (рис. 10.1) или вертикальной ковшовой рамой. Наклонная ковшовая рама 5 опирается своими роликами на верхние полки направляющей рамы. Цепи с ковшами огибают поддерживающие ролики, натяжные колеса и ведущие звездочки. Подъем и опускание ковшовой рамы производится гидроцилиндрами 3.

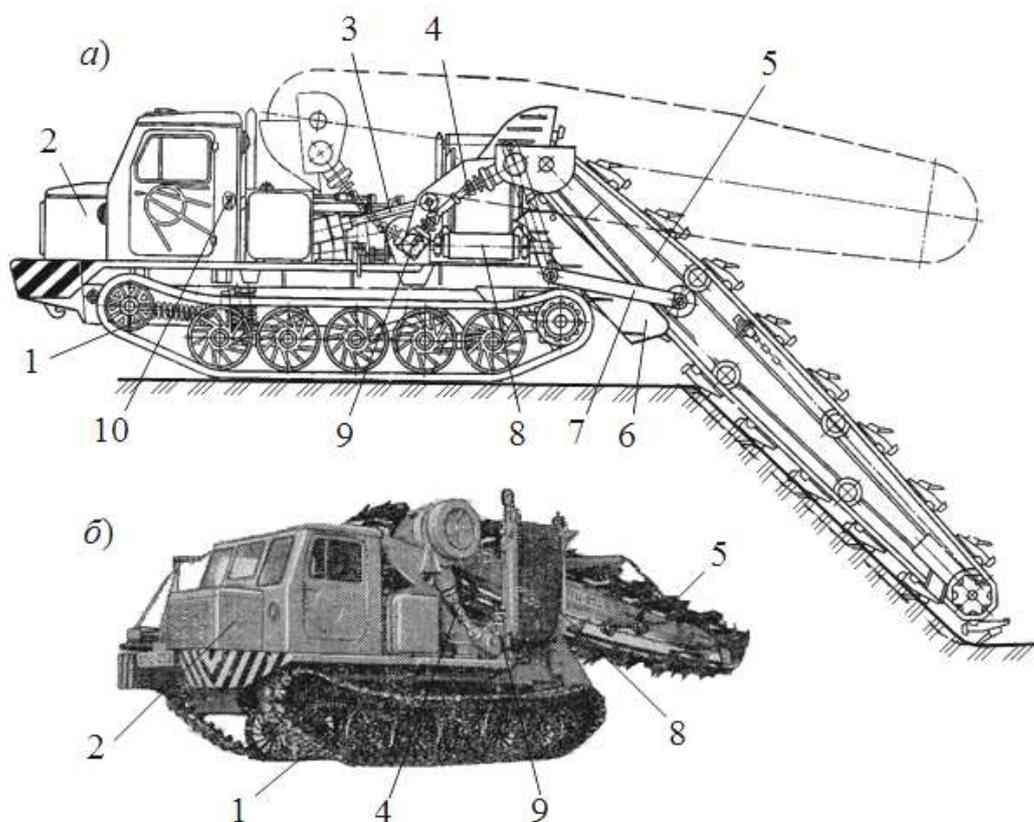


Рис. 10.1. Траншейные цепной экскаватор: а - конструктивная схема; б-общие вид; 1-гусеничный ход; 2-кабина; 3-гидроцилиндр для подъема и опускание рабочего органа; 4-карданная вал; 5- цепной рабочего органа; 6-жолоб; 7-вылка; 8-поперечный транспортер; 9-угловой редуктор; 10-безступенчатие регулировычные механизм.

Работа траншейного экскаватора с наклонной рамой начинается с опускания ее на поверхность грунта и постепенного заглубления ковшей. Ковши срезают слой грунта и наполняются; при опрокидывании ковшей, огибающих верхнюю звездочку, грунт из ковшей высыпается в лоток; с лотка грунт ссыпается на поперечный транспортер, выдающий грунт в отвал вдоль траншеи. Скорость движения ковшовой цепи и скорость движения машины должны быть так соразмерны с емкостью ковша и глубиной забоя, чтобы ковш за время прохождения его от дна до верхней кромки траншеи успевал наполниться. Если экскаватор будет продвигаться слишком быстро или ковшовая цепь будет двигаться медленнее, чем это требуется, то ковши будут переполняться. При обратном соотношении скоростей машины и ковшовой цепи будет недостаточное наполнение ковша. Траншейный экскаватор с вертикальной ковшовой рамой поднимает и опускает раму с помощью цепи и подъемного механизма. Сзади ковшовой цепи установлен зачистной башмак. Транспортер небольшой длины установлен внутри ковшовой рамы. Ковши разгружаются вперед по ходу цепи на транспортер. Привод ковшовой цепи имеет промежуточный редуктор, двойную цепную передачу и редуктор.

Роторные траншейные экскаваторы обеспечивают копание траншей в грунтах до IV категории включительно и при глубине промерзания верхнего слоя грунта до 0,7 м, в то время как область применения цепных траншейных экскаваторов ограничена грунтами III категории. Роторный траншейный экскаватор (рис. 10.2) состоит из тягача (трактора)¹, рабочего органа в виде ротора с ковшами 5 и транспортера 4.

Резание грунта и подъем его из траншеи производятся ковшами ротора; из ковшей грунт пересыпается на короткий поперечный ленточный транспортер, который выдает грунт в отвал или в транспортные средства. Роторный экскаватор создает траншею прямоугольного сечения с вертикальными стенками. Для получения трапецеидального сечения траншеи ее стенки срезают двумя боковыми наклонными фрезами. В некоторых конструкциях для этой цели делают качающийся ротор.

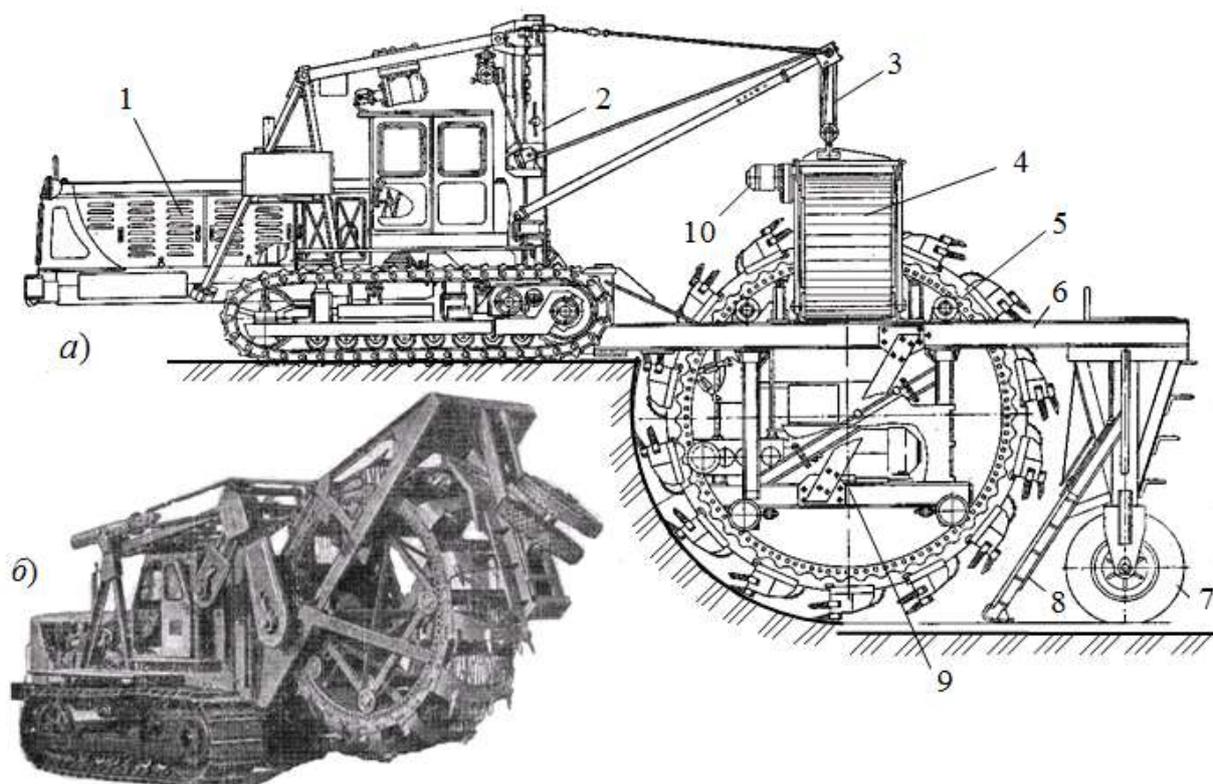


Рис. 10.2. Роторно-траншейные экскаватор: *а* - конструктивные схемы; *б*-общие вид; 1-трактор; 2-стойка; 3-полиспаст; 4-транспортер; 5- ковшовый ротор; 6-рама рабочего органа; 7-опорная колесо; 8-зачестной отвал; 9-рама ротора; 10-гидромотор или электродвигатель.

Производительность роторного траншейного экскаватора (при тех же размерах траншеи) в 2 раза больше производительности цепного и в 5...6 раз больше одноковшового. Роторный дизель-электрический экскаватор с индивидуальными электродвигателями для отдельных механизмов копает траншеи глубиной до 2,2 м и шириной 1,2 и 1,45 м при расчетной производительности до 500 м³/ч. Масса такой машины 25 т, мощность двигателя 150 л.с. Универсальный экскаватор роторного типа при ширине ротора 1,2 м может копать траншею шириной от 1,2 до 2,6 м. Особенностью этого экскаватора является наличие гидравлического устройства, автоматически осуществляющего переменное движение передней части рамы с ротором в горизонтальной плоскости, в стороны от оси копания на заданную величину. Роторные траншейные экскаваторы более износостойчивы, чем цепные, так как у них отсутствует быстро изнашивающаяся ковшовая цепь, и

они более производительны, но могут копать траншеи глубиной только до 2,5 м, так как при большей глубине траншеи требуется ротор очень больших размеров.

На рис. 10.3 показан многоковшовый цепной карьерный экскаватор – планировщик поперечного копания. Такие экскаваторы работают при малой толщине срезаемой стружки на грунтах без каменистых включений. Этим значительно ограничивается область их применения в строительстве. Экскаватор поперечного копания движется по рельсам вдоль забоя, срезая ковшами вдоль откоса тонкую стружку.

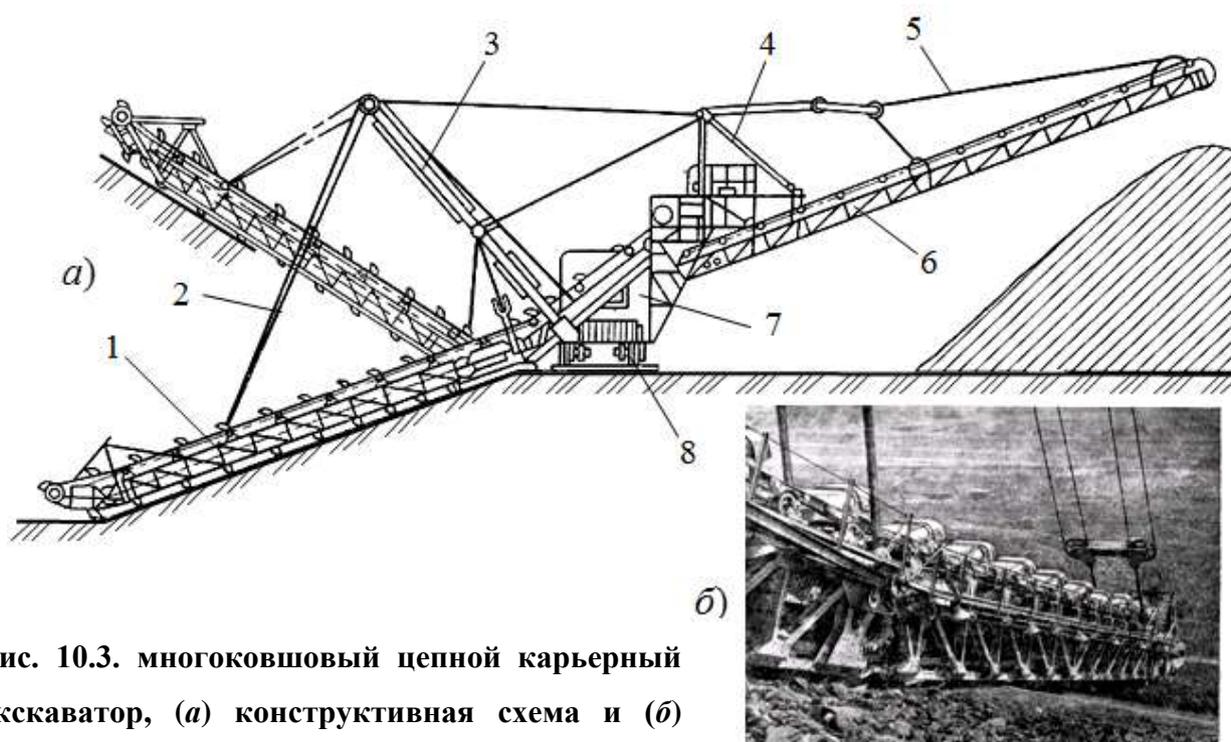


Рис. 10.3. многоковшовый цепной карьерный экскаватор, (а) конструктивная схема и (б) фоторисунок.

Экскаватор может копать выше или ниже уровня площадки, по которой он передвигается. Экскаваторы поперечного копания могут выдавать грунт через бункер в транспортные средства или с помощью отвального транспортера выдавать грунт в отвал, идущий параллельно обрабатываемому откосу на некотором расстоянии от него.

На рис. 10.4 показан карьерный роторный экскаватор. Привод основных механизмов – ротора с ковшами 1, ленточных транспортеров 10, лебедок,

механизма поворота платформы 7 экскаватора и гусеничного хода 6 осуществляется электродвигателями переменного тока, питаемыми от сети. Средняя потребляемая мощность 500 кВт. Ротор имеет восемь ковшей емкостью по 350 л; диаметр ротора 6 м. Производительность машины 500 м³/ч, масса 400 т. Рабочие размеры машины: радиус копания 24 м, высота копания 20 м, глубина копания 3 м. Машина имеет автоматическое управление приводом поворота. Экскаватор может работать с отвалообразователем.

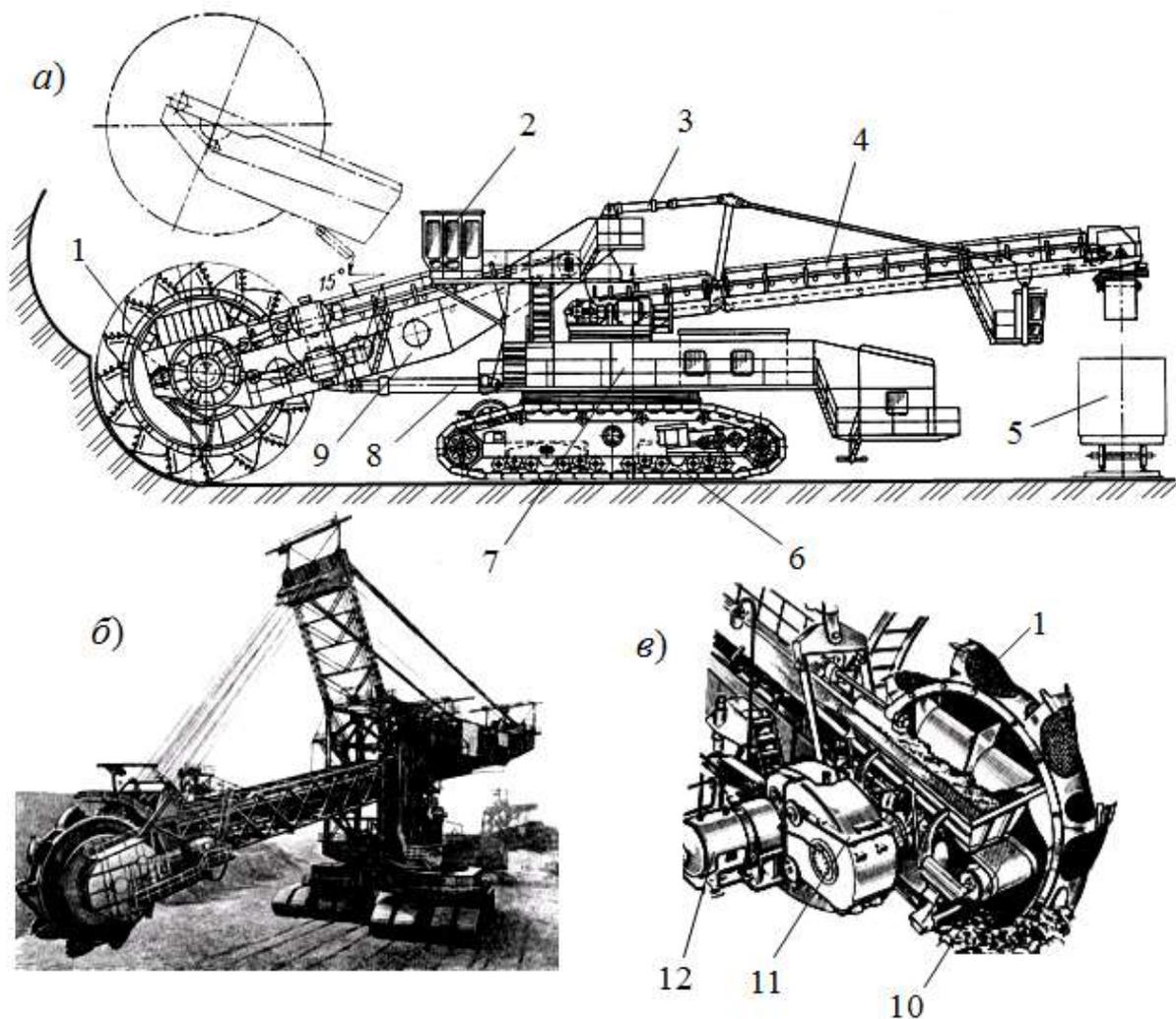


Рис. 10.4. Многоковшовые экскаваторы поперечного копания: а- конструктивные схемы; б- фоторисунок; в- роторные рабочий орган; 1-ковшовый ротор; 2-пульт управления; 3-полистпась; 4-транспортер; 5-вагон; 6-гусеничный ход; 7-поворотные платформа; 8-гидроцилиндр; 9-рама ротора; 10-транспортер ротора; 11-редуктор; 12-электродвигатель.

Производительность многоковшовых экскаваторов определяется по формуле:

$$P_э = \frac{60 \cdot q \cdot K_n \cdot K_B}{1000 \cdot K_p}; \text{ м}^3 / \text{ч.} \quad (10.1)$$

где q – емкость ковша в л; n – число разгрузок ковшей в минуту; K_n , K_B , K_p – коэффициенты наполнения ковшей, использования машины во времени, разрыхления.

Контрольные вопросы.

1. Для чего предназначены экскаваторы непрерывного действия? Какими рабочими органами их оборудуют? Какими рабочими движениями обеспечивается разработка грунта? Какими преимуществами обладают экскаваторы непрерывного действия перед одноковшовыми? Приведите классификацию экскаваторов непрерывного действия.

2. Для чего предназначены траншейные экскаваторы? Какими рабочими органами их оборудуют? Что является главным параметром траншейного экскаватора? Как построен его индекс? Приведите примеры. На базе каких машин изготавливают траншейные экскаваторы? В чем заключается их переоборудование под тягач экскаватора? Как определяют техническую производительность траншейного экскаватора?

3. Как устроен и как работает роторный траншейный экскаватор? Для чего днища ковшей изготавливают из цепных матов? Как и для чего зубья на ковшах расставлены по специальной схеме? Как работают ножевые откосники? Какие типы конвейеров устанавливают на роторных траншейных экскаваторах? Для чего служит зачистной щит? Какими образом разгружают заднюю опору рабочего органа? Как соединен рабочий орган с тягачом? Объясните схемы привода ходового устройства, рабочего органа и отвалообразователя. Какими параметрами обеспечивается производительность экскаватора, как они связаны между собой?

4. Как устроен и как работает цепной траншейный экскаватор? Как устроены и как работают комбинированные рабочие элементы? Каковы

преимущества перед ковшовыми рабочими органами? Как перемещали грунт к отвалообразователю по выходе из траншеи?

5. Для чего применяют скребковые экскаваторы? Как они устроены и как работают? Как определяют их техническую производительность?

6. Какими параметрами обеспечивается техническая производительность цепного траншейного экскаватора? Как они связаны между собой?

7. Для чего применяют роторные экскаваторы поперечного копания? Как они устроены и как работают? Как определяют их техническую производительность?

8. Для чего применяют цепные экскаваторы поперечного копания? Как они устроены и как работают? Объясните технологические схемы копания грунта цепными экскаваторами. Как определяют их техническую производительность?

11. Землеройно-транспортные машины.

11.1. Общие сведения.

Землеройно-транспортными (ЗТМ) называют строительные машины, отделяющие грунт от массива тяговым усилием с последующим его перемещением к месту отсыпки собственным ходом. Основными рабочими операциями ЗТМ являются: послойная разработка грунта, его транспортирование и укладка в основание строительного объекта или отвал, а также планировка земляных поверхностей. В зависимости от вида рабочего органа различают *ковшовые* (скреперы) и *отвальные* (бульдозеры, автогрейдеры, грейдер-элеваторы) ЗТМ. Эти машины отличаются простотой конструкции, универсальностью и высокой производительностью. Их применяют в дорожном строительстве, при рытье котлованов и каналов, возведении насыпей, планировке земляных поверхностей и на других работах.

Рабочий процесс включает два характерных режима: *тяговый* и *транспортный*. Исключение составляют грейдер-элеваторы, работающие только в тяговом режиме. На тяговом режиме работают при копании грунта, а на транспортном - при его перемещении к месту отсыпки. Продолжительность тягового режима от общего времени рабочего процесса составляет у скреперов 10...20 %; у бульдозеров, работающих на послойной разработке грунтов 20...25 %; у бульдозеров и автогрейдеров на планировочных работах 75...80 %. Эффективность тягового режима зависит от способности машины передвигаться без буксования при повышенных сопротивлениях, а транспортного режима - в основном, от скоростных качеств машины, ее проходимости и маневренности. Чаще ЗТМ при работе передвигаются по грунтовым и снежным дорогам, свежесрезанным и рыхлым насыпным грунтам. С повышением влажности грунта условия работы ЗТМ ухудшаются.

11.2. Скреперы.

Скрепер является землеройно-транспортной машиной, предназначенной для послойного резания грунта с набором его в ковш, транспортирования грунта, разравнивания его слоями заданной толщины. Кроме того, при движении по свежесыпанному грунту скрепер своими колесами частично уплотняет его, благодаря чему снижается потребность в грунтоуплотняющих машинах. Уплотнение грунта скрепером является сопутствующей операцией, и обычно этот эффект в технологическом процессе выполнения работ не учитывают.

Для повышения коэффициента наполнения ковша и, следовательно, производительности скреперов применяют толкачи.

Толкачом может служить гусеничный трактор, оборудованный толкающим приспособлением или бульдозер с усиленным отвалом.

Скреперы используют в дорожном строительстве при производстве земляных работ по возведению насыпей, устройству выемок, планировке грунтовых поверхностей. Рациональная дальность перемещения грунта для прицепных скреперов до 500 м (с колесным тягачом – до 1000 м) и для самоходных – 2...3 км, а в отдельных случаях – до 5 км. Самоходные скреперы, агрегатируемые быстроходными колесными тягачами, в благоприятных условиях при дальности транспортирования до 3 км, особенно по бездорожью, рентабельнее автосамосвалов, загружаемых экскаватором. Наиболее эффективно скреперы используются на плече до 1 км (расстояние между местом загрузки и укладки грунта).

Рабочим органом скрепера служит ковш 4 (рис. 11.1, а), ограниченный днищем, боковыми и задней стенками и оснащенный ножами 7. Спереди ковш закрыт заслонкой 8, соединенной с ним шарнирно. Задней частью ковш опирается на ось задних колес 6, а в передней части он соединен упряжными шарнирами 3 с боковыми балками 2 тяговой рамы, относительно которой он может изменять свое положение в вертикальной плоскости. Тяговая рама своей

передней балкой 10, чаще всего изогнутой в вертикальной плоскости, соединена с тягачом 12 непосредственно (рис. 11.1, б, в) или через тележку 13 (рис. 11.1, г). Опорой тяговой рамы служит универсальный шарнир 11 (см. рис. 11.1, а), позволяющий прицепной части поворачиваться относительно тягача или тележки в любых направлениях.

Скреперы, выполненные по схемам рис. 11.1, б, в, называют полуприцепными одноосными, а по схеме рис. 11.1, г – прицепными двухосными.

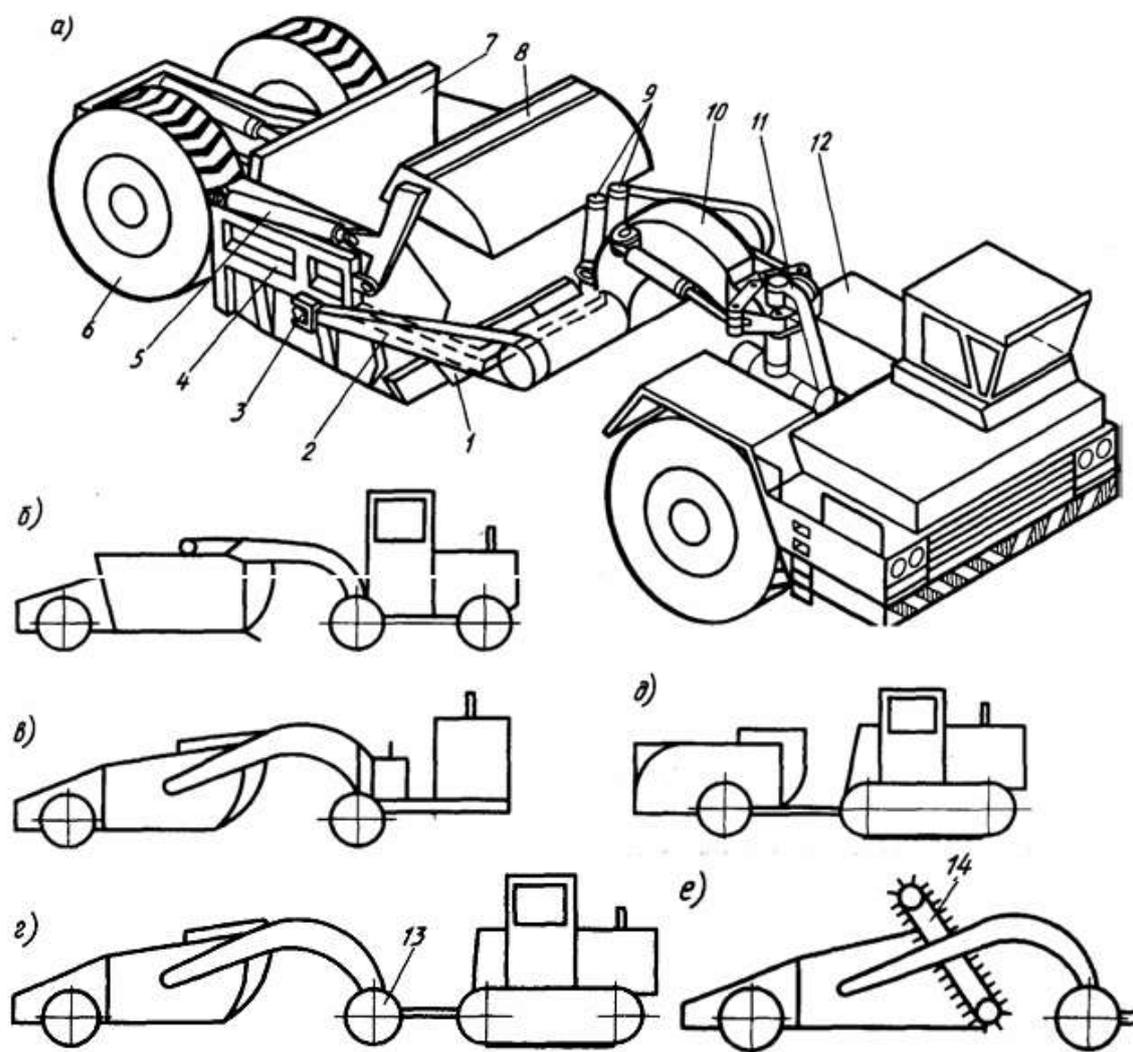


Рис. 11.1. Самоходный скрепер (а), схемы соединения с тягачом (б...д), скрепер с принудительной загрузкой ковша скребковым элеватором (е): 1– нож; 2– боковая балка; 3– упряжный шарнир; 4– ковш; 5, 9– гидроцилиндры; 6– заднее колесо; 7– задняя стенка ковша; 8– заслонка; 10– передняя балка; 11– универсальный шарнир; 12– тягач; 13– тележка; 14– скребковый элеватор.

По прицепной схеме соединяют с тягачами также одноосные скреперы, у которых ось колес расположена над центром масс груженого ковша (рис.11.1, д). В качестве тягача прицепного скрепера обычно применяют трактор, чаще всего гусеничный, а полуприцепные скреперы агрегируют с двухосными (см. рис. 11.1, б) или одноосными (рис. 11.1, в) тягачами. Последние называют также *самоходными*. Самоходные скреперы обладают высокой маневренностью и способны развивать транспортные скорости до 45...60 км/ч. Дальнейшее увеличение скорости этих машин нежелательно из-за вертикальных колебаний в системе тягач – скрепер.

Скреперы с двухосными тягачами не имеют этого недостатка, их скорости доходят до 65...70 км/ч, но по маневренности они уступают самоходным. Для управления скрепером тягач оборудуют гидравлической насосной установкой или канатной лебедкой, от которых движение передается исполнительным механизмам (гидроцилиндрам или полиспадам). Современные скреперы оборудуют в основном гидравлическими силовыми системами. Полиспастные системы сохранились лишь у отдельных моделей прицепных скреперов.

Рабочий цикл скрепера состоит из последовательно выполняемых операций копания грунта и заполнения им ковша, транспортирования грунта в ковше к месту укладки, разгрузки ковша и возвращения машины на исходную позицию следующего рабочего цикла. В начале копания ковш опускают на грунт с помощью гидроцилиндров 9 (см. рис. 11.1, а) или полиспада, приоткрывая гидроцилиндрами 5 или полиспадом заслонку с таким расчетом, чтобы в режиме копания грунта при заглубленных ножах ее нижний обрез находился несколько выше уровня поверхности земли (рис.11.2, а).

Перемещаясь вперед под действием сил тяжести, а в случае гидравлического привода также принудительно с помощью гидроцилиндров 9 (см.рис.11.1, а), ковш заглубляют в грунт и, регулируя в дальнейшем теми же механизмами толщину срезаемого слоя, заполняют ковш (рис. 11.2, б).

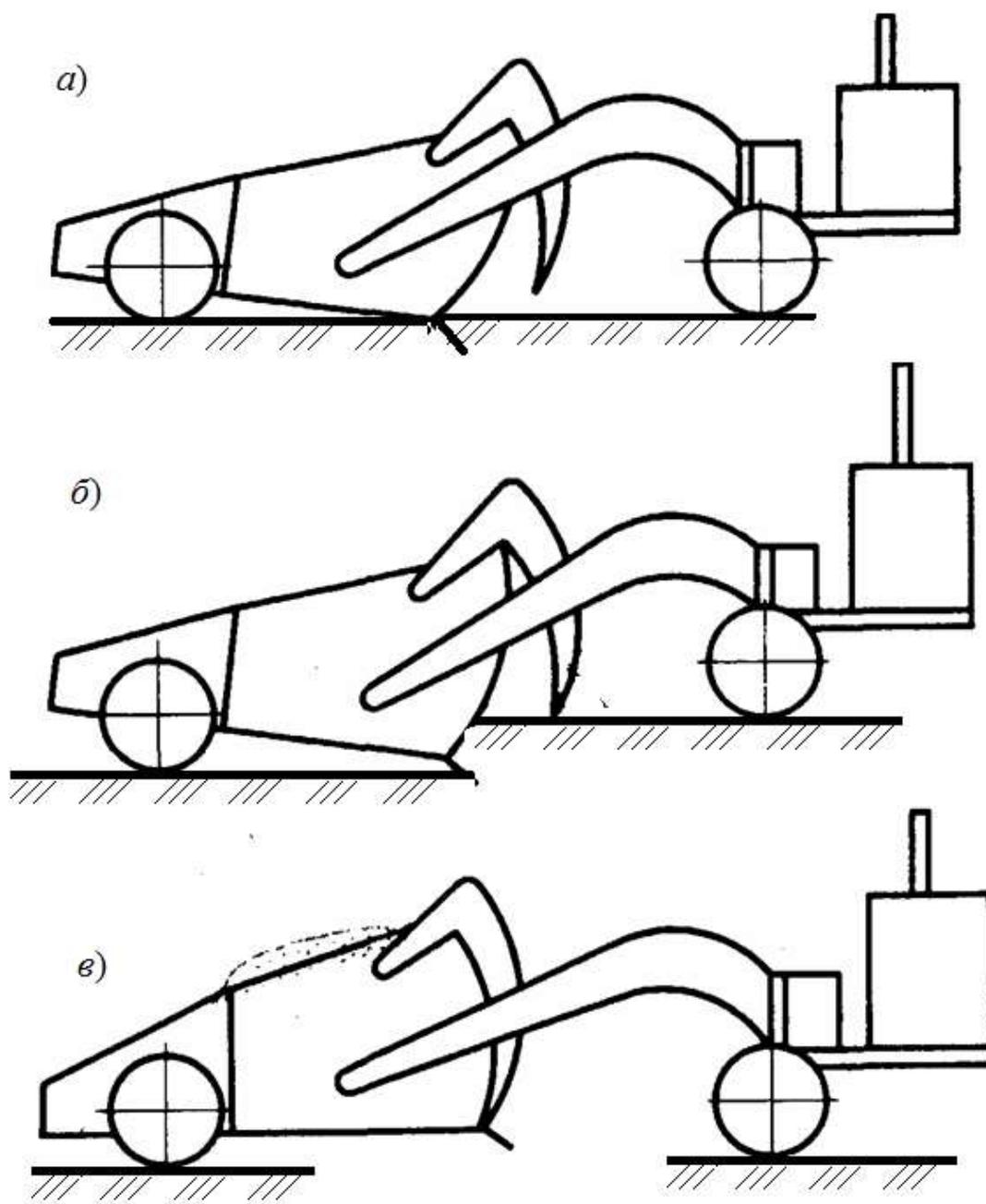


Рис. 11.2. Операции рабочего цикла скрепера: *а* – начало опускание ковша; *б* – набор грунта; *в* – транспортировка грунта.

Образующаяся в процессе копания призма грунта (призма волочения) накапливается перед заслонкой, не препятствуя продвижению срезаемого грунта в ковш. После заполнения ковша его поднимают в транспортное положение так, чтобы между режущей кромкой ножей и поверхностью земли был достаточный для транспортирования зазор – клиренс, закрывают ковш заслонкой и перемещаются на транспортной скорости к месту укладки грунта

(рис. 11.2, *в*), где его разгружают по одной из приведенных ниже схем, затем ковш снова переводят в транспортное положение и возвращают машину на исходную позицию следующего рабочего цикла.

На рис. 11.3 приведены схемы разгрузки ковшей скреперов. Свободную (самосвальную) разгрузку опрокидыванием ковша вперед при открытой заслонке (рис. 11.3, *а*) применяют на прицепных скреперах с ковшами малой вместимости (до 4 м³). На прицепных одноосных скреперах средней вместимости (4...6 м³), работающих на отсыпке насыпей «с головы», а также на обратной засыпке ям, траншей применяют свободную разгрузку с опрокидыванием ковша назад (рис. 11.3, *б*).

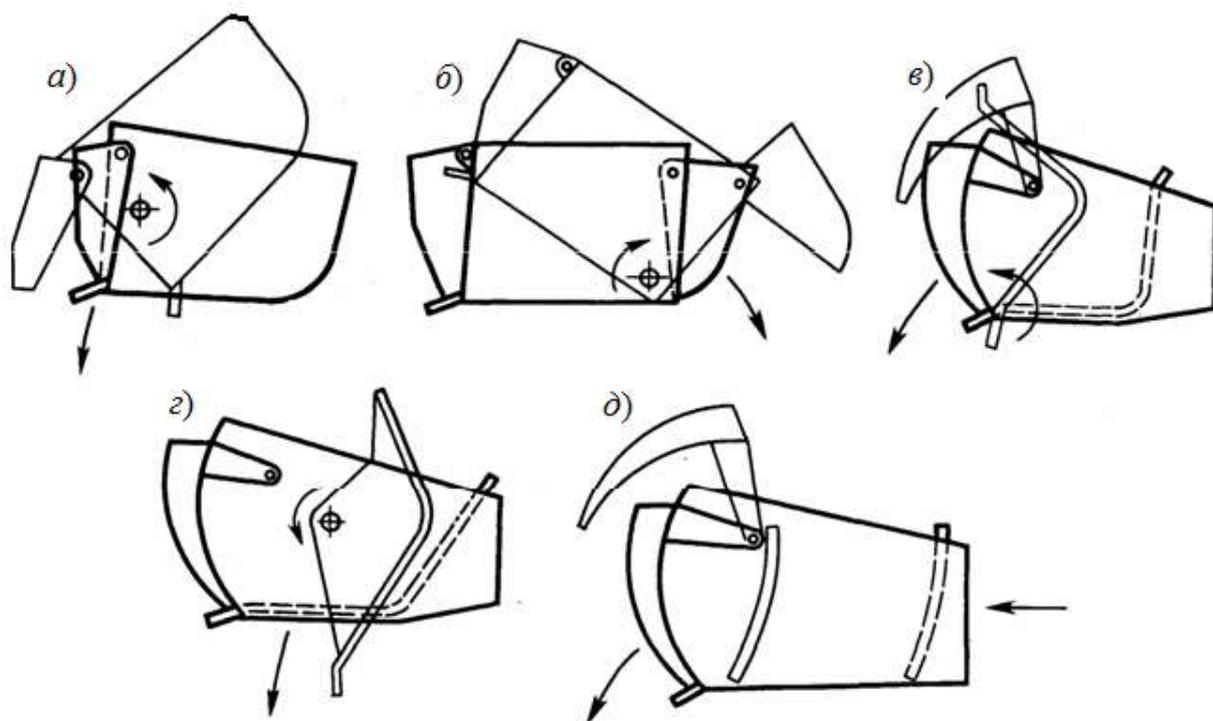


Рис. 11.3. Схемы разгрузки ковшей скреперов: *а* – свободная передняя; *б* – то же, задняя; *в* – полупринудительная передняя; *г* – то же, донная; *д* – принудительная.

Современные полуприцепные скреперы оборудуют устройствами для принудительной разгрузки (рис. 11.3, *д*) путем вытеснения грунта из ковша перемещающейся вперед с помощью гидроцилиндров задней стенкой 7 (см. рис. 11.1, *а*). В конце рабочего хода задняя стенка своими кромками полностью очищает боковые стенки и днище ковша от налипшего грунта.

При разгрузке грунта в направлении движения машины (рис. 11.3, а...д) обеспечивается отсыпка грунта слоем равномерной толщины, регулируемой просветом под ножами установленного в положение разгрузки ковша. Для повышения качества планировочных работ при отсыпке грунта и разработке выемок современные скреперы оборудуют автоматическими системами управления, основанными на стабилизации положения рамы ковша относительно горизонта, которое обеспечивается гидроцилиндрами подъема – опускания ковша. Точность планировочных работ на уклонах до 9 % в каждую сторону составляет 0,3 %.

Скреперы классифицируют по нескольким признакам.

По вместимости ковша (главному параметру) скреперы могут быть: малой вместимости – до 5 м³, средней – от 5 до 15 м³ и большой-свыше 15 м³.

По типу движителя базовой машины различают скреперы с гусеничным и колесным тягачами.

По способу агрегатирования (передвижения) скреперы делят на прицепные, полуприцепные и самоходные. Прицепные скреперы могут быть с гусеничным трактором или двухосным колесным тягачом. Полуприцепные, работающие с одноосным тягачом (одномоторные) условно относятся к самоходным, так как они представляют собой единое целое. Самоходными скреперами называют скреперы, у которых все оси ведущие. Наиболее распространены двухосные самоходные одномоторные скреперы с полным приводом всех осей по типу мотор-колесо с дизель-электрической силовой установкой.

По способу загрузки скреперы разделяют на два типа: скреперы с загрузкой посредством тягового и толкающего усилия и скреперы с элеваторной загрузкой. У первых (рис. 11.4,а) заполнение ковша происходит под давлением срезаемой стружки грунта, которая должна сохраняться длиной 0,25...0,35 м, что является основным условием при наполнении ковша. Поэтому скреперы с таким способом загрузки лучше работают на связных грунтах. У скреперов с элеваторной (принудительной) загрузкой (рис. 11.4,б) ковш

заполняется за счет подъема грунта скребковым элеватором. Следовательно такие скреперы предназначены для работы на сыпучих, малосвязных грунтах. Скребковый элеватор установлен на месте заслонки ковша в скрепере первого типа.

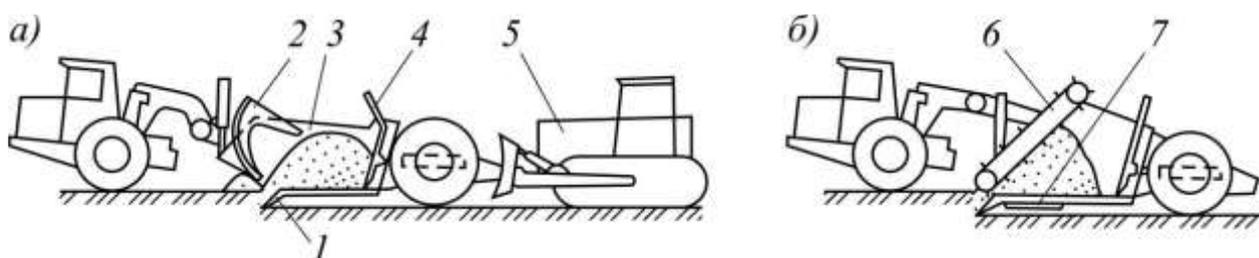


Рис. 11.4. Способы загрузки скрепера: *а* – скрепер с загрузкой тяговым и толкающим усилием; *б* – скрепер с элеваторной загрузкой; 1 – ножи; 2 – заслонка; 3 – ковш; 4 – задняя стенка; 5 – толкач; 6 – элеватор; 7 – люк днища ковша

По способу разгрузки ковша различают скреперы со свободной (самосвальной) разгрузкой вперед или назад, применяемой на ковшах малой вместимости, и принудительной разгрузкой ковша в сторону выгрузки.

Современные скреперы выпускают только с гидроприводом и с принудительным способом разгрузки, так как он более надежный и обеспечивает качественное опорожнение ковша.

Техническая характеристика и производительность скреперов показанно в таблице 11.1

Таблица 11.1

Техническая характеристика и производительность скреперов.

Наименование	Скреперы прицепные			Скреперы самоходные		
	Марки скреперов	ДЗ-149-5	ДЗ-77А	ДЗ-79	ДЗ-35711	ДЗ-13А
Вместимость ковша, м ³	8,8	8	18	8	15	15
Базовый трактор: модель	К-701	Т-30М1Г	Т-330	МоАЗ-546П	БелАЗ-531	БелАЗ-531

Мощность, кВт	221	118	243	151	265	530
Тяговый класс	5	10	25	-	-	-
Ширина резания, мм	2480	2754	3020	2820	3120	3120
Наибольшее заглубление, мм	150	350	310	150	200	200
Толщина отсыпаемого слоя, мм	400	500	500	400	150... 500	450
Скорость, км/ч	33,8	10,5	16,4	30	45	52,5
Масса скрепера, т	22,7	9,8	18,6	19,6	36,7	44,3
Производительность, м ³ /ч	41,8	27,1	53,3	30,7	62,9	73,4

Техническую производительность скреперов определяют по формуле:

$$P_T = 3600 \cdot q \cdot k_H / (t_{\text{ц}} \cdot K_p), \text{ м}^3/\text{ч} \quad (11.1)$$

где q – геометрическая вместимость ковша, м³; k_H – коэффициент наполнения ковша (в среднем для скреперов без толкачей при разработке песков – 0,6...0,9; глины – 1...1,1; супесей и суглинков – 1,1... 1,2; $t_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла, с; K_p – коэффициент разрыхления грунта.

Продолжительность рабочего цикла определяют по формуле:

$$t_{\text{ц}} = \frac{L_p}{v_k} + \frac{L_{\text{пер}}}{v_{\text{тр}}} + \frac{L_y}{v_y} + \frac{L_p + L_{\text{пер}} + L_y}{v_x} + 2t_{\text{пов}} + t_{\text{пп}} + t_{\text{оп}}; \text{ с}$$

где L_p , $L_{\text{пер}}$ и L_y – длина путей наполнения ковша и перемещения грунта, а также выгрузки (уплотнения); v_k , $v_{\text{тр}}$, v_y и v_x – скорости копания, перемещения выгрузки грунта и холостая скорость; $t_{\text{пов}}$, $t_{\text{пп}}$, $t_{\text{оп}}$ – время поворота (15...20 с), переключения передач (6...8 с), операций с ковшом (7...10 с).

Коэффициенты наполнения ковша скрепера зависят от грунта. При работе в сухом рыхлом песке их принимают равными 0,5...0,7 без толкача и 0,8...1,0 с толкачом, при работе в супеси и среднем суглинке соответственно 0,8...0,9 и 1,0...1,2, в тяжелом суглинке и глине – от 0,6...0,8 до 1,0...1,2.

Длина пути наполнения ковша, м.

$$L_p = q_k \cdot K_H \cdot K_{\text{п}} / (0,7 \cdot V_H \cdot h \cdot K_p)$$

где 0,7 – коэффициент, учитывающий неравномерность стружки; $K_{\text{п}}$ – коэффициент потери грунта при образовании призмы волочения и боковых

валиков; ($K_{\text{п}} = 1,2 \dots 1,6$); $B_{\text{н}}$ – ширина режущих кромок ножей; h – толщина стружки.

Эксплуатационная производительность. $\text{м}^3/\text{час}$.

$$P_{\text{э}} = P_{\text{т}} \cdot K_{\text{в}}, \quad (11.2)$$

где $k_{\text{в}}$ - коэффициент использования скрепера во времени (в среднем при расчете сменной, месячной и годовой производительности соответственно равен $0,8 \dots 0,9$; $0,5 \dots 0,65$; $0,4 \dots 0,5$).

11.3. Бульдозеры.

Основное назначение бульдозера - послойная разработка грунта с последующим его перемещением перед отвалом по поверхности земли на небольшие расстояния (до 150 м). Бульдозеры применяют для выполнения следующих работ: снятия плодородного поверхностного слоя грунта при подготовке строительных площадок; перемещения грунта в зону действия одноковшового экскаватора при погрузке его в транспортное средство или отвал; разработки неглубоких каналов с транспортированием грунта в отвалы; зачистки пологих откосов; сооружения насыпей из резервов.

Планировочных работ при зачистке оснований под фундаменты зданий и сооружений и планировке площадей и трасс; по устройству и содержанию в исправности подъездных дорог, устройстве въездов на насыпи и выездов из выемок; для разработки грунта на косогорах; по обратной засыпке траншей и пазух фундаментов; разравнивания грунта в отвалах; штабелирования и перемещения сыпучих материалов; подготовительных работ для валки отдельных деревьев, срезки кустарника, корчевки пней, удаления камней, расчистки поверхностей от мусора, снега; вскрышных работ, а также использования их в качестве толкачей скреперов. Эффективность работы бульдозера в значительной мере зависит от проходимости базового трактора и его тяговосцепных свойств.

По номинальной силе тяги и мощности двигателей различают бульдозеры *малогабаритные* силой тяги до 25 кН и мощностью до 45 кВт, *легкие* -25...135 кН и 45... 120 кВт, *средние* -135...200 кН и 120...150 кВт, *тяжелые* -200...300 кН и 150...225 кВт и *сверхтяжелые* -более 300 кН и 225 кВт.

Бульдозерные отвалы как вспомогательное рабочее оборудование навешивают на пневмоколесные экскаваторы и другие машины для очистных и планировочных работ в составе рабочих процессов этих машин. Схемы формы отвалов бульдозеров приведены в рис.11.5.

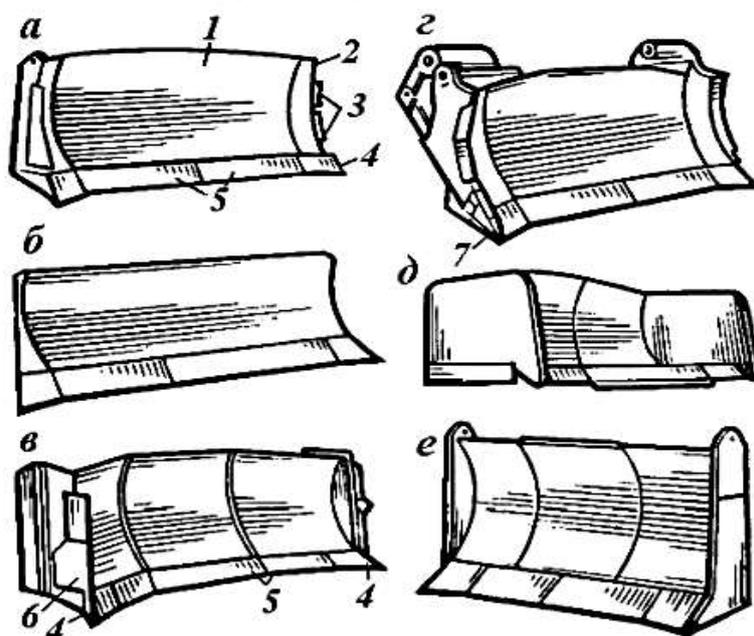


Рис. 11.5. Формы отвалов бульдозера: *a* – прямой; *б* – универсальный; *в* – сферический; *г* – с боковыми рыхлящими зубьями; *д* – совковый для уборки; *е* – короткий толкающий; 1 – лобовой лист вместе с козырьком; 2 – боковые щитки; 3 – боковые ножи; 4 – угловые ножи; 5 – средние ножи; 6 – открьлки; 7 – выдвижные зубья.

- **Прямой (S-отвал).** Представляет собой лобовой лист, изогнутый в вертикальной плоскости и прямой в горизонтальной. При этом доступен вариант без боковых щитков с возможностью поворота в трех плоскостях (легкие бульдозеры) или неповоротный со щитками (средние и тяжелые машины, используется для разработки твердых и мерзлых грунтов). Во втором случае можно регулировать угол продольного наклона отвала.

- **Сферический (S-U).** Состоит из лобового и боковых листов, последние расположены под углом до 25 град. Такая конструкция позволяет минимизировать потери грунта, благодаря чему она нашла широкое применение для перемещения сыпучих и разрыхленных материалов на относительно большие расстояния.

- **Полусферический (U).** Относится к универсальному оборудованию и является промежуточным вариантом между прямыми и сферическими вариантами.

Универсальный отвал (рис 11.5, б) используют для планировочных работ в грунтах с нарушенной структурой. Сферический отвал (рис. 11.5, в) применяют для разработки мягких и средней крепости грунтов. Изогнутая в плане форма отвала предусмотрена для косога резания грунтов, при котором уменьшается сопротивление резанию и можно увеличить на 10...12% длину отвала. За счет выступающих вперед концов отвала объем перемещаемого грунта увеличивается на 20...25% по сравнению с прямым отвалом. Отвал с рыхлящими боковыми зубьями (рис. 11.5, г) используют для разработки крепких каменистых грунтов бульдозерами большой мощности. Зубья выдвигаются гидроцилиндрами ниже ножей на 20...30 см. Совковый отвал (рис. 11.5, д) имеет боковые щитки, снижающие потери грунта при перемещении и выступающую вперед часть ножа для лучшего врезания в грунт. Применяют его для разработки малосвязных грунтов в случае перемещении их на большие расстояния. Ширину неповоротного отвала выбирают в 2,8...3,0 раза больше его высоты. Ширина поворотного отвала на 30...35% больше неповоротного. Вместе с тем ширина отвала должна превышать ширину базовой машины не менее чем на 100 мм для обеспечения возможности ее движения в траншее. Короткие прямые отвалы (рис. 11.5, е) снабжают амортизаторами, предназначают для бульдозеров-толкателей, толкающих при работе землеройно-транспортные машины для получения большего тягового усилия. Толкающие брусья таких отвалов устанавливают с внутренней стороны гусеничных тележек. Кроме указанных типов отвалов

внедряют в производство дополнительные виды сменного рабочего оборудования для отделки откосов насыпей, рыхления грунта, удаления кустарника и др. Использование их значительно повышает универсальность бульдозеров.

Бульдозер (рис. 11.6, *a*) состоит из базового пневмоколесного или гусеничного трактора 8 и навесного рабочего оборудования в виде отвала 5 с цилиндрической рабочей поверхностью и ножами 4 в его нижней части, соединенного с базовым трактором шарнирами 1 через два толкающих бруса 2 или универсальную раму 3 (рис. 11.6, *в*), и гидравлической системы управления отвалом.

Отвал на толкающих брусках (рис. 11.6, *a* и *б*) имеет боковые стенки и установлен режущей кромкой ножей перпендикулярно продольной оси машины. Наклон отвала в вертикальной плоскости регулируют раскосами 6 либо путем изменения их длины, либо положения места их крепления к отвалу или толкающим брускам. Управляют отвалом при его переводе из транспортного положения в рабочее и наоборот одним (малогобаритные бульдозеры) или двумя гидроцилиндрами 7, питаемыми рабочей жидкостью от гидравлической системы базового трактора. Бульдозеры с таким отвалом, называемым *неповоротным*, используют, в основном, на послойной разработке грунтов. У некоторых моделей бульдозеров предусмотрена регулировка наклона отвала в вертикальной плоскости (перекос) гидроцилиндром, изменением длины одного раскоса или места его крепления (рис. 11.6, *з*).

Рабочий цикл бульдозера с неповоротным в плане отвалом состоит из операций копания грунта (его отделения от массива и накопления перед отвалом - образования *призмы волочения*), его транспортирования волоком перед отвалом к месту укладки, разгрузки отвала и возвращения машины на исходную позицию следующего рабочего цикла.

При копании бульдозер перемещается на рабочей скорости, обычно соответствующей первой передаче, с целью получить возможно большее тяговое усилие. Для сокращения продолжительности копания желательно

предельно сокращать путь копания, для чего грунт следует разрабатывать с возможно большей толщиной стружки, которая в слабых грунтах обычно ограничена ходом поршня гидроцилиндра заглубления отвала, а в прочных грунтах - буксованием движителя. Желательно иметь постоянную толщину стружки на всем пути копания, что обычно реализуется только при разработке слабых грунтов.

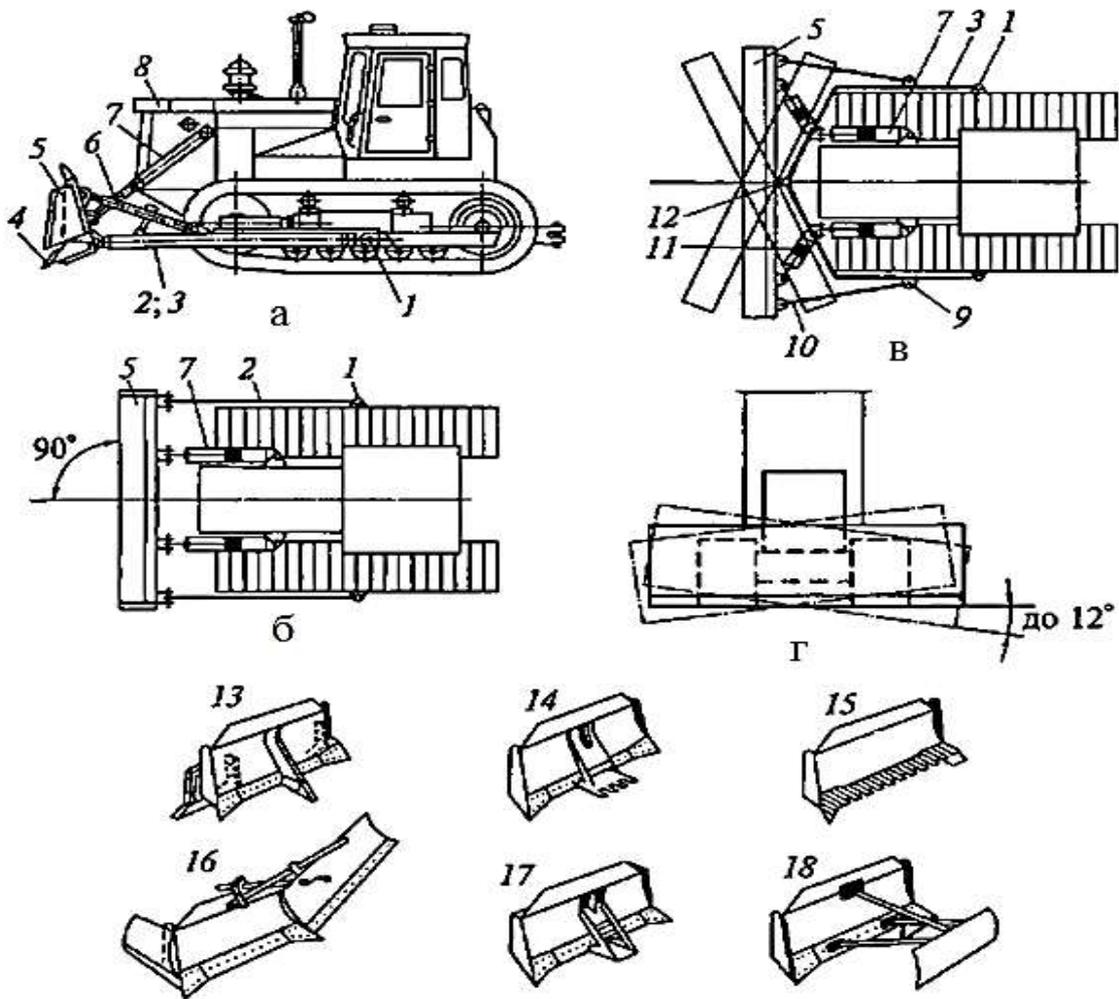


Рис. 11.6. Бульдозер: *а* - вид сбоку; *б* - вид в плане на бульдозер с неповоротным отвалом; *в* - то же, с поворотным отвалом; *г* - перекоп отвала; *д* - сменные рабочие органы

С повышением прочности грунта тяговая способность бульдозера может быть исчерпана в середине пути копания или недостаточной еще в начале копания. С учетом того, что по мере накопления грунта перед отвалом растут сопротивления формированию призмы волочения и ее передвижению волоком

по ненарушенному грунту, грунт разрабатывают клиновым или гребенчатым способами.

При разработке весьма плотных грунтов, например, уплотненных транспортом или другими способами, внедрение ножа отвала в грунт оказывается практически невозможным. В этих случаях применяют отвалы с выступающим средним ножом или грунт предварительно разрыхляют.

Весьма эффективно для таких условий применять навешенный в задней части базового трактора *рыхлитель* (рис. 11.7), или специальные сменные отвалы. Отвалоборудован одним передним и двумя задними зубьями. При движении машины задним ходом задние зубья прорезают в грунте прорезы, а при последующем движении передним ходом грунт дополнительно разрыхляют передним зубом и захватывают отвалом.

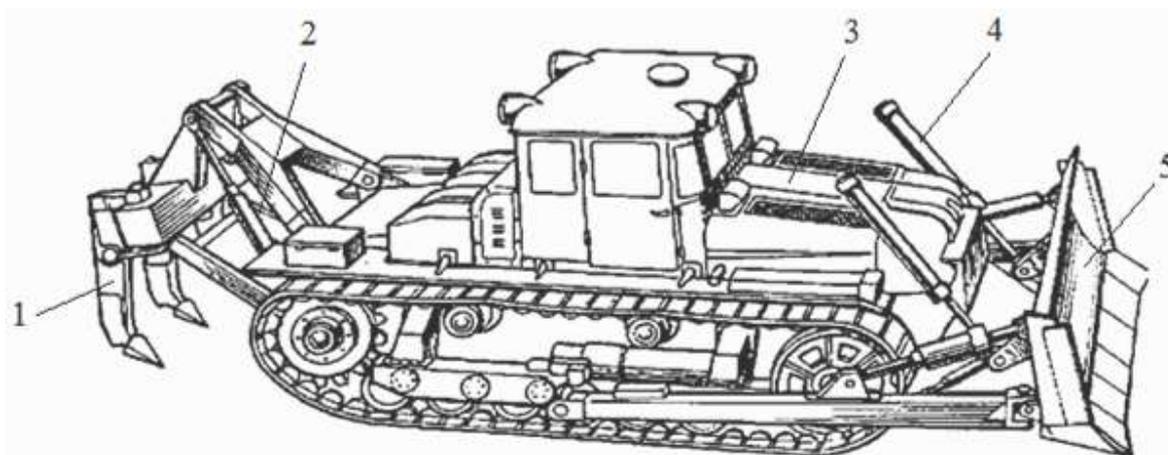


Рис. 11.7. Бульдозер-рыхлитель: 1-рыхлитель; 2-гидроцилиндр рыхлиткля; 3-трактор; 4-гидроцилиндр отвала;5-отвал.

Для взламывания асфальтовых покрытий при ремонте дорог применяют отвалы ,оборудованные киркой в передней части. Мерзлые грунты разрабатывают отваламис гребенчатыми ножами или с установленными на ножах зубьями.

По завершении операции копания отвал устанавливают ножами на уровень земли и в таком положении бульдозер перемещают передним ходом на возможно большей скорости к месту отсыпки грунта. Во время транспортирования грунта часть его теряется по пути, ссыпаясь по сторонам

отвала. Доля потерь зависит от вида грунта (наибольшие потери у несвязных, например, песчаных грунтов) и от дальности транспортирования. Эти потери не сказываются на производительности бульдозера, разрабатывающего выемку, поскольку производительность в этом случае определяют по объему вынутого из выемки грунта.

В случае сооружения насыпи ее определяют по объему доставленного в насыпь грунта. Влияние потерь грунта при его транспортировании на производительность бульдозера в этом случае ощутимо. Так, при транспортировании грунтов I...III категории (кроме сухого песка) на расстояние 40 м сменная производительность бульдозера примерно в 2,2 раза выше, чем при транспортировании тех же грунтов на расстояние 100 м.

Эффективным средством снижения потерь грунта является сокращение дальности транспортировки. На большие расстояния грунт перемещают с устройством *промежуточных валиков*, траншейным способом или с применением нескольких бульдозеров. Способ транспортирования грунта с устройством промежуточных валиков заключается в том, что сначала грунт перемещают на 40...50 м, накапливая его в первом валике, из которого его перемещают во второй валик на такое же расстояние - к месту укладки.

При транспортировании грунта *траншейным способом* на всех рабочих циклах бульдозер перемещают по одной и той же трассе. Ссыпавшийся по бокам отвала грунт образует валики, которые уменьшают потери грунта при последующих проходах бульдозера. Лучший эффект достигается при незначительном заглублении отвала в грунт вдоль трассы транспортирования и образовании таким образом неглубокой траншеи.

Транспортирование грунта одновременно несколькими бульдозерами применяют при достаточно широком фронте работ. При этом способе несколько бульдозеров передвигаются рядом с минимальными (до 0,5 м) зазорами между отвалами. Этот способ требует четкой координации движения всех машин с одинаковой скоростью, так как рассогласование скоростного режима равноценно по потерям грунта раздельной работе бульдозеров.

При разработке слабых грунтов производительность бульдозеров можно увеличить за счет использования дополнительных устройств к отвалам, изменяющих форму и объем последних (в 1,7...1,8 раз) в виде лобовых щитков, закрепляемых в верхней части отвала, уширителей и открылков на его боковых стенках.

Производительность можно повысить за счет правильного выбора трассы транспортирования грунта, отдавая предпочтение движению под уклон.

При перемещении под уклон $10...12^\circ$ можно повысить выработку бульдозера по сравнению с движением по горизонтальной трассе на 30...40%, и наоборот, при движении на подъем 10° производительность бульдозера снижается почти вдвое.

Отсыпают грунт совместно с планировкой поверхности или без нее. В первом случае отвал несколько поднимают над землей, и при движении бульдозера на малой скорости вперед грунт высыпается в зазор ниже режущей кромки отвала, а в дальнейшем, после выхода машины на отсыпанную возвышенность - вперед, наращивая последнюю. Частично отсыпанный грунт уплотняется перемещаемыми по нему движителями. Освобождение отвала от грунта без его планировки заключается в отходе от него бульдозера задним ходом. Так, в частности, засыпают траншеи и пазухи фундаментов.

Возвращают бульдозер на исходную позицию следующего рабочего цикла на максимально возможной скорости задним (при небольших расстояниях передвижения) или передним ходом с разворотами.

Бульдозерное навесное оборудование на базовый гусеничный (рис. 11.8) или пневмоколесный трактор (двухосный колесный тягач), включает отвал с ножами, толкающее устройство в виде брусьев или рамы и систему управления отвалом. Тягачи современных бульдозеров оснащаются дизельным двигателем с увеличенным запасом мощности и крутящего момента, механической или гидромеханической (динамической или объемной) ходовой трансмиссией с коробкой переключения передач под нагрузкой и гидросистемой управления бульдозерным отвалом. Последняя позволяет заглублять и выглублять отвал,

переводить его в плавающее положение, перекашивать в поперечной плоскости, изменять угол резания, а в бульдозерах с поворотным отвалом – поворачивать его в плане на угол до 25° в обе стороны. Современные бульдозеры являются конструктивно подобными машинами, базовые тракторы и навесное оборудование которых унифицированы. Главный параметр бульдозеров – тяговый класс базового трактора (тягача).

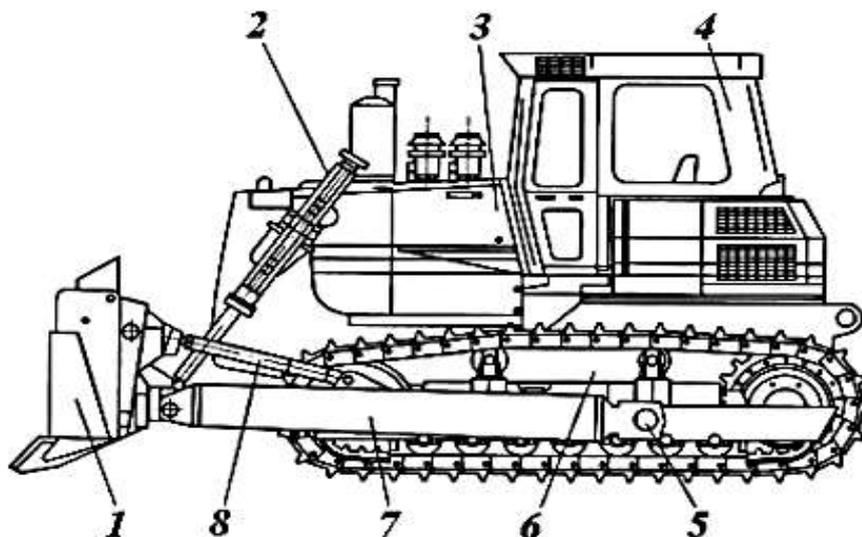


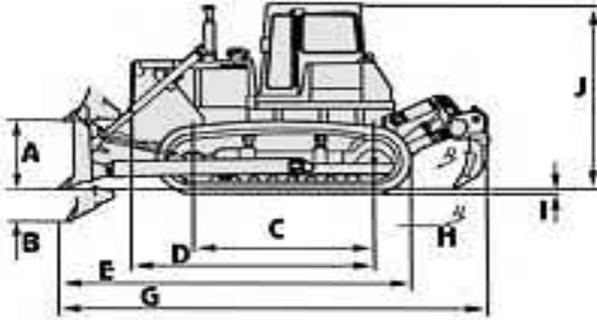
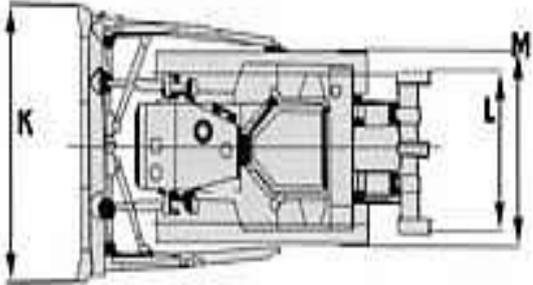
Рис. 11.8. Гусеничный бульдозер: 1 - отвал; 2 - гидроцилиндры подъема/опускания отвала; 3 - моторный отсек; 4 - кабина машиниста; 5 - упряжной шарнир; 6 - гусеничная тележка; 7 - толкающий брус; 8 - винтовой подкос.

Технические характеристики бульдозеров компания «SHANTUI» показанно в таблице 11.2

Таблица 11.2.

Технические характеристики бульдозеров компании «SHANTUI»

Завод	Shantui
Модель машины	SD32
Модель двигателя	Cummins NTA855-C360
Мощность двигателя	320 (л.с.)
Стандарт качества	Евро 2
Скорость вперед	0-3,6\0-6,6\0-11,5 (км/ч)

Скорость назад	0-4,4\0-7,8\0-13,5 (км/ч)
Снаряженная масса	37200 (кг.)
Призма волочения	прямой 10 (м. ³)
Вид с боку	Вид с верху
	
Тип отвала	U-образный
Тип рыхлителя	одно/трехстоечный
К Ширина отвала	4030 (мм.)
Высота отвала	1720 (мм.)
Шаг	228 (мм.)
Ширина колеи	2140 (мм.)
Количество поддерживающих катков (с каждой стороны)	2 (шт.)
Количество опорных катков (с каждой стороны)	7 (шт.)
С -длина опорной поверхности гусеницы	3150 (мм.)
В-максимальное заглубление отвала	560 (мм.)
Н-максимальное заглубление рыхлителя	1250 (мм.)
А-максимальная высота подъема отвала	1560 (мм.)
Максимальная высота подъема рыхлителя	955 (мм.)
Количество башмаков в гусенице (с каждой стороны)	41 (шт.)
Ширина башмака	560 (мм.)
Работа при уклоне	30°
J-общая высота	6880 (мм.)
К-общая ширина	3725 (мм.)
Е-длина с отвалом	4030 (мм.)
Бульдозер Shantui SD13S	



Двигатель - D6114ZG4B
Мощность(кВт/об.мин)
95,5кВт/1900 об.мин
Масса, кг - 14900

Бульдозер Shantui SD22



Двигатель - Cummins
NT855-C280 BC III
Мощность(кВт/об.мин) -
162кВт/1800 об.мин
Масса, кг - 23400

Бульдозер Shantui SD22C



Двигатель - Cummins
NTA855-C280
Мощность(кВт/об.мин) -
162кВт/1800 об.мин
Масса, кг - 24600

Бульдозер Shantui SD23



Двигатель - Cummins NT855-C280
Мощность(кВт/об.мин) –
169кВт/2000 об.мин
Масса, кг - 24600

Бульдозер Shantui SD32W

	<p>Двигатель - Cummins NT855-C360 Мощность(кВт/об.мин) - 235кВт/2000 об.мин Масса, кг - 40970</p>
<p><u>Бульдозер Shantui SD42-3</u></p>	
	<p>Двигатель- Cummins КТА19-С525 Мощность – 310кВт Масса, кг - 49000</p>

Производительность бульдозера определяется по формуле:

$$P_3 = \frac{3600 \cdot V_{пр}}{t_{ц} \cdot K_p}, \text{ м}^3/\text{час.} \quad (11.3)$$

где $V_{пр}$ - объем призмы волочения, м^3 ; $t_{ц}$ - время цикла; K_p – коэффициент разрыхления грунта.

Объем призмы волочения зависит от геометрических размеров отвала и свойств грунта определяется по формуле:

$$V_{пр} = A_{пр} \cdot \frac{B_{от}}{K_{пр}}; \text{ м}^3 \quad (11.4)$$

где $A_{пр}$ - площадь поперечного сечения призмы волочения, м^2 ; $B_{от}$ - длина отвала, м; $K_{пр}$ – коэффициент призмы волочения.

Площадь поперечного сечения призмы волочения определяется по формуле^

$$A_{пр} = (H_{от} - h) \cdot \frac{l}{2} (H_{от} - h)^2 / 2tg\delta \quad (11.5)$$

где $H_{от}$ - высота отвала, м; h - толщина срезаемого слоя грунта, м; l - длина (по оси бульдозера) призмы волочения, м; δ - угол естественного откоса грунта (град).

Коэффициент призмы волочения определяется по формуле:

$$K_{\text{пр}} = tg\delta \cdot K_p \quad (11.6)$$

для песка $K_{\text{пр}} = 1,0 \dots 1,2$; для суглинка $K_{\text{пр}} = 1,2 \dots 1,4$; для глины $K_{\text{пр}} = 1,2 \dots 1,3$)

Продолжительность рабочего цикла определяется по формуле:

$$t_{\text{ц}} = \frac{L_p}{v_k} + \frac{L_{\text{пер}}}{v_p} + \frac{L_p + L_{\text{пер}}}{v_x} + 2t_{\text{пов}} + t_{\text{пп}} + t_{\text{оп}}, \text{ с}$$

где $L_p, L_{\text{пер}}$ – длина путей резания и перемещения грунта; v_k, v_p и v_x – скорости копания, перемещения грунта и холостая скорость; $t_{\text{пов}}, t_{\text{пп}}, t_{\text{оп}}$ – время разворота (10...15 с), переключения передач (6...8 с), и подъем отвала за один цикл (4...5 с).

Бульдозеры с поворотным отвалом, выполняющие планировочные работы, а также очистку поверхностей от строительного мусора, снега, работают в непрерывном режиме. Отделенный от массива грунт (или другие материалы) перемещается по отвалу вверх и в сторону его наклона в плане по винтовым траекториям. При этом призма волочения, увлекаемая потоками грунта, непрерывно перемещается в сторону наклона отвала за его край и укладывается в виде валика параллельно направлению движения машины. Такое взаимодействие рабочего органа с грунтом, которое приводит к сдвигу грунта вдоль режущей кромки, называют *косым резанием*. При косом резании возникают дополнительные сопротивления перемещению грунта вдоль отвала.

Для планировочных работах производительность бульдозера определяется по формуле:

$$P_{\text{э}} = \frac{3600 \cdot L_{\text{пл}} \cdot (B_{\text{от}} \cdot \sin\mu - 0,5) K_v}{n \left(\frac{L_{\text{пл}}}{v_{\text{раб}}} + t_{\text{пов}} \right)}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (11.7)$$

где n – число проходов по одному месту.

11.4. Автогрейдеры.

Автогрейдером называют землеройно-транспортную машину на пневмоколесном ходу с отвальным рабочим органом, предназначенную для послойной разработки грунтов I и II категорий и планировки земляных

поверхностей при строительстве и содержании автомобильных и железных дорог, аэродромов, а также используемую в промышленном, гражданском, гидротехническом и ирригационном строительстве. С помощью автогрейдеров профилируют и планируют поверхности при возведении насыпей высотой до 0,6 м, отрывают и очищают кюветы и канавы треугольного и трапецеидального профилей, сооружают корыта для дорожных оснований, перемешивают и разравнивают грунт, щебень, гравий и вяжущие материалы, а также разрушают дорожные покрытия при ремонте дорог, расчищают от снега дороги и площади.

В зависимости от массы машины и мощности силовой установки автогрейдеры разделяют на *легкие* (массой до 9 т и мощностью до 50 кВт), *средние* (до 13 т, до 75 кВт), *тяжелые* (до 19 т, до 150 кВт) и *особо тяжелые* (более 19 т, более 150 кВт).

По конструктивному исполнению ходовых устройств они бывают *двухосными* и *трехосными*. Особенности конструкции ходового устройства отражаются колесной формулой типа $AxVxC$, где: А, В и С - число осей, соответственно, управляемых, ведущих и общее. Например, трехосный автогрейдер с двумя ведущими задними осями и передней осью с управляемыми колесами имеет колесную формулу 1x2x3.

Автогрейдеры с этой формулой получили наибольшее распространение в строительстве. По способу управления рабочим органом различают автогрейдеры с механической (обычно легкие автогрейдеры) и гидромеханической системами привода.

Рабочим органом автогрейдера является отвал 6 (см. рис. 11.9). Он расположен в средней части машины между передними 4 и задними 8 колесами на поворотном круге 7, установленном на тяговой раме 5. Последняя соединена в передней части универсальным шарниром с несущей (хребтовой) балкой 2, жестко соединенной с рамой ведущих (задних) колес и опирающейся на ось передних колес. Тяговая рама двумя гидроцилиндрами 1 может быть установлена задней частью на любой высоте, а также перекошена в

вертикальной плоскости. С помощью специального гидроцилиндра она может быть вынесена в любую сторону, в том числе за пределы колеи машины.

Эти кинематические возможности позволяют ориентировать отвал произвольно в плане и в вертикальной плоскости, включая вертикальные перекосы, выносить его в любую сторону от продольной оси движения автогрейдера. Кроме того, разовой установкой отвал можно выдвинуть в сторону относительно тяговой рамы, а также изменить его угол резания. При необходимости отвал дооборудуют специальными приставками, например для одновременной планировки подошвы и откоса насыпи, бровки и откоса выемки, профилирования придорожных канав и т. п. Для предварительной обработки плотных грунтов автогрейдер оснащают *кирковщиком 3*, бульдозерным отвалом или другим вспомогательным оборудованием, устанавливаемым в передней части машины и управляемым гидроцилиндрами.

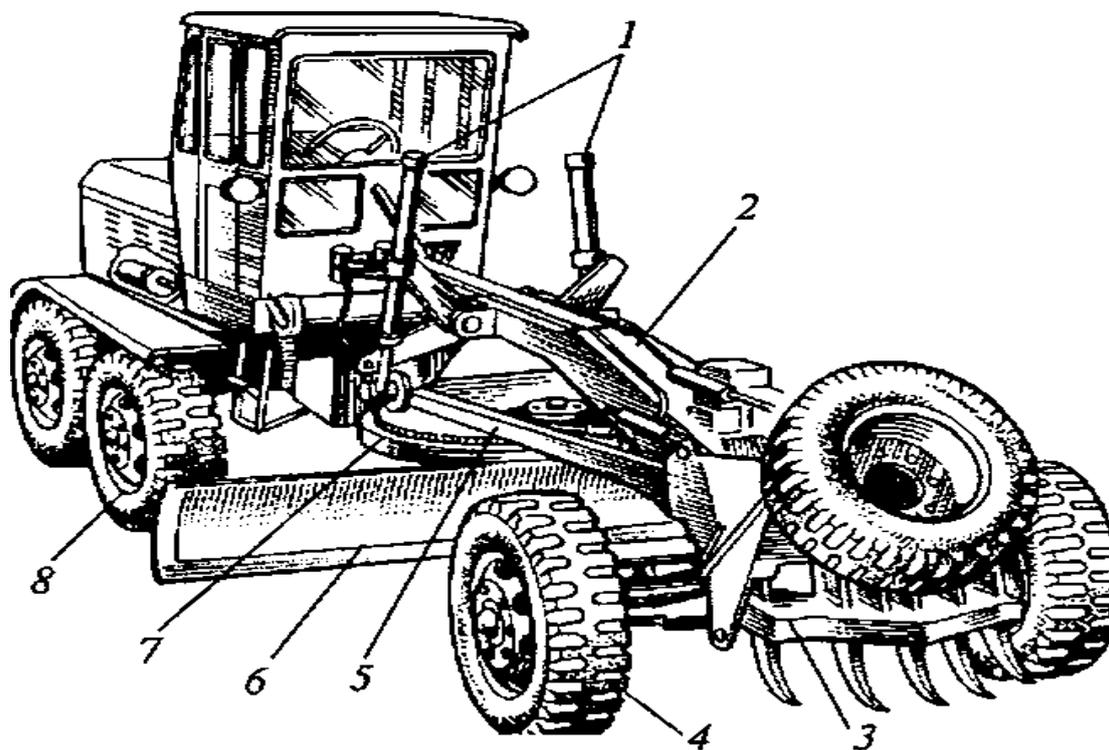


Рис. 11.9. Автогрейдер.

Для придания автогрейдеру поперечной устойчивости, в частности, при работе на косогорах, управляемые колеса делают наклоняющимися в

вертикальной плоскости. Задние колеса устанавливают попарно с каждой стороны на балансирных балках, что в сочетании с шарнирным опиранием хребтовой рамы на переднюю ось обеспечивает опирание на поверхность передвижения всех колес машины независимо от микронеровностей рельефа.

Положительной особенностью автогрейдеров как машин для планировочных работ является расположение отвала в средней части машины между передними и задними колесами. При наезде колесами на неровности в полосе движения высотные отклонения режущей кромки отвала будут незначительными, существенно меньшими, чем при консольном расположении бульдозерного отвала. Это качество позволяет планировать земляные поверхности с меньшим числом повторных проходов, чем при работе бульдозера.

Рабочий процесс автогрейдера включает копание грунта, его перемещение и укладку с разравниванием в земляное сооружение. При разработке грунта отвал устанавливают режущей кромкой как параллельно его поверхности, так и наклонно под углом $10...15^\circ$ с заглублением отвала по ширине. Угол резания составляет $35...45^\circ$ соответственно при разработке тяжелых и легких грунтов. При зарезании отвала в фунт одним концом угол между режущей кромкой отвала и продольной осью машины (угол захвата) принимают равным $35...50^\circ$, при отделочных планировочных работах $45...90^\circ$, при копании с отводом грунта в сторону по отвалу 60° .

В зависимости от размеров обрабатываемого участка, рельефа местности, наличия искусственных сооружений автогрейдеры движутся по круговым и челночным технологическим схемам. Так, в дорожном строительстве при длине обрабатываемого участка (*захватки*) $400...1500$ м автогрейдеры движутся по круговым технологическим схемам, а при меньших длинах - челночным способом (в одном направлении — вперед, в обратном - задним ходом). При этом в случае очень коротких захваток (около 150 м) грунт разрабатывают движением автогрейдера вперед, после чего возвращают машину на исходную позицию следующей проходки вхолостую задним ходом на повышенной скорости. При

больших длинах захваток грунт разрабатывают автогрейдером при его движении как передним, так и задним ходом с разворотом отвала на 180° в плане на концах захватки.

Основными параметрами автогрейдера являются общая массы машины, мощность двигателя N , сила тяги F_T , рабочие и транспортные $v_{тр}$ скорости, колесная схема, а также максимальное давление P_n , которое передается через нож на грунт от массы машины.

Сцепной $G_{сц}$ и общий вес автогрейдера G_a связаны зависимостью:

$$G_{сц} = G_a \cdot \mu, \text{ Н} \quad (11.8)$$

где μ – коэффициент сцепления $\mu = 1$ для колесных формул $3 \times 3 \times 3$, $1 \times 3 \times 3$, $2 \times 2 \times 2$; $\mu = 0,70 \dots 0,75$ при формуле $1 \times 2 \times 3$.

Максимальная сила тяги грейдера определяется по сцепному весу:

$$F_T = G_{сц} \cdot \varphi_{сц} = G_a \cdot \mu \cdot \varphi_{сц}, \text{ Н} \quad (11.9)$$

где $\varphi_{сц}$ – коэффициент сцепления.

Опыт использования автогрейдеров показывает, что число проходов для вырезания корыта обычно составляет $6 \dots 8$. При расчете сил сопротивления движению автогрейдера следует исходить из наиболее тяжелых условий работы – копания и перемещения грунта.

Общее сопротивление движению автогрейдера во время работы ΣF складывается из сопротивлений копанию F_k и перемещению $F_{п}$ самой машины.

Общее сопротивление движению автогрейдера во время работы определяется по формуле:

$$\Sigma F = F_k + F_{п} \text{ или } \Sigma F = F_k + m \cdot g \cdot (f \pm i) \quad (11.10)$$

где m – полная масса машины, кг; f – коэффициент сопротивления перемещению машины, $f = 0,10 \dots 0,20$; i – уклон пути.

Сила сопротивления резания грунта (кН) автогрейдером определяется по формуле:

$$F_p = 10 \cdot C \cdot h^{1,35} \cdot (1 + 2,6 \cdot \ell)(1 + 0,01 \cdot \delta) \quad (11.11)$$

где C – число ударов динамического плотномера; h – глубина резания, см; δ – угол резания, град.; ℓ – длина режущей кромки рабочего органа, м

При работе машин максимальное преодолеваемое сопротивление движению ограничивается силой сцепления двигателя с опорной поверхностью. Поэтому для нормальной работы машины должно соблюдаться следующие условие:

$$\Sigma F \leq T_n = G_{\text{сц}} \cdot \varphi_{\text{сц}} \quad (11.12)$$

где T_n – номинальное тяговое усилие машин, Н; $G_{\text{сц}}$ – сцепной вес машины, Н.

Некоторые автогрейдеры производимые зарубежными компаниями показанно на рис.11.10.



Рис 11.10. Автогрейдеры производимые зарубежными компаниями.

Грейдер-элеваторы. Грейдер-элеваторы предназначены для копания мерзлых грунтов в материковом залежании на горизонтах выше уровня грунтовых вод и отсыпки его в насыпи, отвалы или в транспортные средства. Их используют для возведения насыпей из боковых резервов, образования

продольных выемок, устройства каналов в полувыемках-полунасыпях и других подобных сооружений.

Грейдер-элеваторы выполняют как полуприцепные машины-орудия, агрегируемые с тракторами (гусеничными или колесными) или одноосными тягачами. Реже их выполняют как сменное навесное оборудование на автогрейдере. У полуприцепных грейдер-элеваторов основная рама (рис. 11.11) опирается на два пневмоколеса 10.

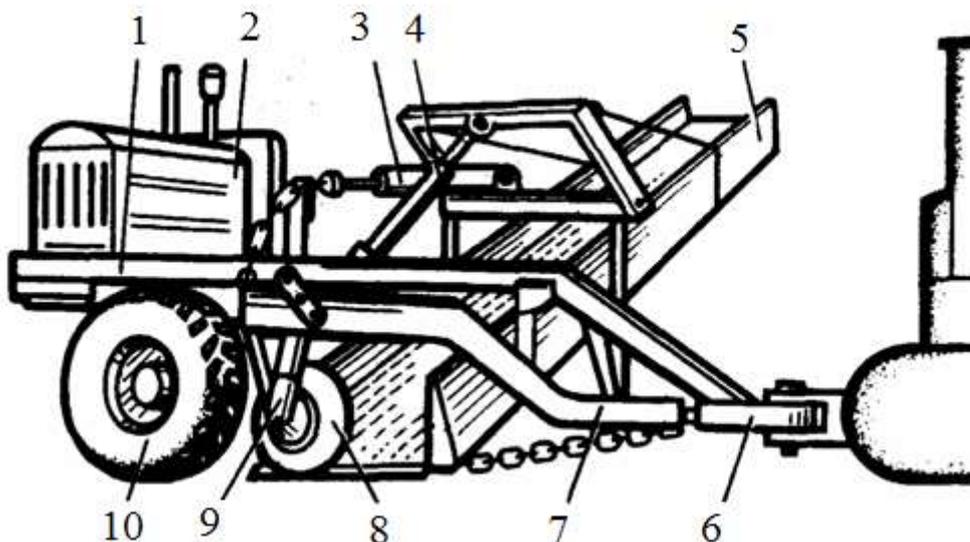


Рис. 11.11. Грейдер-элеватор: 1– рама; 2–двигатель; 3, 4– гидроцилиндры; 5–конвейер; 6– сцепное устройство; 7 плужная балка; 8– дисковый плуг; 9– кронштейн; 10–колеса.

У машин с большим вылетом отвального конвейера одно из колес – левое – в транспортном положении устанавливают симметрично со вторым колесом относительно продольной оси машины, а в рабочем положении для повышения устойчивости его отодвигают, устанавливая на специальной откидной оси. Передней частью основная рама соединена с тягачом по схеме универсального шарнира сцепным устройством 6. Рабочий орган в виде дискового плуга 8 подвешен на кронштейне Р к плужной балке 7. Он ориентирован так, что при движении машины вперед вырезает из грунта стружку с поперечным сечением в форме эллиптического сегмента. Отделенный от массива грунт, поднявшись по внутренней сферической поверхности плуга, отваливается на ленточный конвейер 5, расположенный поперек основной рамы, которым он отсыпается в

насыпь, отвал или транспортное средство. В зависимости от прочности разрабатываемых грунтов глубину стружки регулируют подъемом-опусканием плужной рамы с помощью гидроцилиндра 3. Угол наклона ленточного конвейера и, следовательно, высоту подъема грунта для разгрузки регулируют гидроцилиндром 4.

Для перемещения грунта на большие расстояния ленточный конвейер наращивают вставками. Гидравлические цилиндры питаются рабочей жидкостью от насосной установки, расположенной на тягаче или на грейдер-элеваторе. В первом случае она приводится в движение от двигателя тягача, а во втором - от собственного двигателя 2, управляемого дистанционно из кабины машиниста тягача.

Рабочий процесс грейдер-элеватора состоит из последовательных проходов машины по обрабатываемому участку с разворотами в конце последнего. Для снижения непроизводительных затрат времени на поворотные движения грейдер-элеваторы целесообразно применять на участках протяженностью 200...500 м и более. Некоторые модели грейдер-элеваторов позволяют работать челночным способом после установки рабочего органа в требуемое положение на концах участка.

Контрольные вопросы.

1. Для чего предназначены землеройно-транспортные машины? Какими рабочими органами они оборудованы? Каковы особенности рабочих процессов землеройно-транспортных машин?
2. Для чего предназначены скреперы? Из каких операций состоит их рабочий цикл? Какова дальность транспортировки грунта этими машинами? Назовите главный параметр скрепера. Приведите классификацию этих машин.
3. Как устроен и как работает самоходный скрепер? Перечислите способы разгрузки скреперных ковшей. Какими способами разрабатывают грунт скреперами? Охарактеризуйте способы эффективной загрузки ковшей. Какие уклоны могут преодолевать скреперы в режиме транспортировки грунта?

4. Как определяют техническую и эксплуатационную производительность скрепера?

5. Для чего предназначены бульдозеры? Какие виды работ они могут выполнять? Приведите классификацию бульдозеров.

6. Как устроен и как работает бульдозер с неповоротным в плане отвалом? Какими способами разрабатывают грунт бульдозером? Для чего в качестве одного из рабочих органов бульдозера-рыхлителя используют рыхлительное оборудование? Какими сменными рабочими органами оборудуют бульдозеры?

7. Какими мерами снижают потери грунта при его транспортировании бульдозерами?

8. Как определяют техническую производительность бульдозеров, послойно разрабатывающих грунт?

9. Как устроен и как работает бульдозер с поворотным в плане отвалом? Как определяют техническую производительность бульдозера, занятого на планировке земляных поверхностей? При каких условиях челночная схема работы бульдозера производительней работы с разворотами на концах захватки?

10. Для чего предназначены автогрейдеры? Какие виды работ они могут выполнять? Приведите классификацию автогрейдеров. Какова структура колесной формулы этих машин? Автогрейдеры с какой колесной формулой наиболее всего распространены в строительстве?

11. Как устроен и как работает автогрейдер? Охарактеризуйте возможные установочные положения отвала автогрейдера. Для чего передние колеса имеют возможность наклоняться в вертикальной плоскости? Чем обеспечивается опирание всех колес машины на поверхность передвижения? Каким образом обеспечиваются лучшие планировочные качества автогрейдеров по сравнению с бульдозерами, работающими в режиме планировки земляных поверхностей? Назовите технологические схемы движения автогрейдеров. При каких условиях они реализуются?.

Глава 12. Бурильные машины.

12.1. Способы бурения. Буровой инструмент.

Бурение — это процесс разрушения грунта с образованием в грунтовом массиве цилиндрических полостей и выносом из них продуктов разрушения на поверхность. При диаметре до 75 мм и глубине до 9 м полости называют *штурами*, при больших размерах — *скважинами*. В строительстве бурение осуществляют для проведения инженерно-геологических изысканий, при разработке фунтов взрывом, при водоснабжении и водопонижении, для установки столбов, дорожных знаков и надолб, устройства буронабивных свай и т.п.

Различают *механические* и *физические* способы бурения.

В большинстве бурильных машин и оборудования реализованы механические способы бурения с *вращательно-поступательным*, *ударно-вращательными* ударными движениями рабочего инструмента. В качестве рабочих органов для механического бурения применяют лопастные, шнековые и ковшовые буры, *буры-расширители*, *трех-шарошечные* и *ударные долота* (рис. 12.1).

Лопастной бур (см. рис. 12.1, а) состоит из трубчатого остова 1 с двумя копающими лопастями в виде двухзаходного винта, забурника 5 и заслонок 2. Забурник направляет и удерживает бур на оси бурения. Заслонки, шарнирно прикрепленные к лопастям, препятствуют просыпанию грунта при его извлечении из скважины. Бур крепят к нижнему концу граненой штанги. Для работы в мерзлых грунтах лопасти и забурник оснащают резцами, армированными твердосплавными пластинками 4.

У шнекового бура (см. рис. 12.1, б) остов длиннее, чем у лопастного. К нему приварена спираль 7 из полосовой стали, образующая шнек. В нижней части остова закреплены копающие лопасти 6 и забурник 5.

Лопастной и шнековый буры разгружают после их извлечения из скважины вращением с повышенной скоростью, вследствие чего находящиеся на их лопастях и шнековой спирали продукты бурения рассыпаются в стороны за счет центробежных сил.

Ковшовый бур представляет собой полый цилиндр с откидным дном и ножами в его нижнем торце. Срезаемый ножами грунт заполняет внутреннюю полость бура через окна в его днище. После заполнения его извлекают из скважины и разгружают через открытое днище.

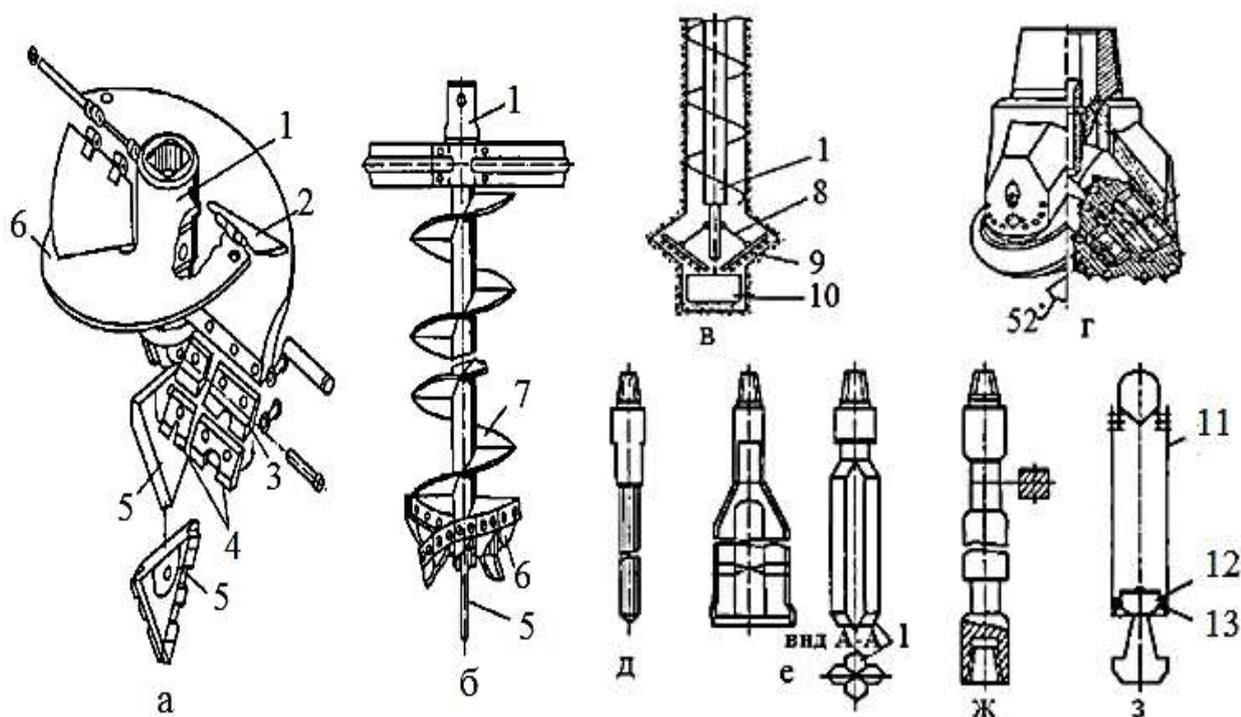


Рис. 12.1. Буровой инструмент: а - лопастной бур; б - шнековый бур; в - шнековый бур - расширитель; г - трехшарошечное долото; д - зубильное долото; е - крестовое долото; ж - ударная штанга; з - желонка.

Буром-расширителем (см. рис. 12.1, в), закрепляемым на буровой штанге 1 в ее нижней части, расширяют полость скважины под пяту сваи. При вращении штанги ножи 9с рычагами 8опускаются под действием собственного веса и срезают грунт, который ссыпается в ковш 10. Разгружают ковш, как описано выше. Качество зачистки забоя скважины влияет на несущую

способность буронабивной сваи, поэтому разрыхленный грунт в забое уплотняют специальными трамбовками.

Шарошечное долото (см. рис. 12.1, з) состоит из трех сваренных между собой лап, на концах которых на подшипниках качения установлены шарошки с углом наклона осей к центральной оси долота $50...60^\circ$. Шарошка представляет собой корпус из ковanej стали с запрессованными в его тело твердосплавными зубками. При вращении штанги *шарошки* вращаются вокруг своих осей и относительно оси долота. Через пустотелую штангу и отверстия в корпусе долота и шарошках подают сжатый воздух от компрессорной установки для выноса на поверхность буровой мелочи.

Продукты бурения удаляют из скважины специальными инструментами, промывкой скважины водой, а также продувкой. В случае промывки или продувки для работы в комплекте с буровой машиной применяют насосную или компрессорную установку, что повышает стоимость буровых работ. Для промывки скважины требуется большое количество воды, в связи с чем этот способ применяют, в основном, при работе вблизи водоемов. При этом, во избежание загрязнения рабочей площадки и создания обслуживающему персоналу нормальных рабочих условий, требуется принять меры по отводу от устья скважины водогрунтовой смеси. При продувке скважины воздухом в рабочей зоне бурильной машины образуется пылевое облако с большим содержанием абразивных частиц, вредно влияющих на организм человека и способствующих быстрому абразивному износу шарниров машины, элементов ее гидропривода и других кинематических пар. Для защиты от вредного воздействия пыли требуется принимать специальные меры, включая индивидуальную защиту, например *респираторы*. Очищать скважину от буровой мелочи продувкой допустимо лишь в случаях, когда невозможно использовать другие способы.

К физическим способам бурения относятся термический, ультразвуковой, электрогидравлический, высокочастотный и гидравлический. Из них практическое применение нашел лишь термический способ, реализованный

в станках термического бурения. Остальные способы бурения находятся в стадии теоретических и экспериментальных разработок.

Бурильные машины с вращательно-поступательным движением бурового инструмента изготавливают на базе грузовых автомобилей, гусеничных и пневмоколесных тракторов. Кроме того, буровое оборудование монтируют в качестве сменного рабочего оборудования на одноковшовых гидравлических экскаваторах, малогабаритных погрузчиках с бортовым поворотом и других машинах.

Главным параметром бурильной машины является *глубина бурения*, по которой различают машины *легкие, средней и тяжелые* с глубиной бурения соответственно до 5, 20 и свыше 20 м.

Бурильно-крановые машины. Эти 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.

Неповоротная бурильно-крановые машины применяют для бурения скважин в однородных грунтах. Рабочее оборудование такой машины (рис. 12.2) на базе грузового автомобиля, состоящее из полой бурильной штанги 3 с

гидроцилиндром внутри нее, вращателя 5, приводимого через механическую трансмиссию от двигателя базового автомобиля или от индивидуального гидромотора, граненой штанги 6, рабочего инструмента лопастного 7 или шнекового бура, располагают сзади базового автомобиля 1, закрепляя его шарнирно на раме последнего. Рабочее оборудование из транспортного положения в рабочее и наоборот переводят гидравлическим цилиндром 2.

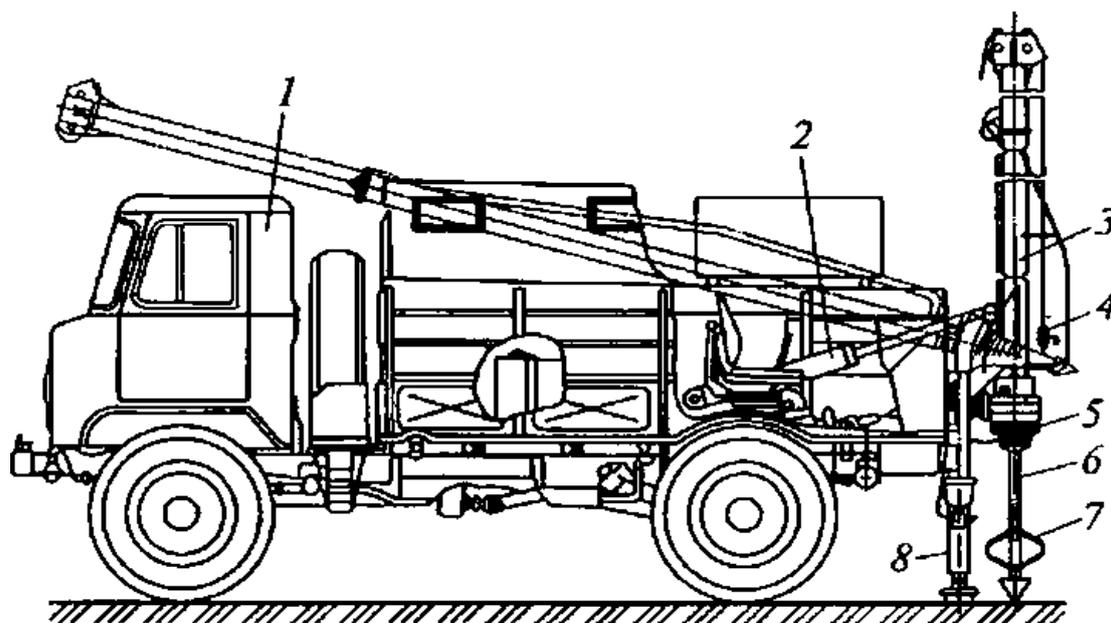


Рис. 12.2. Неповоротная бурильно-крановая машина.

Для бурения скважины машину устанавливают на выносные опоры 8, гидравлическим цилиндром, находящимся внутри полой штанги, опускают бур на поверхность земли и включают вращатель. По мере заглубления бура в грунт и накопления на его лопастях (в случае лопастного бура) или на спирали шнека (при шнековом буре) разработанного грунта бур извлекают из скважины и на повышенной скорости вращения освобождают его от продуктов разрушения, после чего бур снова опускают в скважину и повторяют процесс бурения до достижения требуемой глубины.

Для установки столбов в пробуренные скважины легкие бурильные машины оборудуют, кроме того, грузовой лебедкой с канатом, огибающим блоки на голове штанги и оканчивающимся крюковой подвеской 4.

Бурильно-крановая машина с поворотным в плане рабочим оборудованием (рис. 12.3) смонтирована на шасси автомобиля 3 и предназначена для бурения скважин диаметром 0,63 м на глубину до 15 м в талых и мерзлых грунтах.

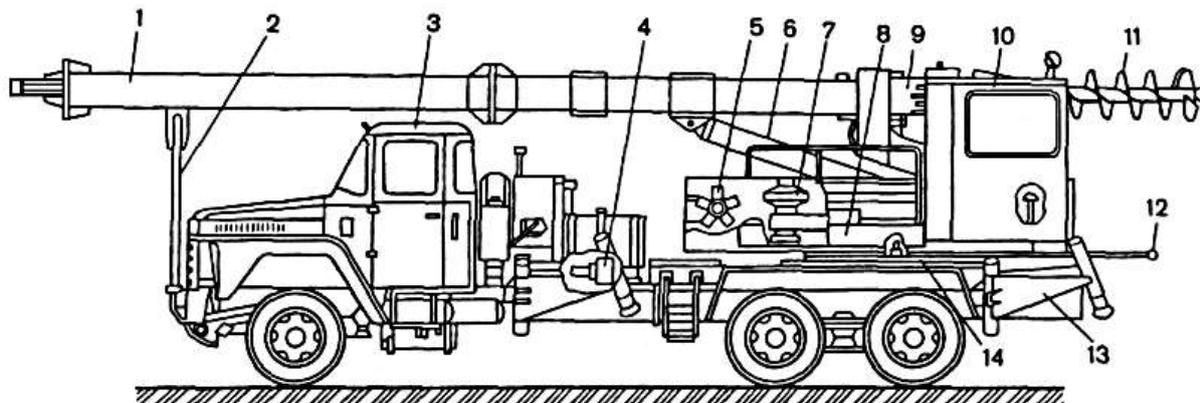


Рис. 12.3. Поворотная бурильно-крановая машина.

На раме базовой машины 3 смонтированы насосная станция 4, опорная стойка 2 мачты 1 выносные опоры 13, снабженные опорными гидродомкратами и гидроцилиндрами поворота опоры, на которые машина опирается при бурении. На поворотной платформе 8 с роликовым опорноповоротным 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. Телескопическая штанга 9, на нижнем конце которой крепится сменный шнековый бур 10, пропущена через вращатель и шарнирно соединена с вертлюгом 5. Она служит для направленного

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 физикомеханических 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.

Обычно вращатель 10 (рис. 12.4) приводится в движение двумя гидромоторами 14 и 15, один из которых — 14 — через зубчатую пару 12 обеспечивает вращение буровой штанги 11 на рабочей скорости, а второй — 15 — через зубчатую пару 9 — вращение на повышенной скорости для освобождения от продуктов бурения вынутого из скважины шнекового бура 13. В связи с необходимостью обеспечения значительного по длине хода буровой штанги прежняя схема напорного механизма оказывается непригодной. Для этого используют два гидроцилиндра 7, установленные симметрично по обе стороны буровой штанги, и работающие перехватом через четырех-кулачковый патрон 8, который охватывает штангу и зажимает ее своими кулачками. В таком положении соединенные штоками с патроном гидроцилиндры опускают буровую штангу до исчерпания полного хода их поршней, после чего кулачки разжимаются, гидроцилиндры поднимают патрон вверх, где его устанавливают на штанге на новом месте. Гидроцилиндры используют только для напорного движения, а для подъема штанги служит лебедка с барабаном 3, приводимым во вращение гидромотором 1 через встроенный в барабан планетарный редуктор 4. Второй конец навиваемого на

барабан каната 5 закреплен на вертлюге 6 в верхней части буровой штанги. В поднятом положении штанга удерживается тормозом 2.

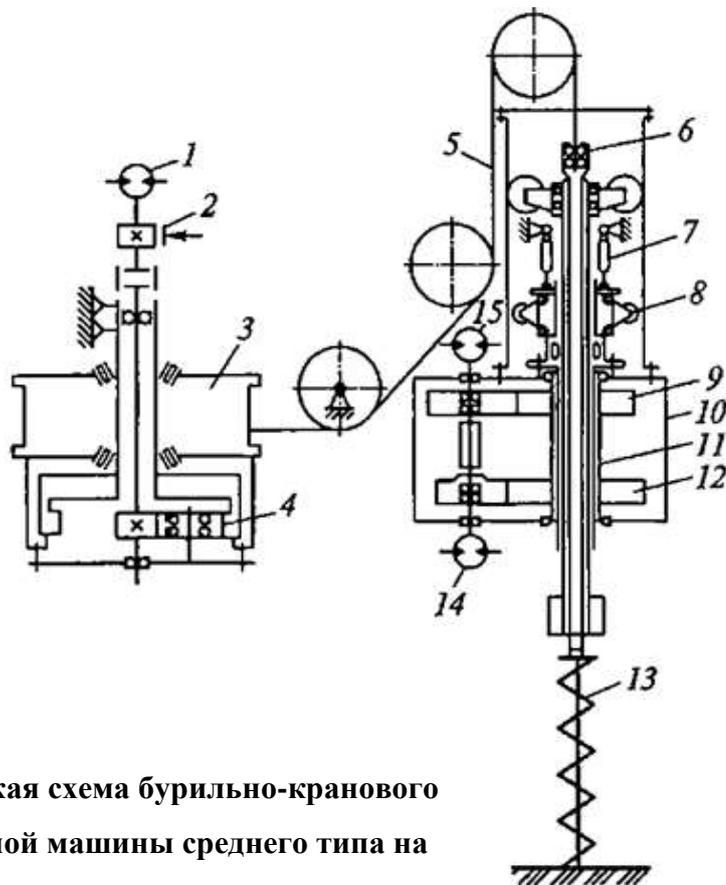
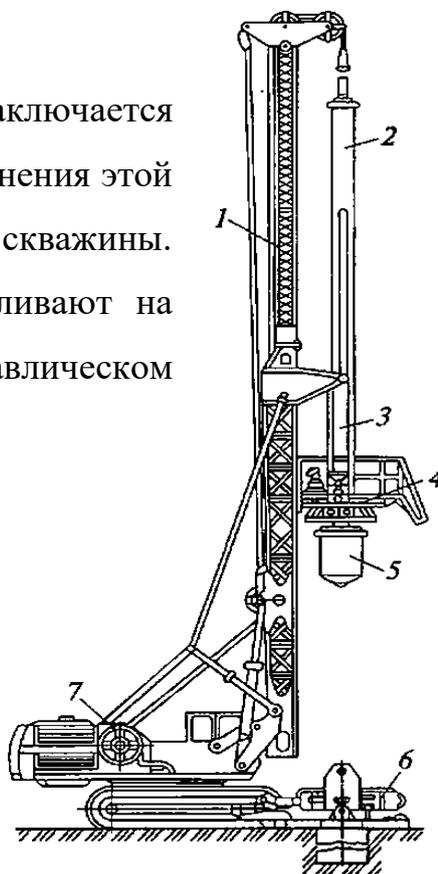


Рис 12.4. Кинематическая схема бурильно-кранового оборудования бурильной машины среднего типа на базе автомобиля.

Особенность работы с *ковшовым буром* заключается в его отличной от прежней разгрузке. Для выполнения этой операции бур необходимо отводить в сторону от скважины. С этой целью буровое оборудование устанавливают на поворотной части машины, в частности, на гидравлическом экскаваторе (рис. 12.5).

Рис. 12.5. Бурильная машина тяжелого типа на базе одноковшового экскаватора: 1-мачта; 2-телескопическая штанга; 3 - гидроцилиндр подачи; 4 - вращатель; 5-ковшовый бур; 6- механизм погружения и извлечения обсадных труб; 7- лебедка.



Рабочим органом *машин для бурения шпуров* при разработке прочных грунтов взрывом служит одна или две буровые штанги 1 (рис. 12.6) с резами или шарошечными долотами на конце. Соответственно различают *одно- и двухшпиндельные* буровые машины. Верхними гранеными концами штанги входят в полые цапфы ведомых колес редукторов-вращателей 4 и заклиниваются в них, образуя неподвижное соединение. Нижние концы штанг проходят через направляющие отверстия в нижней части рамы 6. Редукторы вместе с приводными гидродвигателями 5 располагают на подвижной каретке 3, перемещаемой гидроцилиндром 2 в направляющих рамы 6. Последняя с помощью гидроцилиндров может быть установлена в вертикальное или наклонное рабочее положение либо уложена вдоль базового трактора в транспортное положение. В случае применения пневмоколесного базового трактора для обеспечения устойчивой работы машины ее устанавливают на выносные опоры 7.

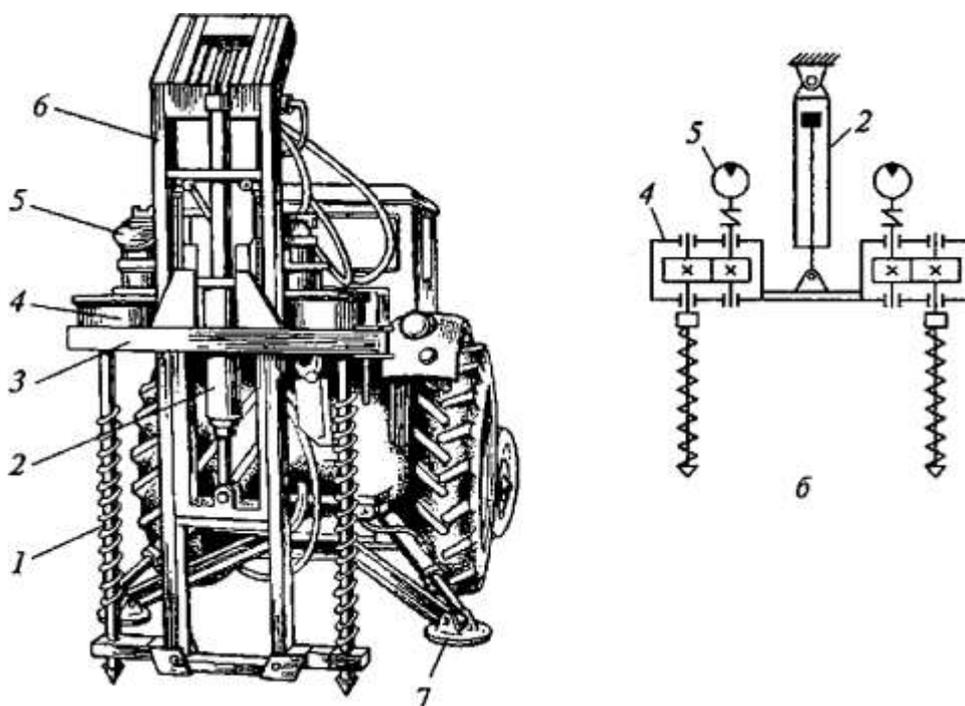
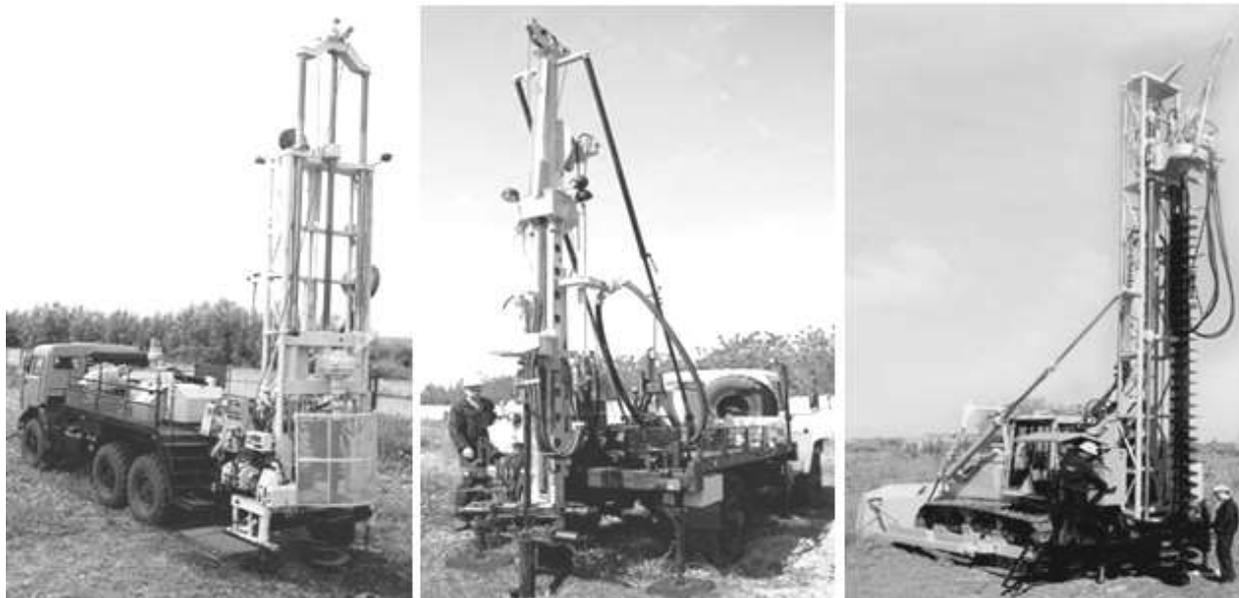


Рис. 12.6. Двухшпиндельная машина для бурения шпуров на базе пневмоколесного трактора (а) и кинематическая схема привода рабочего органа (б).

Для бурения шпуров машину устанавливают в рабочее положение, опускают подвижную каретку до касания бурами земли и одновременным вращением штанг и их осевым перемещением разрабатывают скважины. Продукты бурения выносятся на поверхность сжатым воздухом от передвижного компрессора или спиральной лентой по длине буровых штанг. При необходимости штангу периодически поднимают над поверхностью земли и вращением освобождают от продуктов бурения.



**Рис 12.7. Мобильные буровые установки марки ЛБУ-50, УГБ-001 и УСГ-002
«Атлант»**

Контрольные вопросы.

1. Для чего в строительстве применяют бурение грунтов?
2. Перечислите способы бурения и виды бурового инструмента.
3. Какие машины служат базовыми бурильных машин и назовите главный параметр бурильных машин.
4. Как работают бурильно-крановые машины на базе грузовых автомобилей, в том числе большие-фузных? Каким рабочим инструментом их оснащают? Какие базовые машины используют для работы с ковшовым буром?
5. Как устроена и как работает машина для бурения шпуров?

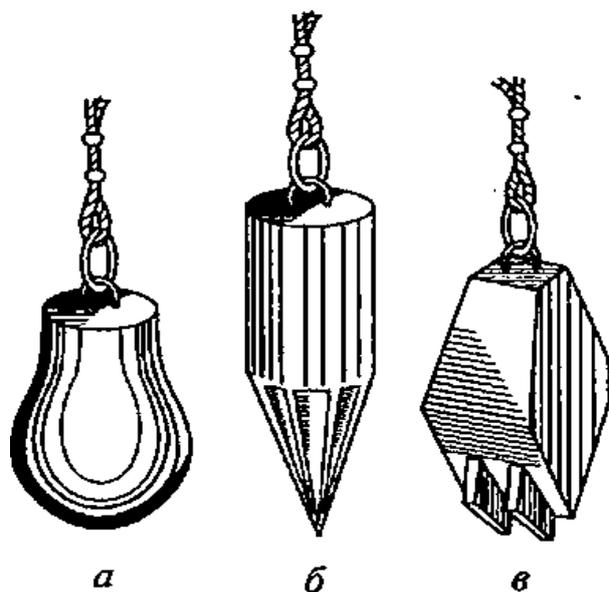
Глава 13. Машины для разработки прочных и мерзлых грунтов.

13.1. Общие сведения о машинах и оборудовании для разработки прочных и мерзлых грунтов.

Мерзлые и прочные грунты по сравнению с немерзлыми (талыми) характеризуются значительно большим сопротивлением 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. При небольших объемах работ, например при выполнении ремонтов, применяют оттаивание, которое может выполняться различными способами.

Для разрушения прочных и мерзлых грунтов с промерзанием на глубину до 0,5...0,7 м применяют специальные снаряды в виде *шар-молотов* (рис. 13.1, *а*) массой 500 кг и более и *клин-молотов* (рис. 13.1, *б* и *в*) массой 2000...3000 кг, подвешиваемые на канатах грузовых лебедок гусеничных кранов и экскаваторов с крановым оборудованием. Снаряд поднимают лебедкой на высоту 6...8 м и сбрасывают его на разрабатываемый грунт. Известны также специальные машины на базе гусеничного трактора, в которых вертикально перемещающийся снаряд движется в трубе.

Рис. 13.1. Сменное оборудование для разработки мерзлых грунтов: *а* - шар-молот; *б* - клин-молот; *в* - клин-молот с зубьями.



Способ разрушения мерзлых грунтов свободно падающим снарядом хотя и является наиболее простым, все же широкого распространения не получил из-за низкой производительности (4... 10 м³/ч), а также из-за повышенных динамических нагрузок, вредно воздействующих как на базовую машину, так и на близко расположенные коммуникации и сооружения. В настоящее время для подготовки к экскавации больших площадей и объемов мерзлых грунтов наиболее часто применяют *навесные рыхлители* и *щеленарезные машины*.

В современном строительстве разработку мерзлых и прочных 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 с прочными и мерзлыми грунтами, а также снятия твердых покрытий) 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 на тракторах класса 10...50.

Рыхлители (рис. 13.2) применяют для послойной разработки прочных грунтов, включая мерзлые, многолетнемерзлые и скальные, с последующей уборкой землеройно-транспортными или погрузочными машинами. Их применяют при рытье котлованов и широких траншей, устройстве выемок в

гидротехническом строительстве, корыт под дорожное полотно, разработке мерзлых россыпей полезных ископаемых и на вскрышных работах.

Как основные, так и вспомогательные рыхлители оборудуют одним или несколькими зубьями 6 (см. рис. 13.2, а), устанавливаемыми на поперечной балке 2 жестко или с возможностью незначительных угловых перемещений в плане через поворотные кронштейны 5, закрепленные на балке шарнирно. При трех зубьях их располагают на одной балке в ряд, при пяти зубьях — в два ряда по шахматной схеме. Зубья с поперечной балкой навешивают на базовый трактор через стойку 3 по схеме *трехточечной* или *четырёхточечной* (*параллелограммной*) (см. рис. 13.2, б) подвесок, регулируя глубину пофужения зубьев одним или двумя гидроцилиндрами 4 (см. рис. 13.2,а).

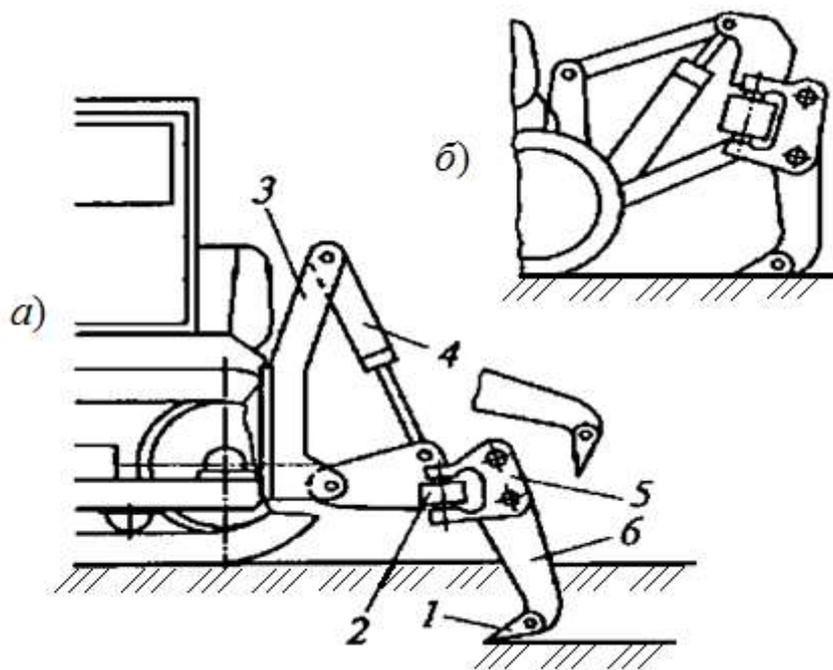


Рис. 13.2. Навесные рыхлители.

Различают основные и вспомогательные рыхлители.

Основные рыхлители изготавливают как навесное оборудование к гусеничным или пневмоколесным тракторам, а вспомогательные агрегируют с основным оборудованием ЗТМ и погрузчиков для рыхления плотных грунтов и слежавшихся материалов.

Параллелограммная подвеска обеспечивает постоянство угла резания независимо от глубины пофужения зубьев, что по сравнению с трехточечной подвеской позволяет снизить рабочие сопротивления на зубьях, повысить производительность рыхлителя и увеличить срок службы сменных наконечников зубьев 1.

Машины ударного действия для рыхления грунта ударными импульсами, машины безударного действия для отрыва грунта от массива, баровые и дискофрезерные машины 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 послойной разработки мерзлых грунтов с промерзанием на всю глубину траншеи. Твердые дорожные покрытия и грунты при относительно неглубоком промерзании (до 1 м) можно эффективно взламывать рыхлителями, установленными на мощных гусеничных тракторах. 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 клинмолоты конусообразной, пирамидальной и клиновидной форм массой 0,5...4 т. Клин-молот 3 (рис. 13.3, 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.13.3 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, на котором устанавливается подъемная зубчато-фрикционная лебедка 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. 13.3, в), подвешенным на канате подъемной лебедки базовой машины и движущимся относительно направляющей 5; дизель-молотами, вибромолотами; гидравлическими, пневматическими гидропневматическими молотами, используемыми в качестве сменного рабочего оборудования одноковшовых строительных экскаваторов.

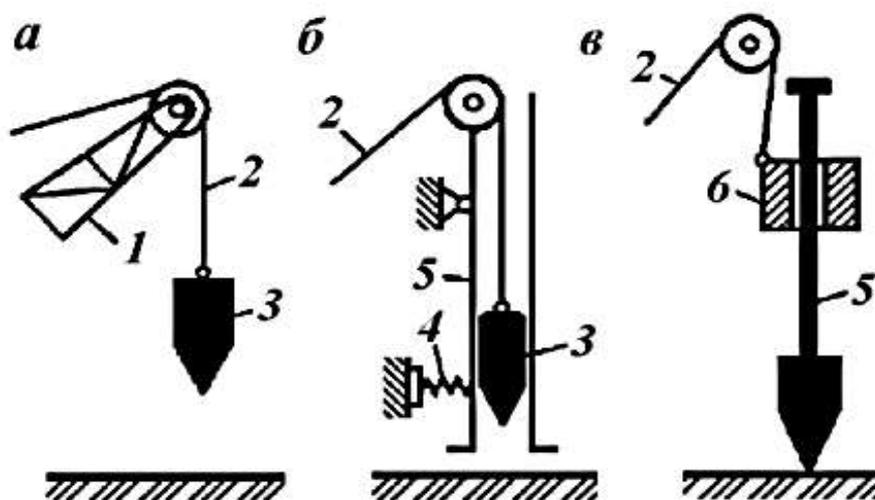


Рис. 13.3. Схемы рабочих органов ударного действия:

a – с ненаправленными ударами; *б* – с направленными ударами; *в* – с забиваемым клином.

Гидро и пневмомолоты в настоящее время являются самым распространенным и эффективным оборудованием для разрушения мерзлых грунтов ударной нагрузкой.

Гидравлические молоты навешиваются на экскаваторы 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. 13.4) 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 установленной мощности и снижение эксплуатационных затрат. Гидромолоты создают значительные импульсы силы направленного действия и обеспечивают наименьшую энергоемкость процесса разработки мерзлых грунтов и разрушения твердых покрытий.

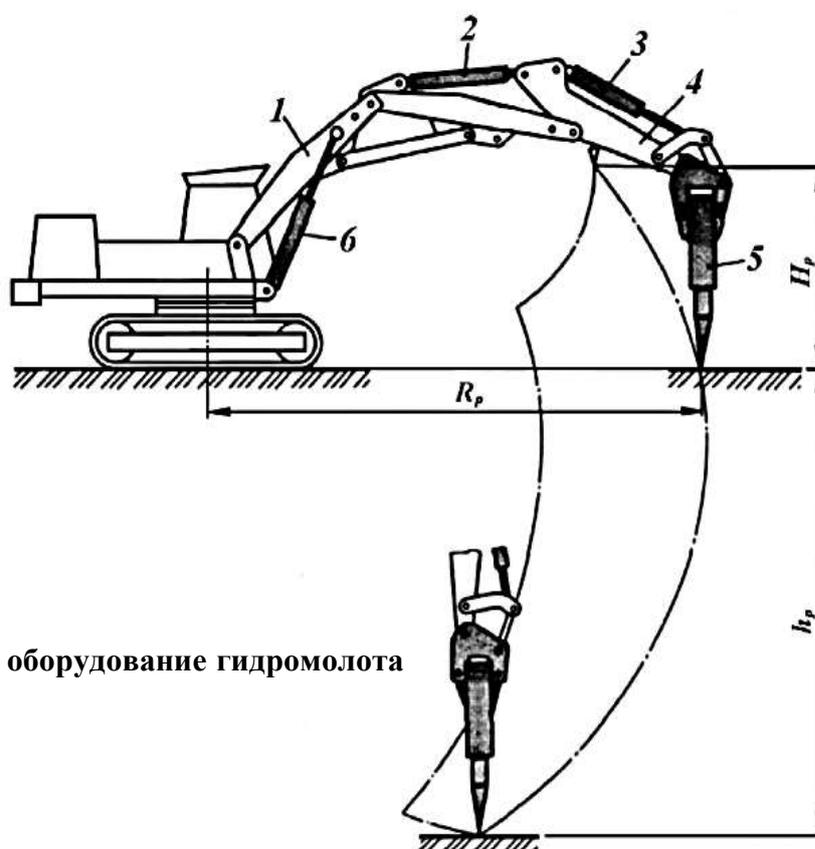


Рис. 13.4. Рабочее оборудование гидромолота на экскаваторе.

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.

Молоты с гидроаккумулятором просты в управлении и обслуживании, имеют довольно высокий к.п.д. (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.

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 ковшом. При работе с молотами стрела экскаватора устанавливается в плавающее положение, что обеспечивает полную виброизоляцию рабочего места машиниста. Молоты комплектуются легко сменяемыми рыхлительными, дробящими, сваебойными, трамбующими инструментами 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. 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 захватноклещевым 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-клевещевого типа навешивается на гусеничные гидравлические экскаваторы 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. Зубья одно- и трехзубых рыхлителей наплавляют твердым сплавом. В комплект однозубого рыхлителя (рис. 13.5, 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.

Трехзубый рыхлитель (рис. 13.5, 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.

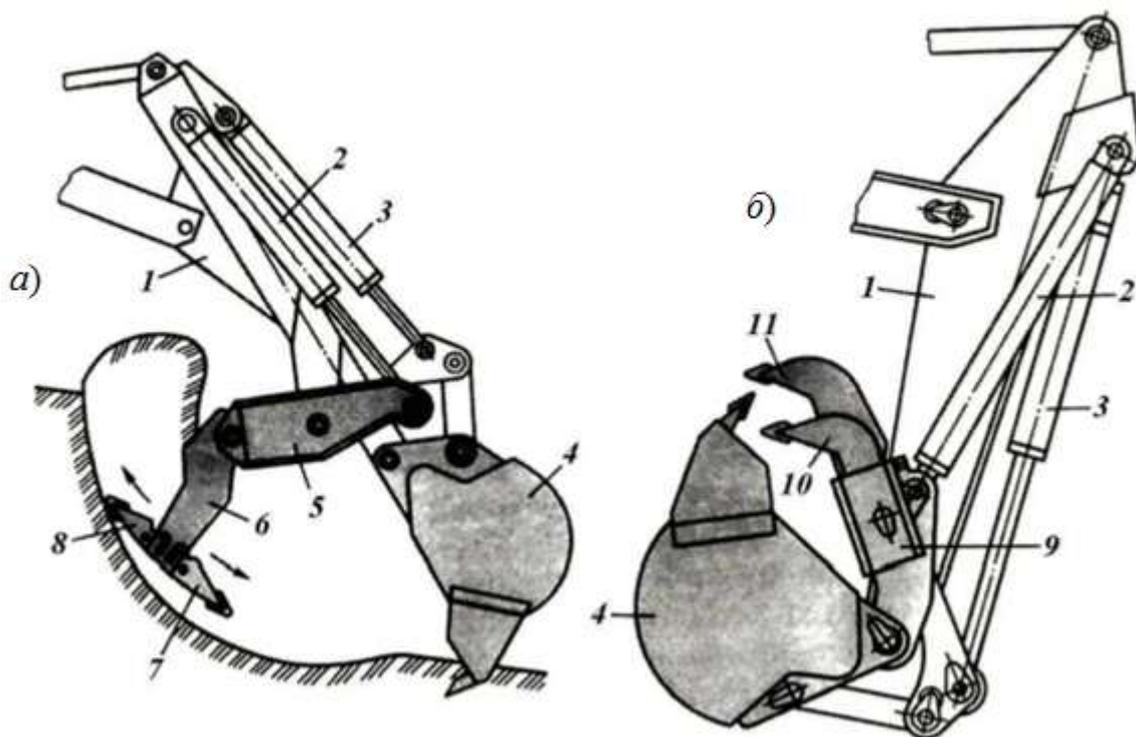


Рис. 13.5. Оборудование захватно-клещевого типа с однозубым (а) и трехзубым (б) рыхлителями.

Щелерезные машины применяют для нарезания щелей шириной до 0,3 м в однородных, мерзлых и трудноразрабатываемых немерзлых прочных грунтах. Они представляют собой баровое, цепное и дискфрезерное 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 дискфрезерные 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 резцами, обегаящей плоскую раму с приводной и натяжной звездочками. Баровыми рабочими органами, прорезающими щели шириной 0,14 м, оборудуются цепные траншейные экскаваторы. Барами прорезают вертикальные 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, механизмов его привода 2 и заглубления 3 и гидромеханического ходоуменьшителя 5 базового трактора 1 (рис. 13.6). Цепные щелерезные органы представляют собой гусеничные цепи движителей тракторов класса 10 с резцами и состоят 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 резцами от баров угольных врубовых машин или комбайнов. Для улучшения транспортирующей способности при резании мерзлых грунтов и повышения производительности машины при работе в талых грунтах к резцедержателям дополнительно крепят скребки.

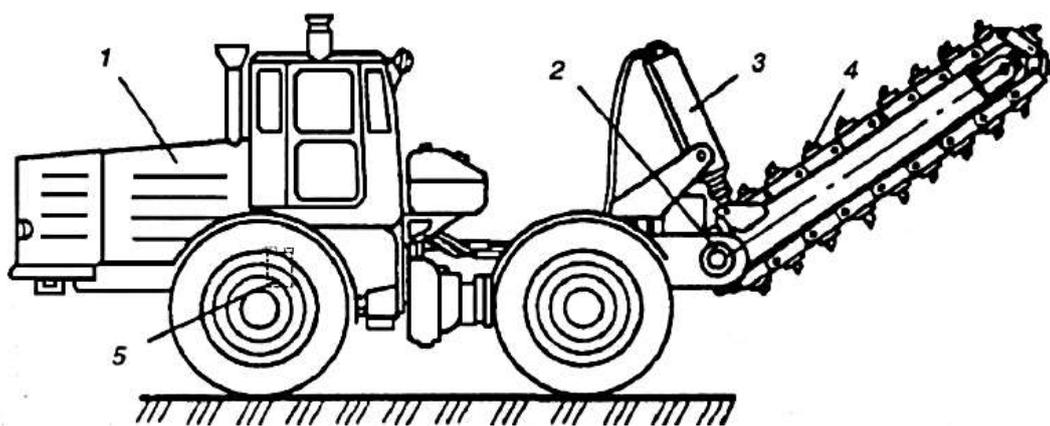


Рис. 13.6. Однobarовая щелерезная машина.

Основными достоинствами цепных и баровых землерезных машин являются простота конструкции и удобство в эксплуатации, небольшая металлоемкость и достаточно высокая (до 70 м³/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 машины (дискофрезерные) 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.

Из щеленарезных машин наибольшее распространение в строительстве получили *баровые машины* (рис. 13.7), рабочее оборудование которых состоит из одного или двух цепных баров 1 врубных машин, приводимых в движение через механическую трансмиссию от двигателя базового гусеничного трактора 3. В рабочее положение и обратно бары переводятся гидроцилиндрами 2. Баровые цепи, оснащенные резами, прорезают в грунте щели шириной 0,14 м глубиной до 2 м. Оконтуренные с двух сторон прорезанными щелями полосы грунта разрабатываются затем одноковшовыми экскаваторами и экскаваторами

непрерывного действия. Рабочая скорость движения машины при глубине промерзания до 1 м - около 60 м/ч.

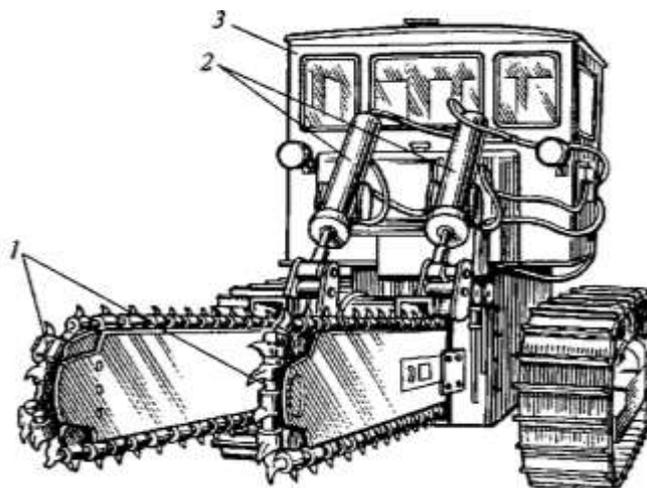


Рис. 13.7. Двухбаровая щеленарезная машина.

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.13.8.) 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 установлен 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.

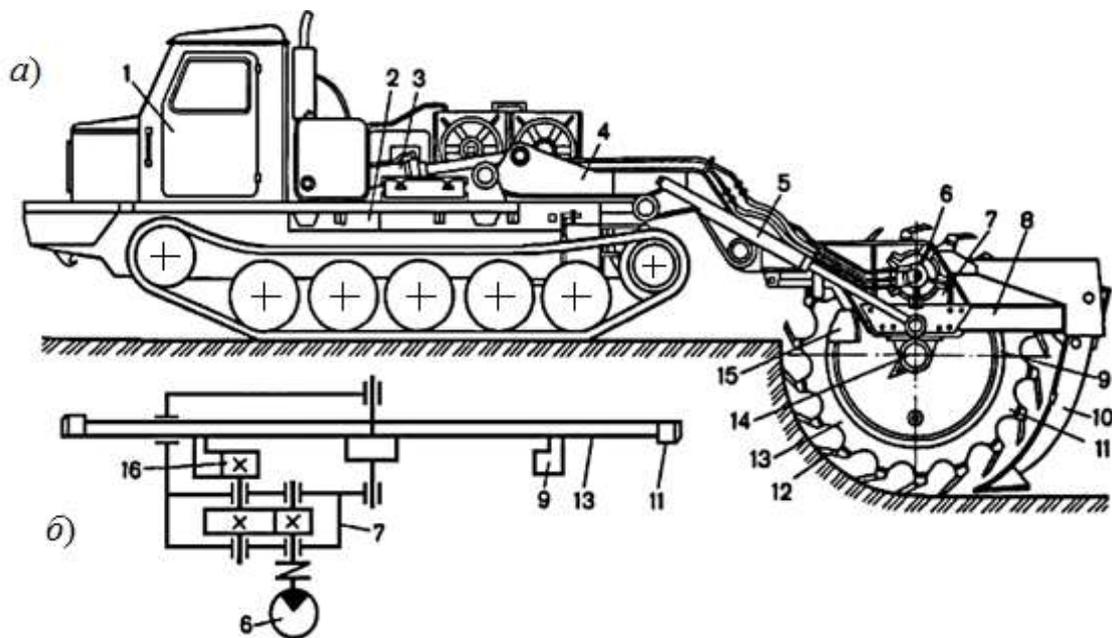


Рис. 13.8. Дисковая щелерезная машина: *а* – общий вид; *б* – кинематическая схема привода ротора.

Основные достоинства дискофрезерных машин по сравнению с баровыми и цепными – пониженная энергоемкость процесса резания за счет малого количества трущихся поверхностей ротора более высокие 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 ($\text{м}^3/\text{ч}$) определяют по объему разрушенного грунта:

$$P_э = n \cdot v_p \cdot H_{щ} \cdot B_{щ} \cdot K_B ;$$

где n – число одновременно нарезаемых щелей; $H_{щ}$, $B_{щ}$ – глубина и ширина прорезаемой щели, м; v_p – рабочая скорость движения машины, м/ч; K_B – коэффициент использования машины по времени.

Землеройно-фрезерные машины (ЗФМ) (рис.13.9.) 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.

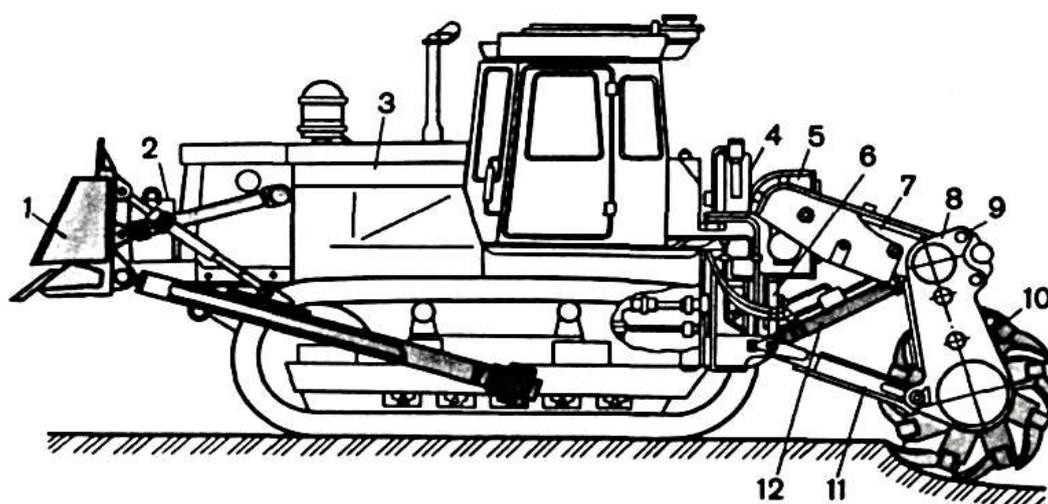


Рис. 13.9. Землеройно-фрезерная машина.

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, минимальные колебания энергозатрат в процессе фрезерования, ровность планируемой поверхности, а также транспортирование части разрушенного грунта к краям обрабатываемой полосы.

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 м³/ч. Основным недостатком землеройно-фрезерных машин является интенсивный абразивный износ режущих элементов.

Контрольные вопросы.

1. Какими машинами разрабатывают прочные и мерзлые грунты непосредственно?
5. Какие машины и оборудование применяют для предварительного разрушения (разрыхления) мерзлых грунтов?
6. Опишите способ разрушения мерзлых грунтов падающими снарядами. Каковы достоинства и недостатки этого способа?
7. Для чего предназначены рыхлители? Чем отличаются основные рыхлители от вспомогательных? Как устроены и как работают основные рыхлители? В каких случаях выгоднее использовать однозубые рыхлители? Какими другими мерами можно повысить эффективность работы рыхлителей? Как определяют техническую производительность рыхлителей?
8. Для чего применяют баровые машины? Как они устроены и как работают?.

Глава 14. Машины для уплотнения грунтов.

14.1. Общие сведения о грунтоуплотняющих машинах.

При разработке грунта нарушается его структура, он разрыхляется, значительно уменьшается его плотность по сравнению с той, какую грунт имел в состоянии естественного залегания. Во избежание последующих оседаний и деформаций зданий и сооружений, обеспечения их устойчивости в течение всего срока эксплуатации грунты, на которых они возводятся, должны обладать достаточной плотностью, регламентированной СНиП и другими нормативными документами. Просадочные и насыпные грунты перед возведением на них зданий и сооружений подлежат искусственному уплотнению. Уплотнение грунтов относится к числу наиболее важных элементов технологического процесса подготовки оснований под строительные объекты, возведения земляного полотна автомобильных дорог и т.п. От качества выполнения этого процесса зависит дальнейшая их служба.

С этой целью для каждого из сооружений установлены технические требования к плотностям их грунтов. При этом в основу оценки степени уплотнения положен метод стандартного уплотнения, и потому требования к плотностям грунтов обычно выражены в виде коэффициента уплотнения, т.е. в долях от максимальной стандартной плотности. Степень уплотнения характеризуется отношением веса единицы объема грунта после уплотнения к весу такого же объема в рыхлом состоянии и оценивается коэффициентом уплотнения K_y . Для верхних слоев грунтов земляного полотна автомобильных дорог требования к плотностям высоки – здесь плотность грунта должна достигаться при давлениях на грунт не ниже $(0,98 \dots 1,0) \cdot \sigma_{\max}$. Для нижних слоев насыпей давление на грунт может быть снижено до $0,95 \sigma_{\max}$. Следует заметить, что достижение такой высокой плотности (давление на грунт $0,98 \dots 1,0 \cdot \sigma_{\max}$) связано со значительными трудностями и может быть достигнуто лишь при правильном выборе параметров применяемых машин и режима работы.

Процесс уплотнения (необратимого деформирования) заключается в относительном смещении частиц грунта и связан с вытеснением воздуха и воды путем внешнего силового воздействия или за счет гравитационных сил, в результате которых определенная масса грунта уменьшается в объеме, а его плотность повышается. Способность грунта к изменению объема зависит от наличия в нем пор, частично заполненных водой, а частично воздухом. При силовом воздействии эти компоненты перемещаются в менее напряженные зоны с выходом воздуха и свободной воды на поверхность. Из-за повышенной сжимаемости находящийся в порах воздух не полностью удаляется из них и, будучи сжатым, оказывает равномерное реактивное давление на сближающиеся твердые частицы грунта, способствуя их компактной укладке. После снятия нагрузки сжатый воздух расширяется, вызывая обратимую деформацию грунта. При повторных нагружениях из пор удаляется все больше воздуха, вследствие чего обратимые деформации грунта уменьшаются. Остаточная деформация, характеризующая степень уплотнения грунта, достигает наибольшего значения при первых циклах нагружений, снижаясь к концу этого процесса. Разрыхление грунта перед его уплотнением способствует выходу воздуха и свободной воды из пор на поверхность без подповерхностного их перемещения в менее напряженные зоны, благодаря чему требуемая плотность грунта может быть достигнута меньшим числом повторных нагружений. По этой причине большинство способов уплотнения грунта являются двухэтапными, включающими разрыхление уплотняемого слоя и собственно его уплотнение. Полученная в результате уплотнения плотность грунта существенно зависит от влажности, с повышением которой уменьшается прочность структурных связей в грунте. Максимальная плотность грунта при заданном режиме его уплотнения достигается при определенных соотношениях его твердых, жидких и газообразных компонентов. При недостаточной влажности для достижения требуемой плотности необходимо, например, снижать толщину уплотняемого слоя. Очень сухие грунты вообще не могут быть доведены до требуемой плотности. Оптимальная влажность грунта ω , определяющая стандартное

уплотнение, соответствует работе средних машин. Оптимальная влажность, соответствующая работе тяжелых машин, обычно равна $(0,8...0,9) \cdot \omega$. При недостатке влаги и избытке воздуха агрегаты грунта при разрыхлении разрушаются не полностью. После уплотнения в них еще остается много воздуха, вследствие чего требуемая плотность не достигается. Влажность грунта, соответствующую максимальному стандартному значению плотности называют оптимальной влажностью. Значения ее для различных грунтов приведены ниже (табл. 14.1).

Таблица 14.1.

Оптимальная влажность и максимальная плотность грунтов.

Грунты	Оптимальная влажность, в %	Удельный вес, в кН/м ³	Объем воздуха в порах, в %	Объемный вес грунта скелета, в г/см ³
Песчаные	8...14	25,7	6	2,5...1,90
Супеси:				
легкие и тяжелые	9...15	25,8	6	1,97...1,78
пылеватые	16...20	26,0	5	1,78...1,65
Суглинки: легкие	12...18	26,2	5	1,72...1,63
пылеватые	15...22	26,2	5	1,72...1,63
тяжелые и тяжелые				
пылеватые	14...20	26,3	4	1,75...1,83
Глины: пылеватые	16...26	26,3	4	1,75...1,63
Суглинистые				
черноземы	20...25	25,3	5	1,63...1,50

В зависимости от ответственности земляного сооружения коэффициент уплотнения назначают в пределах от 0,9 до 1. При выборе уплотняющих машин и оборудования, а также при назначении режимов их работы следует учитывать некоторые особенности грунтов. В отличие от других материалов грунты относят к телам, деформации которых зависят не только от приложенной нагрузки, а также от продолжительности ее действия и скорости изменения

напряженного состояния. Зависимость между напряжениями и деформациями подчиняется закону Гука лишь при медленном нагружении (менее 50 кПа/с) и только при неупрочненных связных грунтах. Во всех случаях быстрого или ударного приложения нагрузки деформации в грунте отстают от напряжений. При этом деформации продолжают расти и после того, как напряжения начнут снижаться. Такой процесс деформирования называют последствием нагружения. Доля деформаций этапа последствия в общем размере деформаций существенна. Так, при скоростях нагружения, соответствующих перекачиванию колес землеройно-транспортных машин, катков и т.п., она составляет около 50%, а в режимах работы трамбуемых машин еще больше. В последнем случае деформация может достигнуть максимального значения, когда нагрузка успела снизиться до нуля. Обратимая деформация всегда запаздывает по отношению к изменению напряжений. При этом значительная часть этой деформации приходится на этап обратного упругого последствия уже после полной разгрузки. По мере роста скорости нагружения грунт приобретает хрупкие свойства – его разрушение происходит при уменьшенных деформациях. Следует также учитывать продолжительность пауз между смежными циклами нагружений, которая должна быть достаточной для полного восстановления обратимой деформации. В противном случае из-за встречного движения грунтовых агрегатов накопленная деформация несколько снижается. Все процессы уплотнения грунтов в строительстве полностью механизированы. Их выполняют с помощью машин и оборудования, классифицируемых по характеру силового воздействия на грунт и способу перемещения рабочего органа относительно уплотняемой зоны грунта.

Различают машины статического, динамического и комбинированного действия. Статическое воздействие реализуется в виде укатки, при которой необратимая деформация грунта развивается вследствие многократно повторяющегося действия перемещающейся нагрузки на поверхности контакта с грунтом перекачиваемого по нему вальца или колеса. *Динамическое* воздействие имеет место при трамбовании и виброуплотнении.

При трамбовании грунт уплотняется падающей массой. При этом часть кинетической энергии преобразуется в момент удара о грунт в работу для его уплотнения. Виброуплотнение заключается в сообщении грунту колебательного движения, которое приводит к относительному смещению его частиц и более полной их упаковке. Эти движения возбуждаются колеблющимися массами, находящимися на поверхности уплотняемого грунта. При виброуплотнении рабочий орган вибратора колеблется вместе с грунтом (присоединенной массой грунта). Если возмущения превзойдут определенный предел, то виброуплотнение преобразуется в вибротрамбование с отрывом рабочего органа вибратора от грунта и частыми ударами по нему. При этом грунт будет встряхиваться, в результате чего находящаяся в нем связанная вода перейдет в свободную, благодаря чему уменьшится сопротивляемость грунта внешним нагрузкам. Этим достигается большая эффективность процесса по сравнению с другими способами уплотнения. Как разновидность виброуплотнения применяют также комбинацию этого способа с укаткой, для чего перекатываемому по грунту катку сообщают направленные вертикальные колебания.

По способу перемещения рабочего органа относительно уплотняемой зоны грунта различают самоходные машины, прицепные и полуприцепные орудия, перемещаемые за тягачом (все виды катков), машины с навесными рабочими органами (трамбовочные и вибротрамбовочные машины) и оборудование, перемещаемое за счет импульсных реактивных сил в результате наклонного силового воздействия на грунт (виброплиты). При назначении режимов работы грунтоуплотняющего оборудования следует учитывать, что большей глубине уплотненного слоя соответствуют большие давления на поверхности контакта с грунтом рабочего органа, которые, однако, не должны быть больше предела прочности грунта. Если это условие не удовлетворяется, то происходит разрушение структуры грунта, которое, например, в случае уплотнения укаткой, проявляется в сильном волнообразовании перед вальцами или колесами катков, выпирании грунта в стороны. Лучшее уплотнение

получается в тех случаях, когда удельные давления на поверхности контакта с рабочими органами уплотняющих машин равны $(0,9...1,0) \sigma_p$. Исключением из этого правила являются машины, действие рабочих органов которых основано на глубоком проникании их в уплотняемый слой грунта (кулачковые и решетчатые катки). Значения пределов прочности для грунтов оптимальной влажности приведены в табл. 14.2.

Таблица 14.2.

Пределы прочности грунтов при оптимальных влажности и плотности $K_y = 0,95$ в МПа.

Грунты	Уплотнение грунтов		
	катками		Трамбующими машинами с ударной частью 0,07...0,15 м.
	с гладкими вальцами	на пневматических шинах	
Малосвязные (песчаные, супесчаные, пылеватые)	0,3...0,6	0,3...0,4	0,3...0,7
Средней связности (суглинистые)	0,6...1,0	0,4...0,6	0,7...1,2
Высокой связности (тяжелосуглинистые)	1,0...1,5	0,6...0,8	1,2...2,0
Весьма связные (глинистые)	1,5...1,8	0,8...1,0	2,0...2,3

Поскольку после каждой очередной проходки грунтоуплотняющей машины предел прочности грунта на его поверхности возрастает, то для повышения эффективности процесса целесообразно контактные давления увеличивать от прохода к проходу (для катков) или от удара к удару (для трамбующих машин). Для этого рекомендуется двухстадийное уплотнение грунта: предварительное – легкой машиной, окончательное – тяжелой. При этом общее число проходов или ударов по одному месту может быть уменьшено в среднем на 25% с сокращением стоимости работ до 30%, в том числе и за счет частичной замены тяжелых машин легкими. При уплотнении грунтов после скреперной отсыпки эффект будет еще выше вследствие того,

что предварительное уплотнение грунта будет выполнено скреперами попутно с их разгрузкой.

Число проходов или повторения приложения нагрузки для достижения требуемой плотности зависит от толщины уплотняемого слоя. Грунт уплотняют слоями, по возможности на уровне оптимальной толщины, но для получения высокой плотности с ($K_y = 0,98...1,00$) толщину уплотняемого слоя снижают примерно в 2 раза по сравнению с толщиной, принимаемой при $K_y = 0,95$, в противном случае энергоёмкость процесса может возрасти примерно в 1,5 раза. Выбор того или иного способа уплотнения зависит от характера грунта и толщины уплотняемого слоя. Связные грунты, отсыпаемые относительно тонким слоем, хорошо уплотняются катком статического действия. Такие же грунты на большую глубину можно уплотнять трамбованием. Малосвязные и сыпучие грунты лучше, всего уплотнять вибрационными машинами.

Катки статического действия бывают с металлическими вальцами (рис 14.1) и на пневмошинах (рис.14.2). И те и другие могут быть прицепными, полуприцепными и самоходными.

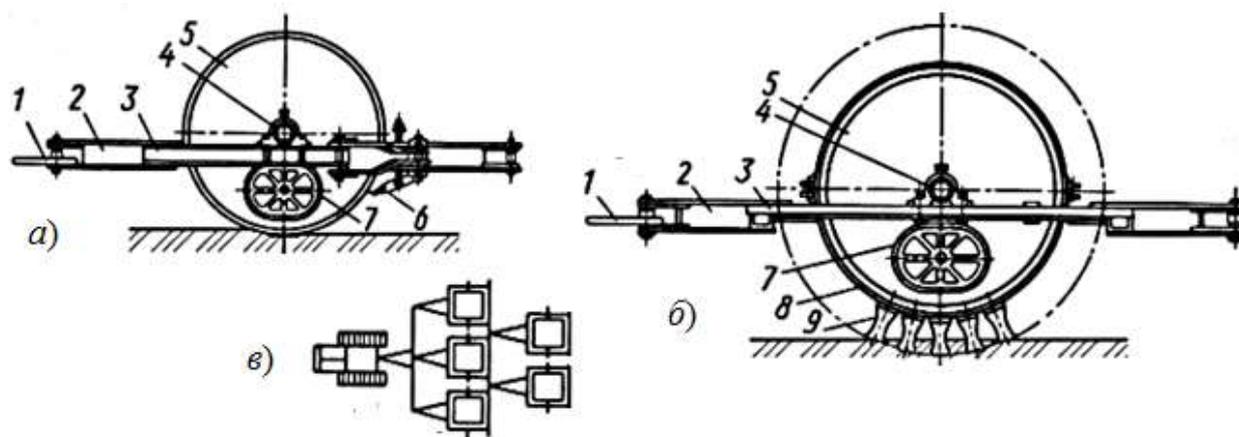


Рис 14.1. Прицепные катки с металлическими вальцами: а - с гладким; б - с кулачковым; в - схема соединения катков для работы в сцепе.

Металлические вальцы изготавливаются в виде полых гладких, кулачковых, решетчатых или сегментных барабанов. Полость гладкого или кулачкового барабана (вальца) можно заполнять балластом – песком или водой, увеличивая

вес катка. Для укатки грунта на обширных площадях используют сцепы из двух-пяти катков и более, объединенных общими траверсами.

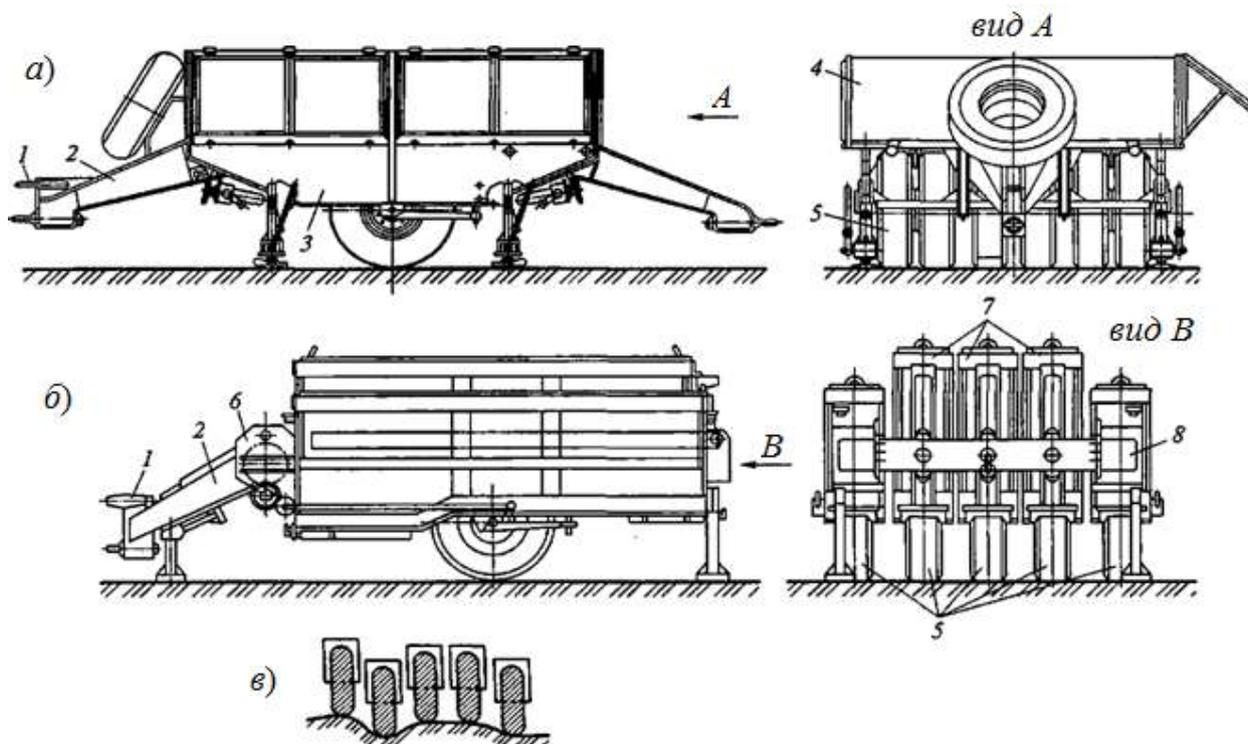


Рис. 14.2. Прицепные пневмокотки (*a* и *б*) и схема перекатывания колес с независимой подвеской по неровностям поверхности грунта (*в*).

Наиболее просты по конструкции катки с гладкими вальцами (рис. 14.1, *a*). Они состоят из гладкого пустотелого вальца 5 и охватывающей его рамы 3 с дышлом 2 и сцепным устройством 1 на конце. Ось вальца соединена с рамой через подшипники 4 на торцовых шипах. Для увеличения давления на грунт валец загружают песком через люк 7. Налипший на поверхность вальца грунт очищается скребком 6, установленным на раме. Катки этого типа перемещаются за тягачом, обычно трактором. Последовательные проходы выполняют или с разворотами, или челночным способом, для чего тягач перецепляют на противоположную сторону катка. Гладкие катки уплотняют грунт слоями 0,15...0,2 м без его разрыхления или с незначительным разрыхлением на глубину 1...3 см (в несвязных грунтах). Их применяют преимущественно для прикатки в один-два прохода поверхностей,

уплотненных другими катками. Ширину вальца рекомендуется принимать равной его диаметру или несколько (до 20%) больше этого размера. При малой ширине каток недостаточно устойчив, а при большой ширине ухудшается его маневренность на поворотах. При повышенных скоростях из-за больших сдвигающих усилий на контактной поверхности формируется менее прочная структура грунта. Наиболее рациональные скоростные режимы – перемещение катка на малой скорости (1,5...2,5 км/ч) на первом и двух последних проходах и на повышенных скоростях (8...10 км/ч) на промежуточных проходах, что обеспечивает увеличение производительности катков примерно в 2 раза по сравнению с работой в односкоростном режиме, удовлетворяющем требованиям прочности поверхности грунта.

Кулачковые катки (рис. 14.1, б) отличаются от катков с гладкими вальцами наличием на рабочей поверхности вальцов кулачков 9, расставленных в шахматном порядке. Кулачки приваривают или непосредственно к обечайке вальца, или к полубандажам 8, которые затем монтируют на обечайке гладкого вальца. Междурядья кулачков очищают штырями, собранными на общей балке, которая прикреплена к раме вместо скребка. Отечественная промышленность выпускает кулачковые катки массой (с балластом) до 30 т при диаметре вальцов до 2,4 м. Ширина уплотняемой полосы составляет до 2,8 м, а требуемая плотность грунта достигается за 6...10 проходов катка. При работе кулачковых катков грунт уплотняется внедряемыми в него кулачками, а на первых проходах также поверхностью вальца. По мере уплотнения грунта кулачками на глубине при каждом новом проходе их погружение в грунт уменьшается, вследствие чего валец теряет контакт с уплотняемой поверхностью. Из-за высоких контактных давлений в конце уплотнения кулачки будут несколько погружены в грунт, вследствие чего на его поверхности останется разрыхленный слой, который при необходимости прикатывают катками с гладкими вальцами. В отличие от работы катков с гладкими вальцами, когда от прохода к проходу уплотненный слой наращивается от поверхности вглубь, кулачки начинают уплотнение на глубине, наращивая его в направлении к

поверхности. Поэтому эффективность уплотнения грунта кулачковыми катками обуславливается возможностью полного погружения кулачков в грунт на первых проходах с уменьшением этого погружения на последующих. Для этого на контактных площадках кулачков с грунтом должно быть достаточное давление для их погружения. Однако при чрезмерном давлении в конце процесса уплотнения кулачки могут быть погружены в грунт настолько, что из-за большого слоя поверхностного разрыхления работа катка окажется нецелесообразной. Такое явление характерно при уплотнении плотных грунтов, для погружения в которые потребуются высокие контактные давления на поверхности кулачков. Но эти давления окажутся уже чрезмерными на заключительной стадии процесса. При уплотнении несвязных и малосвязных грунтов вследствие высоких напряжений происходит перемещение грунтовых частиц вверх и в стороны, вследствие чего практически невозможно достигнуть требуемой плотности. Поэтому кулачковые катки эффективно применять только для уплотнения рыхлых связных грунтов. Минимальный поперечный размер b на опорной поверхности кулачка назначают не менее $1/4$ толщины уплотняемого слоя, а длину кулачка,

$$\ell = 1.4 \cdot H_0 + h_p - 2.5 \cdot b \quad (14.1)$$

где H_0 – оптимальная толщина уплотняемого слоя, $H_0 = 3,0 \dots 12,0$ м; h_p – допускаемая толщина слоя поверхностного разрыхления, $h_p = 15,0 \dots 04,0$ м.

На каждом 1 м 2 поверхности вальца легких и средних катков устанавливают 20...25 кулачков. Диаметр вальца назначают в зависимости от длины кулачков $D = (5,5 \dots 7,0) \cdot \ell$, а при назначении ширины вальца пользуются прежними рекомендациями для катков с гладкими вальцами. В зависимости от грунта используются кулачки различных форм. Для обеспечения требуемого контактного давления P (от 0,7...2 МПа для легких до 4...6 МПа и более для тяжелых катков) масса вальца должна быть не меньше $m = \kappa \cdot F \cdot z/g$.

Для уплотнения легких и тяжелых суглинков, а также грунтов различной влажности требуемую массу вальца корректируют балластом. Для обеспечения

$K_y = 0,95$ требуемое число проходов $n = S/(F \cdot z)$, а для $K_y = 0,98 \dots 1$ требуемое число проходов увеличивают в 2...3 раза.

где F – площадь опорной поверхности кулачка; z – число кулачков в одном ряду по образующей вальца; g – ускорение свободного падения; S – площадь поверхности вальца; k – коэффициент неравномерности перекрытия поверхности кулачками, в среднем $k = 1,3$;

Промышленностью выпускает прицепные пневмоколесные катки массой до 25 т (с балластом). (рис.14.2). Ширина уплотняемой полосы достигает 2,6 м, а толщина уплотняемого слоя 0,35 м. Требуемая плотность грунта достигается за 6...10 проходов. Прицепной пневмоколесный каток соединяется с тягачом (трактором или автомобилем) посредством дышла 2 и сцепки 1. Он имеет четыре-шесть пневматических колес 6, соединенных с рамой через балансиры, и по числу колес несколько балластных ящиков 4. Крайние балластные ящики жестко соединены между собой передней 3 и задней 5 поперечными балками, а ось каждого из колес крепится к днищу соответствующего балластного ящика. Средние ящики балансирно закреплены на задней поперечной балке. Такая конструкция обеспечивает постоянный контакт всех колес с неровной поверхностью укатки (рис. 14.2,б) и равномерную передачу нагрузки на грунт каждым колесом. Катки с общей осью колес этими свойствами не обладают, и при их перемещении может нарушаться контакт отдельных колес с грунтом. Пневматические шины сжимаются и по сравнению с жесткими вальцами они имеют большие площади контакта с грунтом, что повышает продолжительность нагружения грунта в каждом проходе катка и уменьшает количество проходов. Пневматические шины размещают не вплотную, а с зазорами. Наибольшая допустимая величина зазора определяется эмпирической зависимостью $e = 0,3 \dots 0,4 \cdot B$, где: B – ширина шины. Если зазоры между шинами превосходят эти пределы, то наблюдается выдавливание грунта в межколесное пространство, что снижает эффективность уплотнения и увеличивает силу тяги и затрачиваемую мощность. Уплотнение имеет место не только под пневмоколесами, но между

ними (зона С на рис. 14.3). В зонах А и В уплотнение произойдет в последующих проходах при смещении катка. Степень уплотнения, достигаемая пневмоколесными катками, определяется давлением воздуха в шинах, массой катка, требуемым числом проходов и оптимальной толщиной слоя уплотняемого грунта. Полуприцепные пневмокатки для работы в агрегате с колесными тракторами и одноосными тягачами унифицированы с описанными прицепными катками с независимой подвеской и отличаются от последних лишь сцепными устройствами.

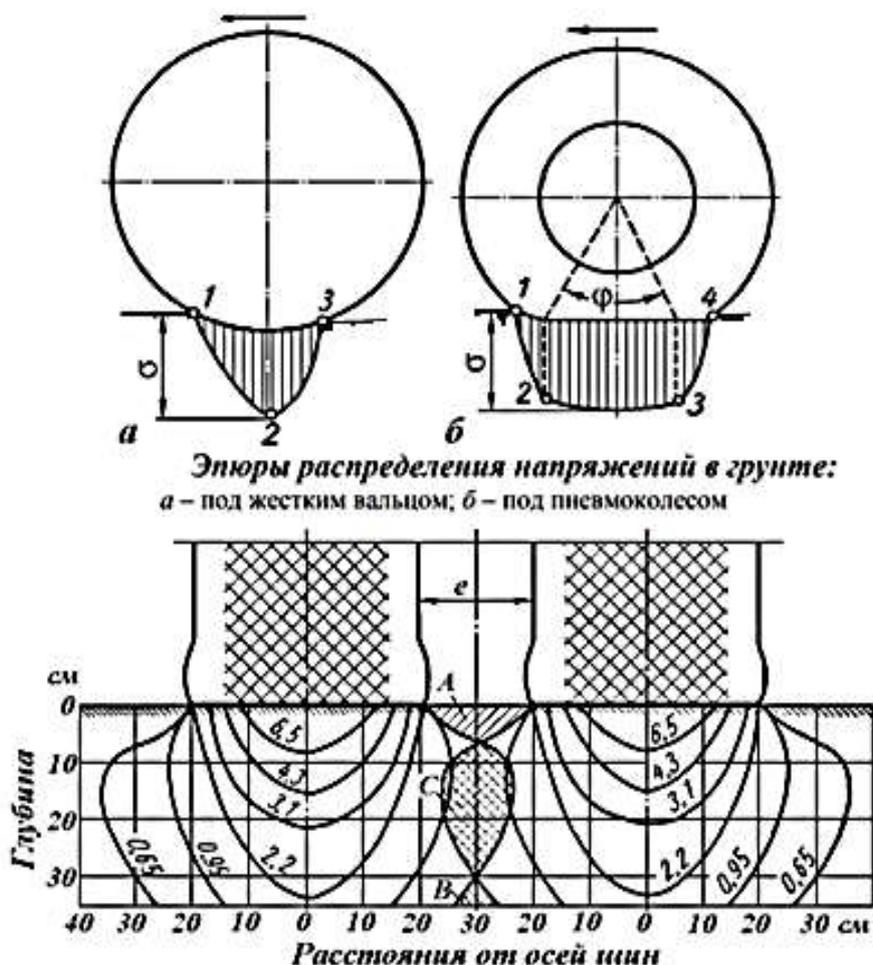


Рис. 14.3. Распределение напряжений в грунте под пневмоколесами.

Наибольшая масса выпускаемых промышленностью полуприцепных пневмокатков (с балластом) составляет 54 т при ширине уплотняемой полосы до 2,8 м и глубине уплотнения до 0,43 м. Требуемая степень уплотнения достигается за 5...10 проходов при рабочих скоростях передвижения 11...15

км/ч. На первых проходах, когда грунт еще рыхлый, шина погружается в грунт подобно жесткому вальцу, деформируя (уплотняя) его. По мере повышения плотности грунта его деформация уменьшается, а деформация шины увеличивается с развитием контактной поверхности, чем достигается более равномерное контактное давление.

На самоходных пневмокатках устанавливают четыре задних и три передних колеса, располагая их в плане в шахматном порядке, что обеспечивает удовлетворительное перекрытие смежных уплотняемых полос. Нагрузка от массы машины, включая балласт, распределена между колесами равномерно, что поддерживается системой централизованного регулирования давления воздуха в шинах 0,3...1 МПа. Независимая подвеска колес, возможность качания каждого из мостов посредством балансиров на угол до 10° обеспечивают хорошую приспособляемость к неровностям грунта. Направление движения изменяется поворотом переднего моста относительно вертикального шарнира. Катки оборудуют дизелями с гидромеханическими трансмиссиями. Самоходные пневмокатки применяют для уплотнения грунтов и покрытий дорог. В последнем случае, особенно на укатке черных и асфальтобетонных покрытий, их оборудуют шинами с гладкими протекторами и пневматическими распылителями воды для смачивания и охлаждения шин. Отечественная промышленность выпускает самоходные пневмокатки массой (с балластом) 16 и 30 т.

Трамбующие машины уплотняют грунт ударами падающей массы. Трамбованием уплотняют как связные, так и несвязные грунты слоями большой толщины (1...1,5 м). Рабочие органы трамбующих машин в виде чугунных или железобетонных плит круглой или квадратной формы навешивают на экскаваторы или специально приспособленные для этого машины. В первом случае в качестве базовой машины используют одноковшовый экскаватор со стрелой драглайна, к подъемному канату которого подвешивают плиту массой 0,8...1,5 т с площадью опорной поверхности около 1 м². Вспомогательным канатом с легким оттяжным грузом

предупреждают закручивание основного каната. Плиту поднимают на высоту 1,2...2 м, с которой ее сбрасывают отключением от трансмиссии барабана подъемной лебедки. Тремя-шестью ударами плиты о грунт достигают его уплотнения на глубину 0,8...1,5 м. Продолжительность рабочего цикла с учетом поворотных движений экскаватора в плане составляет в среднем 12...20с, что определяет невысокую производительность этого способа. Применение экскаваторов для уплотнения грунтов экономически невыгодно вследствие высокой стоимости этих машин, а также из-за повышенного износа подъемного и передающих механизмов в описанном режиме нагружения. По этой причине указанный способ уплотнения грунтов имеет ограниченное применение – в местах, труднодоступных для других грунтоуплотняющих машин. Для уплотнения грунтов на объектах с широким фронтом работ используют самоходные трамбуемые машины на базе гусеничного трактора класса 10...15 (рис. 14.4).

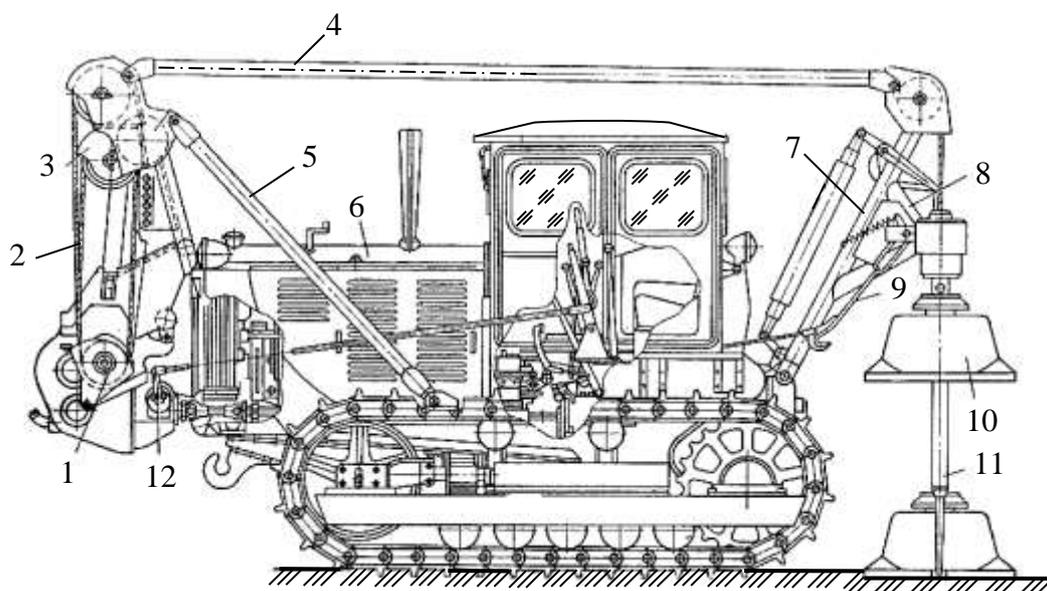


Рис. 14.4. Самоходная трамбовочная машина: 1-механизм кривошипа; 2-полиспаст; 3-блок; 4-направляющие труба; 5,7-раскосы; 6-трактор; 8-держатель; 9-крюк; 10-груз; 11-направляющий; 12-редуктор.

Машина оборудована двумя перемещающимися по направляющим чугунными 11 плитами 10 массой 1,3 т каждая, которые поочередно поднимаются и падают на уплотняемую поверхность при непрерывном

движении базового трактора б. В зависимости от содержания в грунте глинистых частиц уплотнение на глубину до 1,2 м достигается за три-шесть ударов плиты по одному месту. Соответствующая этим требованиям скорость передвижения трактора составляет 160...320 м/ч. Предельный (разрушающий) импульс для малосвязанных грунтов (песчаных и супесчаных) ~ 5 кПа, а для весьма связных глинистых грунтов ~ 30 кПа.

Вибрационное уплотнение производится виброплитами, вибротрамбующими машинами и виброкатками. При уплотнении несвязных грунтов слоями 0,4...0,8 м эта глубина увеличивается в 1,5 раза, а с увеличением толщины уплотняемого слоя до 0,8...1,2 м – в 1,2 раза. При оптимальную толщину уплотняемого слоя грунта принимают равной половине активной глубины. При уплотнении связных грунтов наиболее целесообразна толщина слоя 0,6...0,8 м. $K_y = 0,98...1$. Для уплотнения несвязных и слабосвязных грунтов на ограниченных поверхностях применяют вибрационные поверхностные уплотнители (виброплиты). Грунт уплотняют плитой-поддоном 1 (рис. 14.5, а и б), которой сообщаются колебания, генерируемые двухдебалансным вибратором 2. Принцип работы двухдебалансного вибратора направленного действия показан на рис.14.5,д.

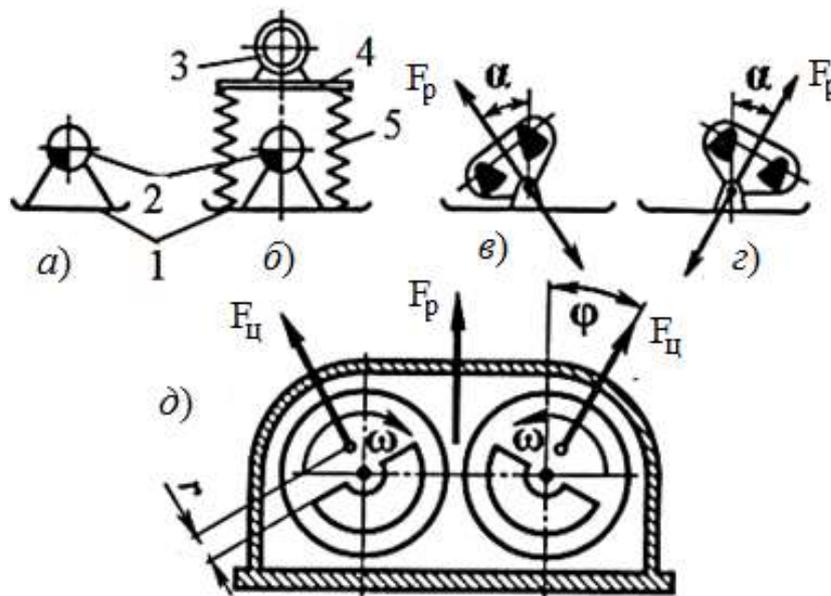


Рис. 14.5. Виброплиты: а – одномассная; б – двухмассная; в, г – схемы перемещения виброплиты; д – принцип работы вибратора направленного действия.

При вращении дебаланса массой m с угловой скоростью ω и смещении центра масс от оси вращения (эксцентриситете) r центробежная сила составит $F_{ц} = m \cdot \omega^2 \cdot r$.

Два дебаланса с одинаковыми параметрами смонтированы в одном корпусе и им сообщается встречное вращение. Результирующая центробежных сил (вынуждающая сила) будет равна $F_p = 2 \cdot P \cdot \cos(\omega t)$ и направлена перпендикулярно плоскости осей вращения дебалансов. Составляющие центробежных сил в этой плоскости взаимно уравниваются.

Вибратор обычно устанавливают на поддоне, а приводящий его двигатель 3 или на том же поддоне, или на специальном подрамнике 4, опирающемся на поддон через пружины 5 или резиновые амортизаторы. Первую схему называют одномассной, а вторую двухмассной. Благодаря мягкой подвеске верхняя часть двухмассной виброплиты (14.5,б) не участвует в колебаниях, но воздействует на грунт своей силой тяжести, что улучшает условия работы двигателя, а также снижает до минимума инерционные потери энергии. В среднем подпружиненная масса составляет 40...50% общей массы виброплиты. При двухмассной виброплите вращение дебалансам передается от двигателя через гибкую, обычно клиноременную, передачу с автоматическим обеспечением заданного натяжения ремней. При одномассной виброплите вибратор устанавливают на ее поддоне на шарнире с возможностью его отклонения вручную и фиксации в заданном положении. При наклоне вибратора на угол α от вертикали возникнет горизонтальная составляющая вынуждающей силы. Если эта составляющая преважает сопротивление передвижению виброплиты, то плита начнет перемещаться в направлении отклонения вибратора от вертикали (рис. 14.5, в,г). Управляет виброплитой оператор с помощью рычагов, установленных на дышле, которое соединено с плитой также через амортизаторы. Поворотом дышла изменяется направление самопередвижения виброплиты. Виброплиты транспортируют на специальных тележках, буксируемых трактором или автомобилем. Современные виброплиты производительностью 300...900 м²/ч массой 150...1400 кг уплотняют грунт на

глубину 0,3...1 м. На эффективность виброуплотнения грунта существенно влияет его влажность. Наименьшая продолжительность уплотнения соответствует влажности грунта, превышающей стандартную на 10...20%. С уменьшением влажности эффект уплотнения снижается, и при ее значении, составляющем 70...80% оптимальной для стандартного уплотнения, довести грунт до плотности $K_y = 0,95$ этим способом практически не удастся. Машина приспособлена для грунтоуплотнительных работ в тесных местах на ограниченной площади. Она может поворачиваться на месте в обе стороны, перемещаться задним ходом. С возрастанием вынуждающей силы виброуплотнение может перейти в виброотрамбование с отрывом рабочего органа от уплотняемой поверхности грунта и частыми ударами по ней. Этот переход осуществляется при отношениях вынуждающей силы к силе тяжести рабочего органа от 0,7...1 при частоте колебаний 12...25 Гц до 1,4...2,3 при частоте 50...85 Гц. В случае уплотнения несвязных грунтов этим отношениям соответствуют амплитуды, равные 0,3...0,4 мм. Для привода вибратора двигатель (карбюраторный, дизель, реже электрический) выбирают по мощности, удельное значение которой (на 1 т массы виброплиты) принимают от 7...10 кВт/т при частоте 20 Гц до 22...35 кВт/т при частоте 75...90 Гц.

Ударно-вибрационный способ уплотнения грунтов реализуется в самоходной машине на базе гусеничного трактора с навесным трамбовочным оборудованием (рис. 14.6). Рабочее оборудование состоит из двух виброударных рабочих органов, смонтированных на раме 11, способной перемещаться в поперечном направлении на 0,5...0,7 м от следа базового трактора для уплотнения грунтов вне полосы его движения. Генератором вертикальных перемещений трамбующей плиты 10 на каждом рабочем органе служит вибромолот 5, приводимый гидромотором-редуктором 3 через двухступенчатую клиноременную передачу 4. Вибромолот устроен подобно вибратору направленного действия и отличается от последнего тем, что его корпус может перемещаться по вертикальным направляющим 6, на которых его среднее (нерабочее) положение фиксировано пружинами 7. В процессе этих

перемещений, вызванных вынуждающей силой дебалансов, вибромолот ударяет бойком 9 в нижней части своего корпуса по наковальне 8, жестко соединенной с трамбующей плитой 10. Таким образом, трамбующая плита воспринимает ударные нагрузки через наковальню, а вибрационные – через пружины 7 и направляющие 6, сочетая в воздействии на грунт эффекты трамбования и виброуплотнения. Рабочее оборудование устанавливают на раме 1, которую через амортизаторы 12 шарнирно крепят на лонжеронах гусеничных тележек базового трактора. Посредством гидроцилиндра 2 рабочее оборудование может быть установлено в рабочее положение или поднято для транспортного передвижения машины. Ударно-вибрационную машину комплектуют бульдозерным отвалом 14 с планирующей плитой 13 для разравнивания грунта в полосе перемещаемого следом рабочего органа.

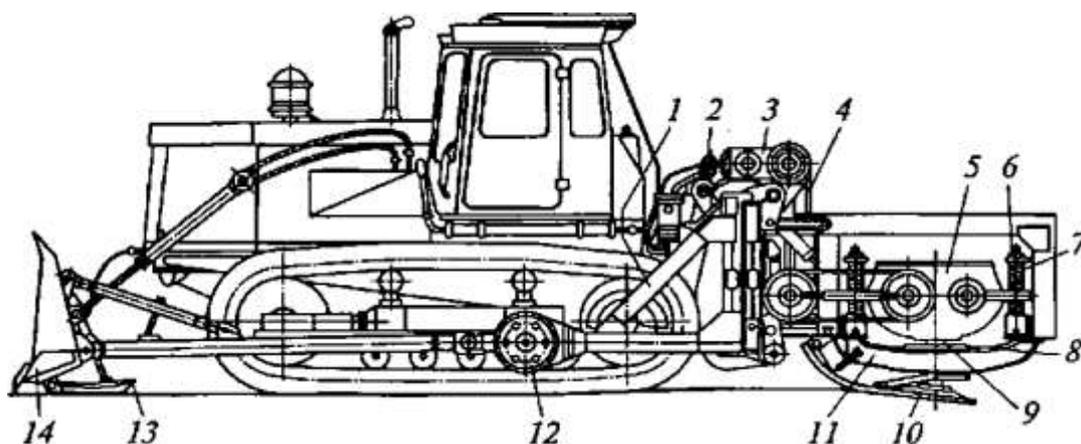


Рис. 14.6. Ударно-вибрационная машина.

Для уплотнения малосвязных грунтов весьма эффективно применять вибрационные катки с гладкими, кулачковыми или решетчатыми вальцами, внутри которых вмонтирован вибратор направленных колебаний, приводимый от автономного двигателя, установленного на раме катка. Эффективность уплотнения достигается путем совместного действия на грунт гравитационных и вынуждающих сил, генерируемых вибратором, что позволяет получить требуемую плотность грунта при сравнительно меньшей массе катка. Так, при уплотнении песков путем вибрационного воздействия масса катка может быть

снижена примерно в 5 раз, при супесях – в 2 раза, а при уплотнении средних и тяжелых суглинков лишь на 10...30%. Эффективность вибрационного воздействия снижается с увеличением содержания в грунте глинистых частиц. Поэтому для уплотнения связных и высокосвязных грунтов требуется применять весьма тяжелые катки. Виброкатки могут работать в вибрационном и виброударном режимах. Последний наступает при амплитудах вынуждающей силы, превышающих удвоенную силу тяжести катка.

Для уплотнения малосвязных грунтов эффективно применять вибрационные катки гладкими, кулачковыми или решетчатыми вальцами, внутри которых смонтирован вибратор направленных колебаний, приводимый в движение от автономного двигателя, установленного на раме катка. Эффективность уплотнения достигается совместным действием на грунт гравитационных и вынуждающих сил, генерируемых вибратором, что позволяет получить требуемую плотность грунта при сравнительно меньшей массе катка. Так, при уплотнении песков путем вибрационного воздействия масса катка может быть снижена примерно в 5 раз, при супесях в 2 раза, а при уплотнении средних и тяжелых суглинков лишь на 10...30 %. Эффективность вибрационного воздействия снижается с увеличением содержания в грунте глинистых частиц. Поэтому для уплотнения связных и высокосвязных грунтов требуется применять весьма тяжелые катки.

Контрольные вопросы.

1. Для чего уплотняют грунты? Объясните сущность уплотнения. Каким показателем оценивают степень уплотнения? Какими способами уплотняют грунты? Какие машины для этого используют? Для чего применяют двухстадийное уплотнение грунтов легкими и тяжелыми машинами? Оцените его эффективность по сравнению с одностадийным уплотнением тяжелой машиной.

2. Для чего предназначены, как устроены и как работают катки с металлическими вальцами (гладкими, кулачковыми, решетчатыми)?

3. Чем отличается уплотнение грунта гладкими и кулачковыми катками?
4. Для чего предназначены, как устроены и как работают прицепные пневмоколесные катки, полуприцепные пневмоколесные катки, самоходные пневмоколесные катки? комбинированные катки?
5. Как уплотняют грунты трамбуемыми плитами, навешиваемыми на экскаваторы? Каковы достоинства и недостатки этого способа? Каков принцип действия трамбующих машин?
6. Для чего применяют, как устроены и как работают виброплиты? Опишите принцип действия вибратора направленных колебаний. Чем отличаются одномассные виброплиты от двухмассных? Объясните самопередвижение одномассной виброплиты.
7. Для чего предназначена, как устроена и как работает ударно-вибрационная машина?
8. Для уплотнения каких грунтов применяют виброкатки? Каким устройством создаются направленные колебания вальца катка?
9. Какой эффект достигается совместным действием гравитационных и вынуждающих сил?

Глава 15. Технические средства для гидромеханизации.

15.1. Общие сведения.

Гидромеханизацией называют способ механизации земляных работ, при котором все или основные технологические процессы выполняются за счет энергии потока воды. Этим способом в гидротехническом строительстве возводят плотины, дамбы и насыпи, разрабатывают котлованы под различные гидротехнические сооружения, каналы, углубляют водоемы, добывают и транспортируют песчано-гравийные материалы.

В оборудовании, реализующем способ гидромеханизации, используют устройства для разрушения грунтов как струей воды, так и механическим путем с последующим транспортированием продуктов разрушения в потоке воды и укладкой в земляное сооружение. При гидравлическом разрушении требуемое давление потока воды создается водяным насосом, а струя формируется и направляется на забой гидромонитором.

При гидромониторной разработке (рис. 15.1, а) грунт размывается струей воды, выбрасываемой под большим напором из гидромонитора 1. Размытый гидромонитором грунт вместе с водой в виде пульпы стекает в специальное углубление (зумпф) 2, откуда забирается центробежным грунтовым насосом – землесосом 3, специально приспособленным для перекачки воды с грунтом и камнями, размер которых (в зависимости от размеров и мощности землесоса) достигает 100...200 и даже 300 мм. Землесос нагнетает пульпу в трубопровод – пульповод 4 и перемещает ее к месту укладки. После дренажа воды оставшийся в зоне, ограниченной обвалованием 5, грунт образует тело земляного сооружения 6 или штабель песка, гравия, песчано-гравийной смеси для последующего использования как строительного материала. При организации гидромониторных работ стремятся максимально использовать рельеф местности, который позволяет в отдельных случаях транспортировать пульпу к месту укладки самотеком по желобам или канавам, упрощая этим

состав оборудования. При механогидравлическом способе, применяемом в условиях трудноразрыхляемых грунтов, предварительная разработка, т.е. отделение грунта от забоя, выполняется бульдозером или экскаватором, а затем грунт размывается гидромонитором и землесосом подается в систему. Плавающие землесосные снаряды (земснаряды) являются наиболее производительными средствами гидромеханизации, получившими большое применение для разработки грунта путем всасывания его вместе с водой, транспортировки его и укладки в земляное сооружение. Если всасывание грунта происходит с одновременным механическим рыхлением под водой, то такой способ называется рефулерным. Производительность современных земснарядов достигает 12000 м³/ч пульпы или примерно 1200...1500 м³/ч грунта.

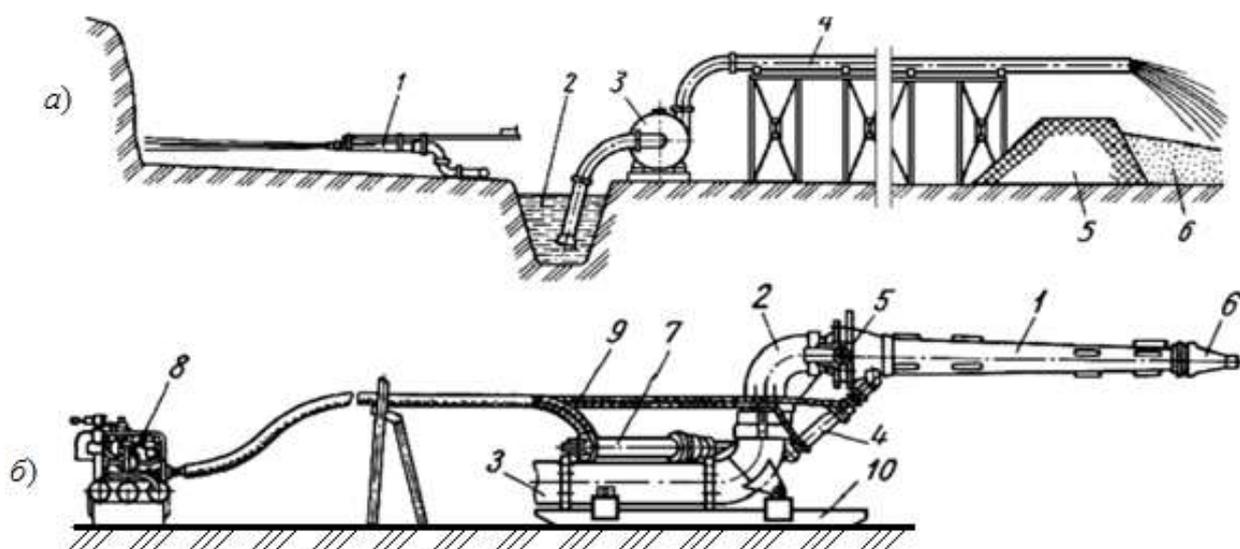


Рис. 15.1. Схема разработки грунта гидромонитором (а); гидромонитор (б).

При любом способе гидромеханизации пульпа забирается землесосом и транспортируется по трубам – пульпопроводам, которые могут быть направлены горизонтально, наклонно и вертикально. В тело земляного сооружения грунт укладывается при помощи разводящего пульпопровода. При ширине намываемой насыпи 25 м и более насыпь по длине разбивается на отдельные участки – «карты»; для менее широких насыпей применяется система намыва с центральной эстакады, на которой монтируется разводящий

пульпопровод с выпускными отверстиями. Вследствие потери скорости у выхода из пульпопровода вода теряет несущую способность: грунт оседает, а осветленная вода отводится через специальные колодцы и отводящие штольни. Гидромеханизация обеспечивает высокую производительность труда и высокое качество возводимых сооружений, не требуя искусственного уплотнения грунта при укладе его в земляное сооружение. Особенностью гидромеханизации, определяющей возможность ее применения, является зависимость от природных условий, т.е. от наличия водных ресурсов и грунта, хорошо поддающегося размыву. Наряду с оборудованием общего назначения (водяные насосы, силовое оборудование, трубопроводы и трубная арматура), для гидравлической разработки и транспортировки грунта применяется специальное оборудование: гидромониторы, землесосы, рыхлители на плавучих землесосных снарядах и др.

Гидромониторы. При гидромониторной разработке разрушение грунта происходит в результате сложного процесса, сочетающего в себе: гидродинамическое воздействие кинетической энергии струи и гидростатическое разрушение грунта совместно с физическим воздействием (смачиванием, растворением и т.д.), а также за счет повышенного давления в порах и трещинах. Вода к гидромонитору подается центробежными насосами. Давление струи в гидромониторе составляет 800...3600 кПа; скорость движения воды достигается 150 м/с. Для размыва 1 м³ грунта требуется 3...15 м³ воды; меньшее значение соответствует мелкозернистым песчаным грунтам. Основными частями гидромонитора (рис. 15.1, б) являются: нижнее колено 3, установленное на салазках 10, верхнее колено 2, имеющее возможность вращаться на 360° относительно нижнего, и ствол 1 с насадкой 6. Ствол присоединен к верхнему колену через шарнир 5, что позволяет с помощью гидроцилиндра 4 изменять положение ствола относительно верхнего колена в вертикальной плоскости на угол до 90°. Для поворота ствола гидромонитора в горизонтальной плоскости на угол до 120° служит гидроцилиндр 7. Расстояние от гидромонитора до размываемого грунта по условиям техники безопасности

должно быть не менее высоты забоя. Для управления мощными гидромониторами применяются поворотные наконечники-дефлекторы. Наличие шарового шарнира и ручки управления позволяет повернуть дефлектор. При этом ствол гидромонитора поворачивается силой реакции воздействия струи на стенку ствола. Управление гидроцилиндрами дистанционное, что позволяет увеличить эффективность разработки грунта за счет установки гидромонитора вблизи размываемой стенки забоя. Гидромониторная установка соединена с пультом управления 8 напорными рукавами 9 длиной до 35 м. Пульт дистанционного управления рассчитан на два гидромонитора. С его помощью управляют подъемом и поворотом стволов обоих гидромониторов, входящих в комплект установки. Он состоит из масляного бака, лопастного насоса, пластинчатого фильтра, предохранительного клапана, двух дросселей, манометра и четырех кранов управления (для двух гидромониторов).

Максимальная дальность полета струи гидромонитора определяется по формуле:

$$L_{\max} = k \cdot H_0 \cdot \sin \varphi, \text{ м.} \quad (15.1)$$

Практически рыхлые породы разрабатываются при длине струи

$$L = (0,25 \dots 0,3) \cdot H_0, \text{ м,} \quad (15.2)$$

где H_0 – напор у насадки в м; φ – угол наклона ствола гидромонитора к горизонту; k – коэффициент сопротивления воздуха, $k = 0,90 \dots 0,95$.

Удельный расход воды на разработку 1 м^3 грунта q тоже зависит от свойств породы. Для мелкозернистых песков он равен 5 м^3 для крупнозернистых песков и супесей $6 \dots 9 \text{ м}^3$, а для глин доходит до 14 м^3 . От удельного расхода воды зависит основной показатель – производительность (расход воды) гидромонитора по породе:

$$Q = Q_1 / q, \text{ (м}^3 \text{/ч);} \quad (15.3)$$

где Q_1 – расход воды через гидромонитор в $\text{м}^3/\text{ч}$; q – удельный расход воды в м^3 .

При увеличении высоты забоя удельный расход воды уменьшается, но вместе с тем увеличивается необходимый напор. Напор струи у насадки

гидромонитора зависит от разрабатываемого грунта и составляет (в м вод. ст.): для тяжелого суглинка и глины – 100...150; для среднего суглинка и супеси 70...100; для песка 50...70. Для обеспечения работы гидромониторов применяются центробежные насосы. Обычно в гидромеханизации применяются несамовсасывающие центробежные насосы, поэтому перед началом работы всасывающий шланг и корпус насоса должны заливаться водой, которая вытеснит находящийся в них воздух. Большинство применяемых насосов – одноступенчатые с двусторонним входом воды в рабочее колесо, что предотвращает его осевой сдвиг. В основном применяются насосы с производительностью 180...4700 м³/ч, с манометрическим напором 10...90 м вод. ст., при скорости рабочего колеса 700...2960 об/мин. Мощность на валу насосов в зависимости от производительности и напора определяется по формуле:

$$N = Q \cdot H \cdot k_3 / 102 \eta \cdot 3,6 \text{ кВт}, \quad (15.4)$$

где Q – производительность насоса в м³/ч; H – напор, развиваемый насосом, в м вод. ст.; k_3 – коэффициент запаса мощности: $k_3 = 1,3 \dots 1,35$ для мелких, $k_3 = 1,1 \dots 1,15$ для крупных насосов; η – к.п.д. насоса.

Гидравлический транспорт грунта может быть безнапорным (самотечным) и напорным, при котором вода с грунтом движется под давлением. Взвешивание частиц грунта в потоке воды происходит за счет вихревых движений, возникающих при достаточно большой скорости потока. Критической называют скорость, предшествующую началу осаждения частиц породы данной крупности. Условием самотечного гидротранспорта является наличие уклона, обеспечивающего скорость движения пульпы выше критической:

$$i \leq (H_1 - H_2) / L, \quad (15.5)$$

где i – необходимый уклон для транспортировки пульпы; H_1 – высотная отметка для карьера в м; H_2 – высотная отметка верха отвалов в м; L – длина лотка или канавы.

Для транспортировки пульпы с глинистыми породами по лоткам необходим минимальный уклон 0,015...0,025, для песка 0,03...0,05, для

гравия 0,04...0,09. При использовании открытых земляных канав уклоны должны быть больше на 20...30%. Напорный гидротранспорт осуществляется по трубам-пульпопроводам с помощью землесосов.

Землесос – центробежный насос, перекачивающий пульпу. Рабочим органом землесоса (рис. 15.2) является рабочее колесо 2, имеющее две-три лопатки. Рабочее колесо вращается валом 3 от электродвигателя через соединительную муфту. Пульпа по всасывающему патрубку 4 попадает на лопатки рабочего колеса и отбрасывается через напорный патрубок в нагнетательный трубопровод присоединяемый к корпусу 1 землесоса.

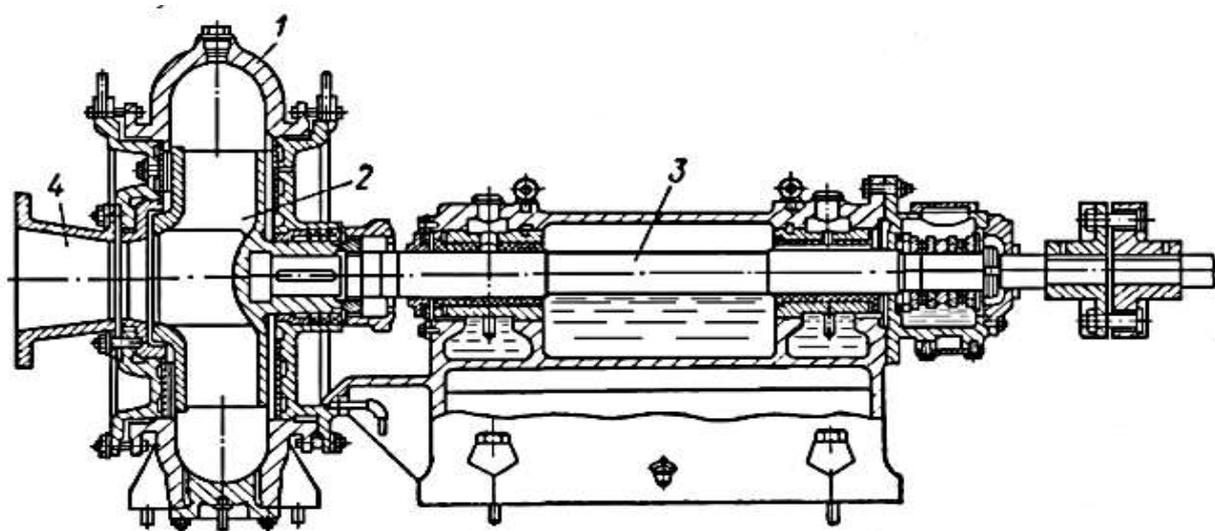


Рис. 15.2. Конструкция землесоса.

Наиболее изнашиваемые детали землесоса изготавливают из марганцовистой стали с содержанием марганца 12...14% или покрывают твердым сплавом. По сравнению с центробежными водяными насосами грунтовые насосы обладают более низкой всасывающей способностью. Это обусловлено тем, что в статическом состоянии находящаяся во всасывающем трубопроводе пульпа имеет большую плотность по сравнению с плотностью воды. В соответствии с принципом сообщающихся сосудов, коими являются водоем и внутренняя полость всасывающего трубопровода, уровень пульпы в последнем будет ниже уровня воды в водоеме. Предельная вакуумметрическая

высота всасывания грунтовых насосов, ограниченная возможностью возникновения кавитации, составляет 4...6,8 м.

Кавитация заметно снижает к.п.д. насосов, который в лучшем случае при правильно отрегулированных зазорах и сальниковом уплотнении ведущего вала не превышает 0,7. Более низкое его значение по сравнению с к.п.д. водяных насосов объясняется увеличенными зазорами (объемным к.п.д.), неоптимальными в смысле гидравлики формами и сечениями проточной части насоса, обеспечивающими беспрепятственный пропуск крупных включений (гидравлический к.п.д.), а также повышенным трением в сопрягаемых парах из-за наличия в пульпе грунтовых частиц (механический к.п.д.). С учетом этих факторов при определении мощности двигателя для грунтового насоса рекомендуется принимать полный к.п.д. равным 0,6.

Производительность землесосов определяют по формуле:

$$Q = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (15.6)$$

где D -диаметр пульпопровода в м; v - скорость транспортировки пульпы в м/с.

Средние скорости м/с, необходимые для гидротранспортировки пульпы дано в таблице 15.1

Таблица 15.1.

Средние скорости м/с, необходимые для гидротранспортировки пульпы.

Диаметр пульпопровода. в мм.	Глины и суглинки	Супесь, мелкие и средние пески	Крупные пески	
			Снебольшим содержанием гравия	С большим содержанием гравия
250	1,7	2,0	2,5	2,8
350	2,1	2,2	3,0	3,4
400	2,35	2,6	3,6	4,0\4,6
600	2,7	3,2	4,2	

Грунтовые характеризуются сравнительно невысоким давлением (до 0,8 МПа). При необходимости увеличения напора их устанавливают

последовательно, а при недостаточной подаче – параллельно с объединением напорных трубопроводов одним пульповодом.

$$\text{Необходимый напор: } H = HA + L \cdot i \cdot k_n, \quad (15.7)$$

где HA – геодезическая разность отметок землесоса и отвала; k_n – коэффициент увеличения потерь напора для пульпы; i – гидравлический уклон.

Гидравлический уклон определяется по эмпирическому уравнению:

$$i = \frac{v^2}{c \cdot R} \quad (15.8)$$

где v – скорость движения воды, м/с; R – гидравлический радиус, равный отношению площади сечения трубы к его периметру: $R = A/p$; c – коэффициент, учитывающий шероховатость стенок, который можно определить по формуле:

$$c = \sqrt[6]{R/m}, \quad (15.9)$$

где m – коэффициент, принимаемый для труб, бывших в употреблении, равным 0,012.

Коэффициент увеличения потерь напора для пульпы k_n зависит от консистенции пульпы.

Консистенция пульпы..... 1:3 1:5 1:8 1:10

$K_{п}$ 1,6 1,5 1,3 1,2

Гидроукладка грунта достигается путем придания потоку пульпы скорости, при которой частицы выпадают из потока и откладываются на намываемой поверхности. Осветленная вода отводится с помощью специальных колодцев. Скорость потока, необходимая для выпадения из него частиц породы, зависит от их крупности. По мере снижения скорости происходит фракционирование породы. Первыми выпадают наиболее крупные фракции. Наибольшие скорости потока, при которых начинается выпадение частиц, следующие:

Крупность в мм.....1,00,6 0,2 0,06 0,001

Скорость потока в м/с.....1,2 0,7 0,25 0,045 0,081

При намыве дамб, насыпей и других сооружений обычно производят обвалование с обеих сторон намываемого сооружения – так называемый

двусторонний намыв. Это позволяет получать откосы с заложением 1:3...1:5. Если не производить обвалования, расход грунта резко увеличивается, так как уклоны свободного откоса при намыве песком равны 0,04...0,1 в зависимости от крупности частиц, а для супесей, суглинков и глин доходят до 0,007...0,02.

Мощность, расходуемая землесосом, определяется по формуле:

$$N = E_{уд} \cdot \Pi_r / 102\eta, \text{ кВт}; \quad (15.10)$$

где $E_{уд}$ – удельный расход электроэнергии на транспортирование 1 м³ грунта; ($W_{уд} = 3 (L + 0,04 \text{ Н}\Delta)$, кВт·ч/м³); Π_r – количество перемещаемого грунта в м³/ч; η – к.п.д. землесоса; L – дальность транспортирования в м; $\text{Н}\Delta$ – геодезическая разность отметок землесоса и отвала.

Землесосные снаряды служат для подводной разработки грунтов, его извлечения из-под воды и перекачивания в смеси с водой к месту укладки.

В гидротехническом строительстве земснарядами разрабатывают котлованы под гидротехнические сооружения, возводят плотины и другие насыпи, разрабатывают песчано-гравийные месторождения. В отличие от дноуглубительных земснарядов, применяемых в речном хозяйстве, строительные земснаряды не приспособлены для работы на судоходных фарватерах и чаще всего не имеют автономных силовых установок, а их насосы рассчитаны на обеспечение больших напоров. Земснаряды оборудованы устройствами грунтозабора и транспортирования пульпы. В состав грунтозаборных устройств входят гидромониторы для гидравлического разрыхления грунта или механические рыхлители.

Легкие грунты всасываются в потоке воды без предварительного рыхления. В качестве всасывающих агрегатов применяют в основном грунтовые насосы. Они же служат для подачи пульпы в пульповод и поддержания в нем необходимого напора для ее транспортирования. Известны также водоструйные (эжекторные) всасывающие агрегаты, а также агрегаты, выполненные на основе эрлифтов (см. ниже). Транспортная система представляет собой плавучий (на понтонах) или подвесной (на стреле, управляемой с земснаряда) пульповод. Большой частью земснаряды длительное

время работают на одном строительном объекте или карьере, чем предопределяются условия их энергообеспечения. Эти земснаряды питаются электроэнергией от внешней электросети. При смене строительного объекта земснаряд перемещают по воде буксиром. Земснаряды, часто меняющие строительные объекты, оборудованы автономными дизель-электрическими установками, обеспечивающими независимое перемещение без связи с внешними энергоисточниками. На некоторых земснарядах, питаемых электроэнергией от внешней сети, установлены резервные дизель-генераторные агрегаты мощностью 50...100 кВт, которые используют для освещения, для приведения земснарядов в транспортное положение и проведения на них ремонтно-наладочных работ, когда снаряд не может быть обеспечен электроэнергией с берега. Для возможности перебазирования земснарядов по суше и частого монтажа и демонтажа их корпуса делают сборно-разборными из отдельных понтонов и секций, способных самостоятельно удерживаться на плаву.

Земснаряд (рис. 15.3) состоит из понтона 9 с землесосом 10, свай 1, стрелы 4 с приемно-рыхлительным устройством 3, состоящим из фермы, фрезерного рыхлителя и его привода. Для подъема и опускания фермы с рыхлителем установлена лебедка 2 с полиспастом 5. Вращающийся рыхлитель разрушает грунт. Подготовленный грунт по всасывающему трубопроводу 8 поступает к землесосу, которым транспортируется к месту укладки по пульпопроводу 6, смонтированному на понтонах. Лебедки 7 служат для управления носовыми канатами при повороте земснаряда относительно опущенной сваи, лебедки 11 для подъема свай. Кроме этого на палубе установлены две станковые лебедки 12 (носовая и кормовая). Землесос приводится в действие электродвигателем 13 мощностью 440 кВт. На земснаряде для обслуживания механизмов имеется мостовой кран 14 грузоподъемностью 25 т. В процессе разработки грунта земснарядом нижний конец грунтозаборного устройства непрерывно перемещается по дну водоема, оставляя после себя выработку в виде узкой полосы. Эти перемещения

осуществляются вместе с рабочими перемещениями всего земснаряда, называемыми папильонированием (от французского *papillon* – бабочка) и выполняемыми в определенном порядке. Различают продольное, совпадающее с продольной вертикальной плоскостью симметрии земснаряда, или траншейное и поперечное папильонирование.

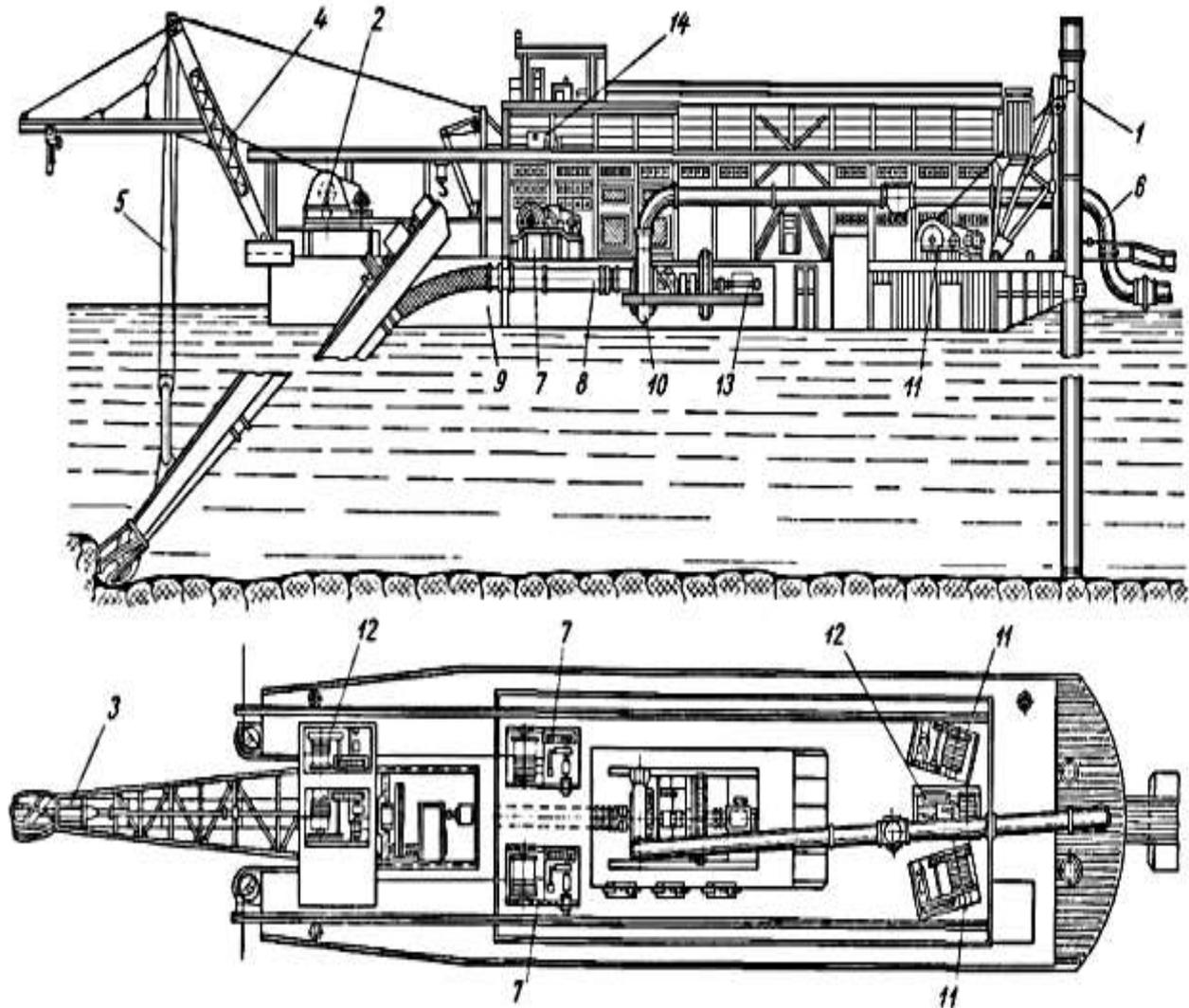


Рис.15.3. Земснаряд.

В результате продольной (траншейной) проходки на дне водоема образуется прямая в плане траншея, которая может быть расширена параллельными проходками при смещении земснаряда в поперечном направлении на каждом новом заходе. При поперечном папильонировании нижний конец грунтозаборного устройства перемещается по дуге, вращаясь относительно некоторой вертикальной оси. По достижении крайнего

положения земснаряд перемещается вперед примерно на ширину полученной за одну проходку выемки, после чего поперечное перемещение повторяется в обратном направлении, и т.д. Такой способ папильонирования называют *веерным*.

Описанные перемещения обеспечиваются работой только папильонажных лебедок, расположенных в носовой и кормовой частях земснаряда, или одновременной работой лебедок и двух свай, расположенных за кормой. В первом случае основное рабочее движение по направлению траншеи обеспечивается подтягиванием земснаряда на заякоренном перед ним канате становой лебедки. Остальные папильонажные лебедки, также с заякоренными канатами, корректируют направление этого движения. Для возвратного движения используют кормовой становой канат, а для перемещения на позицию параллельной траншеи – боковые папильонажные канаты. При веерном папильонировании задними папильонажными канатами фиксируется средняя точка кормы, относительно которой канатами от носовых боковых лебедок осуществляется вращательное в плане движение земснаряда в одном, а затем в обратном направлениях (рис. 15.4, *а*). Подача земснаряда (перемещение в направлении разработки) обеспечивается согласованной работой носовых и кормовых лебедок. Из-за неравномерности сопротивлений папильонажным перемещениям земснаряда при канатном папильонировании не удается добиться четкого направления перемещения грунтозаборного устройства. Лучшие результаты дает свайное папильонирование с применением так называемого аппарата свайного хода. Для этого земснаряд оборудуют двумя трубчатыми сваями 1 (рис. 15.3) с массивными заостренными нижними наконечниками. Сваи устанавливают в направляющих за кормой. Свайное папильонирование заключается в поочередном вращении земснаряда папильонажными лебедками относительно одной из опущенных на дно водоема свай (см. рис. 15.4, *б*).

При этом вторая свая находится в поднятом положении. В конце поворотного хода положения свай меняют и папильонируют в обратном

направлении. Сваи поднимают лебедками. При установке свай в неподвижных направляющих в начале поперечного перемещения грунтозаборное устройство проходит по полосе, уже разработанной предыдущей проходкой, а в конце хода может удаляться от последней, оставляя неразработанные участки. При разработке малослежавшихся песков без разрыхления этот недостаток практически не снижает производительности земснаряда по пульпе, но приводит к неравномерности ее консистенции. При разработке тяжелых грунтов неравномерной будет как консистенция пульпы, так и загрузка двигателей. Более совершенную схему разработки грунта обеспечивает установка свай на принудительно передвигаемой вдоль продольной оси земснаряда каретке. На земснаряде может быть установлена только одна передвижная каретка.

Вторую сваю, называемую прикольной и используемую только для перешагивания, устанавливают обычно в неподвижных направляющих.

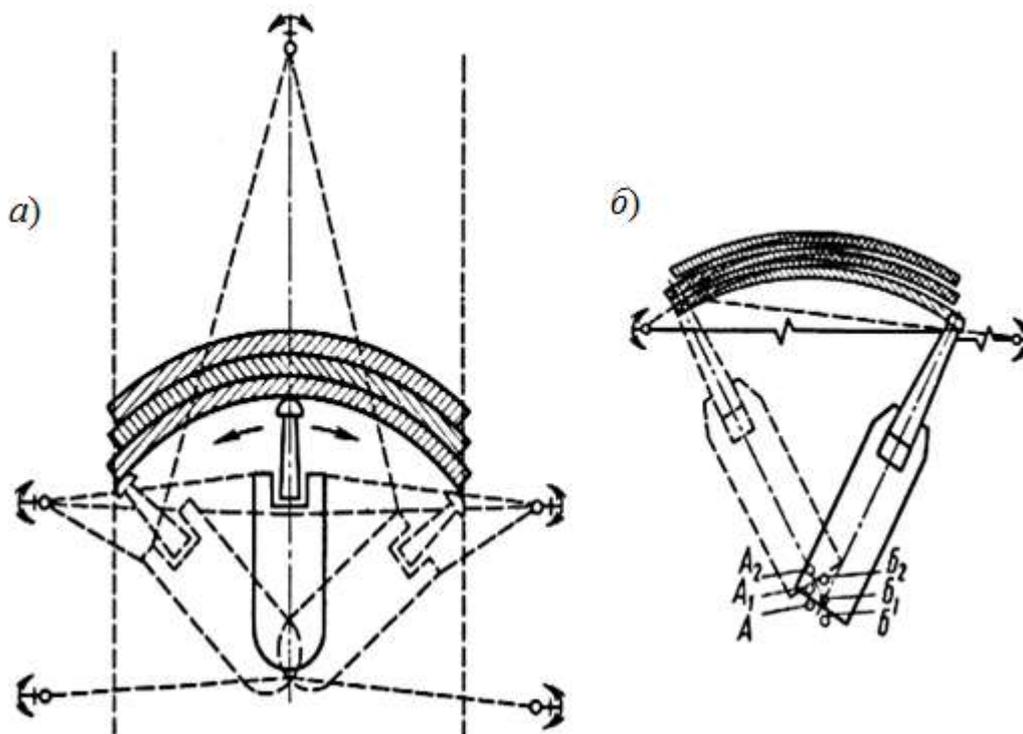


Рис. 15.4. Способы рабочих перемещений земснаряда.

При расчете скоростей папильонирования исходят из средней скорости (м/мин) движения грунтозаборного устройства:

$$v_{cp} = \frac{P_0}{60 \cdot A} \quad (15.11)$$

где P_0 – производительность земснаряда по грунту, м³/ч; A – площадь поперечного сечения полосы грунта, разрабатываемой за одну проходку, м².

В зависимости от вариации P_0 и A эти скорости могут изменяться в широких пределах 0,2...10 м/мин. Для сокращения потерь времени на маневрирование земснаряда верхний предел этой скорости увеличивают в 2...3 раза.

Тяговое усилие в канатах папильонажных лебедок должно быть достаточным для преодоления всех сопротивлений папильонажному перемещению, включая сопротивление грунта резанию, при наиболее неблагоприятных их сочетаниях.

Производительность земснаряда по пульпе определяют по подаче Q_H грунтового насоса, а для ее перевода в производительность по грунту, приведенному к состоянию естественного залегания, пользуются формулой:

$$P_0 = Q_H \cdot k. \quad (15.12)$$

где k – коэффициент, учитывающий консистенцию пульпы.

Последнюю определяют отношением объема грунта, приведенного к естественному состоянию, к объему воды в определенном объеме пульпы. Для более полной эксплуатационной характеристики земснаряда вместе с его производительностью приводят дальность транспортирования пульпы.

Контрольные вопросы.

1. Что такое гидромеханизация? Какие работы выполняют этим способом? Как разрушают грунт способом гидромеханизации? Опишите комплексно схему работ при разработке фунтов способом гидромеханизации. Как разрабатывают подводные грунты? Что такое комбинированный способ разработки грунтов?

2. Какие насосы используют в устройствах гидромеханической разработки грунтов? Чем отличаются фунтовые насосы от насосов для подачи чистой

воды? Назовите их основные параметры. Для чего применяют струйные элеваторы, каков принцип их действия?

3. Для чего предназначены, как устроены и как работают гидромониторы?

4. От чего зависит размывающая способность водяной струи? Как она реализуется на практике? Как определяют производительность гидромонитора?

5. Для чего применяют земснаряды, как они устроены и как работают? Какой вид энергии они используют?

6. Как перебазируют земснаряды при смене объектов по воде и по суше?

Назовите основные параметры земснарядов.

7. Опишите процесс папильонажных перемещений бессвайных и свайных земснарядов.

8. Как определяют производительность земснарядов?

Глава 16. Машины и оборудование для погружения свай.

16.1. Способы устройства свайных фундаментов.

Для устройства свайных фундаментов применяют забивные, винтовые и набивные сваи. Два первых типа свай изготавливают на заводах, а третий изготавливают на месте из монолитного железобетона или в сочетании со сборными элементами заводского изготовления.

В настоящее время на стройках массовое применение (более 90% от общего объема свай) получили забивные сваи квадратного сечения от 0,2х0,2 м до 0,4х0,4 м длиной до 20 м. Используются также винтовые металлические сваи, в частности, для заанкеривания трубопроводов, укладываемых в болотистый грунт; в качестве инвентарных анкерных устройств для стендовых испытаний конструкций на статические нагрузки и т.п. За рубежом свайные фундаменты изготавливают преимущественно *буронабивным* способом, который и в нашей стране начинает находить все более широкое применение. Забивные сваи погружают в грунт, и в зависимости от их ориентации, прикладывают к ним внешнюю вертикальную или наклонную нагрузку. Винтовые сваи погружают в грунт, используя для этого сочетание вертикальной нагрузки с крутящим моментом относительно оси сваи.

Забивные сваи погружают в грунт посредством *свайных молотов* (ударной нагрузкой), с помощью *вибропогружателей* (вибрированием) и сочетанием этих способов - *вибромолотами*. Реже в наиболее податливые глинистые и супесчаные грунты текучей и текучепластической консистенции забивные сваи погружают вдавливанием с пригрузкой вдавливающего оборудования тяжелыми тракторами, которые наезжают на специальные откидные рамы, связанные с направляющей мачтой. По сравнению с ударным способом вибропогружением можно повысить производительность труда в 2,5...3 раза при одновременном снижении стоимости работ в 1,2...2 раза.

Сваепогружатели 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 в зоне производства работ. Копры выполняются передвижными на рельсокошечном ходовом устройстве и безрельсовыми. Они разделяются на: универсальные – имеющие на полноповоротной платформе оборудование для погружения свай с изменяемым вылетом, продольным и поперечным наклоном копровой мачты для погружения вертикальных и наклонных свай; полууниверсальные – имеющие на поворотной платформе оборудование для погружения вертикальных свай или только наклонных свай; простые - для погружения вертикальных свай, не имеющие механизмов поворота платформы, изменения вылета и рабочего наклона копровой мачты. Рельсовые копры с электрическим и электрогидравлическим приводом, передвигаются по рельсовому пути. В их конструкциях используются сборочные единицы и механизмы строительных башенных кранов. В городском строительстве применяют универсальные и полууниверсальные копры. Рельсовые копры мостового типа (рис. 16.1, а) предназначены 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. Они позволяют с большой точностью погружать железобетонные сваи длиной 8...12 м. Составными частями таких копров является самоходный металлический мост 1, передвигающийся по рельсам 5, уложенным с двух сторон вдоль продольной оси котлована, и самоходная копровая тележка или рельсовый копер 3 со сваепогружателем 2, перемещающиеся по мосту вдоль поперечных рядов свай 4. 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

координатношаговую систему автоматического наведения сваи на точку погружения с программным или полуавтоматическим управлением, что обеспечивает высокое качество производства свайных работ.

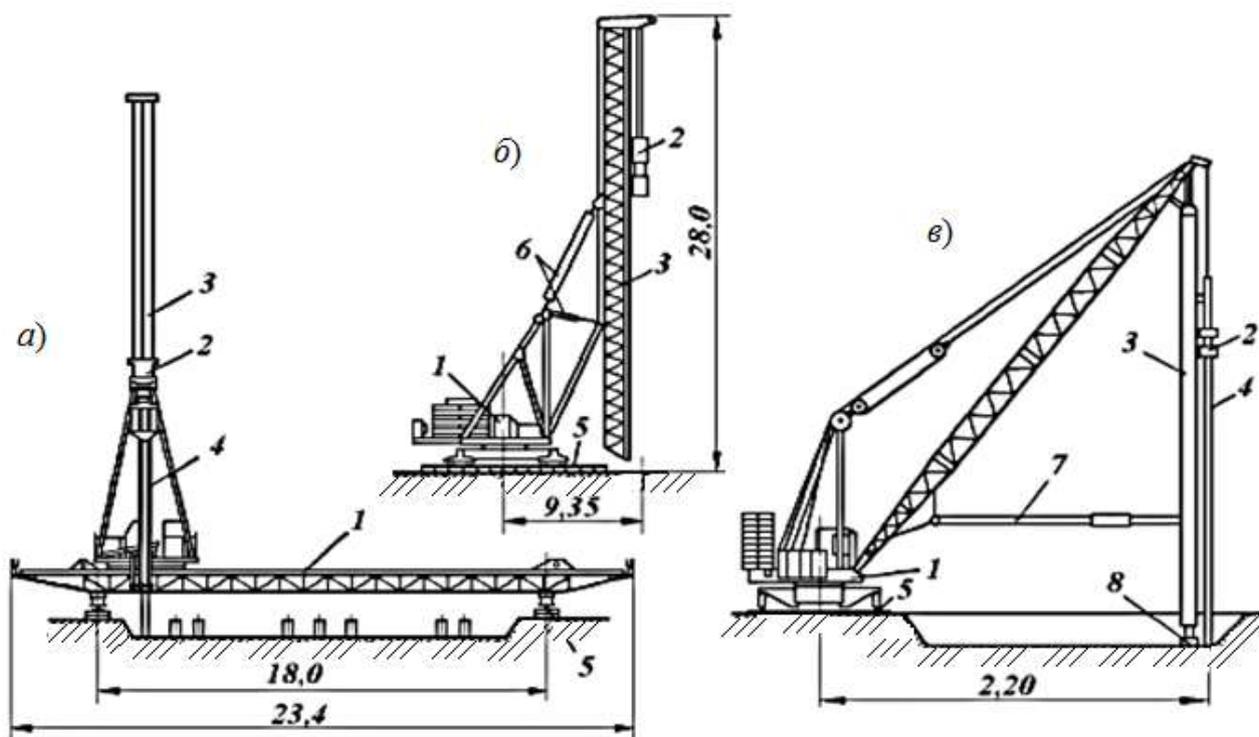


Рис.16.1. Схемы сваебойных установок на рельсовом ходу: *а* – установка мостового типа; *б* – универсальный полноповоротный копер; *в* – установка на кране нулевого цикла; 1 – база (мост, ходовая рама с поворотной платформой); 2 – молот; 3 – копровая мачта; 4 – свая; 5 – подкрановый путь; 6 – устройство для управления копровой мачтой; 7 – телескопическая распорка; 8 – пята.

Базой универсального копра (рис. 16.1, *б*) являются стандартные ходовые тележки башенного крана. На поворотной платформе 1 смонтированы ферма с гидравлическими механизмами 6 управления копровой мачтой 3, лебедки для подтаскивания сваи, подъема-опускания молота 2 и сваи, 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. Рельсовый копер на базе крана нулевого цикла (рис. 16.1,в), предназначен для забивки свай длиной 8...12 м. Копровая мачта 3 подвешена к стреле крана и опирается в рабочем положении на пяту 8. Нижняя часть мачты соединена с поворотной платформой 1 крана телескопической распоркой 7, позволяющей изменять угол наклона мачты и сваи 4. Копер перемещается по рельсам 5, 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 мобильностью и маневренностью, высокими технико-экономическими показателями. В городском строительстве используются универсальные и полууниверсальные навесные копровые установки 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. В самоходной установке на базе экскаватора сменная копровая стрела, несущая дизель-молот, навешивается на решетчатую крановую стрелу и соединяется с поворотной платформой экскаватора телескопической распоркой. 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. Длина копровых стрел 10...25 м, с их помощью погружают сваи длиной 7...20 м.

Гидравлический копер (рис. 16.2) смонтирован 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.

По сравнению с рассмотренными выше навесными копрами с дизельмолотами гидравлические копры имеют более высокие производительность, маневренность, транспортабельность и безопасность работы.

Рис. 16.2. Гидравлический копер.

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 α (угол между продольной осью мачты и вертикалью в продольной плоскости симметрии копра), поперечный установочный наклон β (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. Мачты копров составлены из нескольких унифицированных секций, что позволяет при необходимости менять их длину.

Свайные погружатели. Технологический цикл погружения готовых свай включает операции захвата и установки свай в проектное положение, погружения свай 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. 16.3.



16.3. Классификация свайных погружателей.

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 (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, создаваемая паром или сжатым воздухом, сообщает ударной части 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. 16.4) 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 (наковальней) 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), регулируют энергию удара молота.

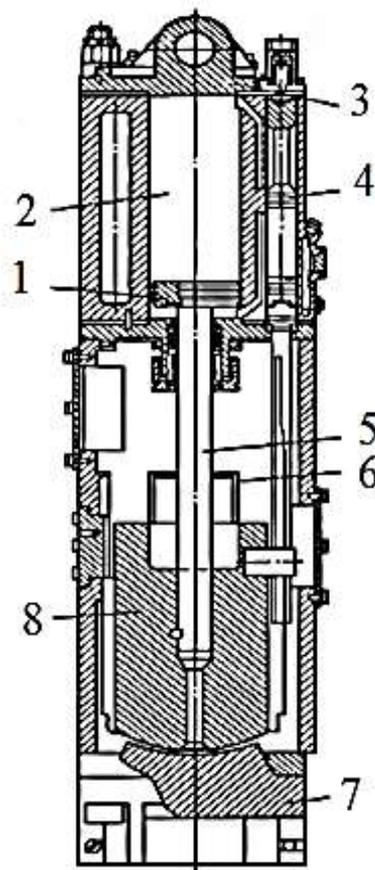


Рис. 16.4. Паровоздушный молот двойного действия.

Паровоздушные молоты устанавливают на копре или подвешивают 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 парообразователей.

Дизель-молоты (прямодействующие двигатели внутреннего сгорания, работающие по принципу двухтактного дизеля) широко применяют для погружения свай на объектах городского строительства. 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. Штанговый дизель-молот (рис. 16.5) 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 днища 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 движении цилиндра на поршень 12 воздух, находящийся во внутренней полости цилиндра, сжимается (в 25...28 раз) и температура его резко повышается (до 600°C). При нажатии штока 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 который надет на голову 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 опять 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.

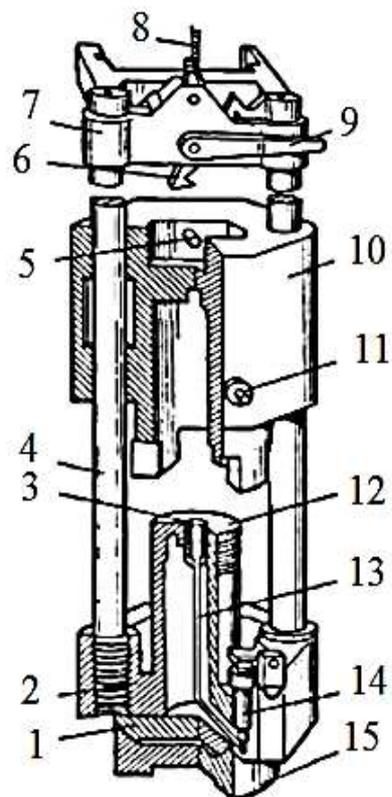


Рис. 16.5. Штанговый дизель-молот.

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. 16.6): ударной части – поршня 1 с компрессионными кольцами, сменного рабочего цилиндра 7 и направляющей трубы 3, шабота 9, по которому наносит удар поршень, топливной и масляной систем, пускового устройства - «кошки» 5 с подъемно-сбрасывающим механизмом 4. 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 – сферически 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, которым управляет падающий 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,

направленные 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 циркулярно-испарительного типа, состоящей из расположенного в зоне камеры сгорания бака 10 для воды с заливной и сливной горловинами.

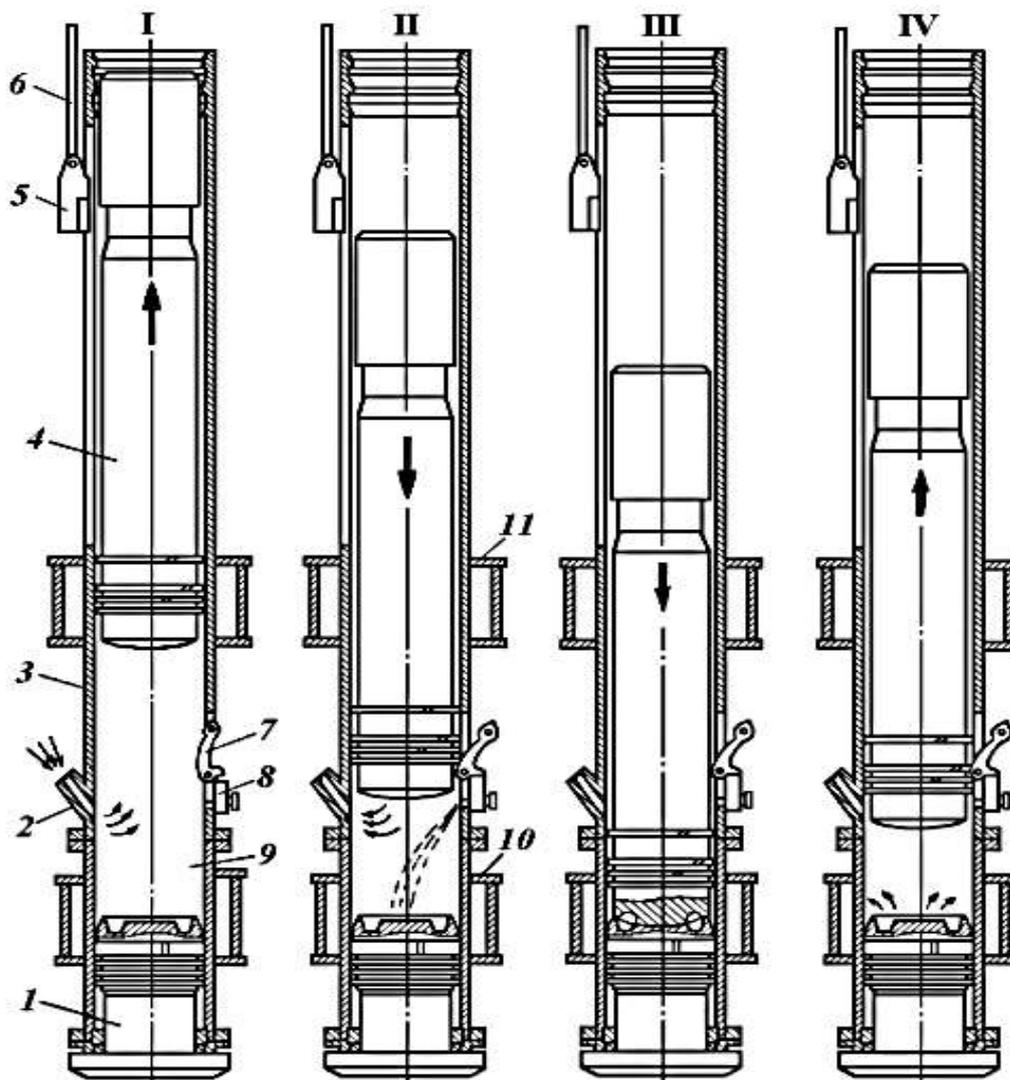


Рис. 16.6. Цикл работы трубчатого дизель-молота.

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 сваи 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 сваи. 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) сваи 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 дизельмолоты 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 сваи и типа применяемого молота. Так, масса ударной части штангового дизель-молота должна быть не менее 100...125%, а трубчатого – 40...70% от массы сваи, погружаемой в грунт средней плотности. Гидравлические свайные молоты по конструкции и принципу действия аналогичны гидропневматическим молотам, но обладают значительно большими 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 к.п.д. (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. 16.7 показана принципиальная схема гидравлического свайного молота легкого типа с массой ударной части 500 кг. Гидромолот работает 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 *z* 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* и *б* и золотник 8 давлением в полости *a* поднимется вверх. Полость *B* отсекается от сливной магистрали и соединяется через полость *z*, осевое отверстие в золотнике 8 и полость *a* с гидропневмоаккумулятором 7 и насосом 6.

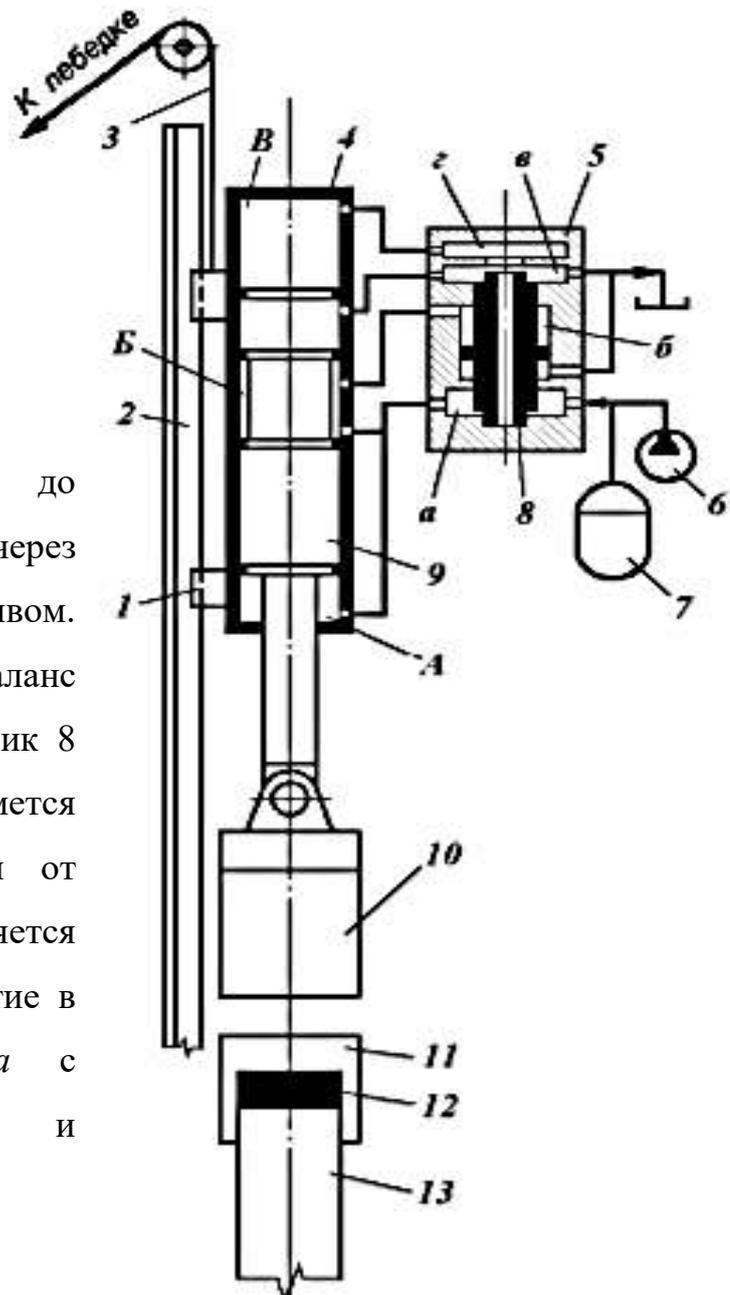


Рис. 16.7. Принципиальная схема свайного гидромолота.

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 6 золотника 8 через полости B и a соединяется с напорной магистралью, золотник опускается вниз, так как рабочая поверхность золотника в полости b 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):

$$E = G \cdot H \cdot \eta, \quad (16.1)$$

для молотов двустороннего действия:

$$E = (G + p \cdot S) \cdot H \cdot \eta, \quad (16.2)$$

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, м²; η – к.п.д. 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 сваи в грунт зависит от соотношения масс сваи 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:

$$0,5 \leq m_c/m_m \leq 2,5 \quad (16.3)$$

(при $m_c/m_m \geq 2,5$ эффективность погружения сваи резко снижается); $v_c \geq 6$ м/с (большая часть энергии удара затрачивается на разрушение наголовника и головы сваи); $n_m \geq 30$ мин⁻¹ при $n_m < 30$ мин⁻¹ свая успевает полностью остановиться, и молоту приходится дополнительно преодолевать инерцию

неподвижной сваи). Вибропогружатели сообщают погружаемым в грунт (или извлекаемым) 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 вибропогружателях 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 положении и направлена вдоль оси погружаемого элемента. При горизонтальном положении дебалансов вибровозбудителя 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 w : $F = m \cdot e \cdot w^2$. Амплитуда колебаний a (мм)

представляет собой отношение статического момента дебалансов M , ($M = m \cdot e$) 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 ($n \geq 6,16$ 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. 16.8, а) вибровозбудитель, приводной электродвигатель 1 и наголовник 12 сваи 13 жестко соединены между собой. В корпусе вибровозбудителя 5 в сферических подшипниках вращаются несколько пар дебалансных валов с дебалансами 4. 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 14. Каждый вибропогружатель комплектуется пультом управления с пусковой и защитной аппаратурой. Вибропогружатели типа ВРП 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 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.

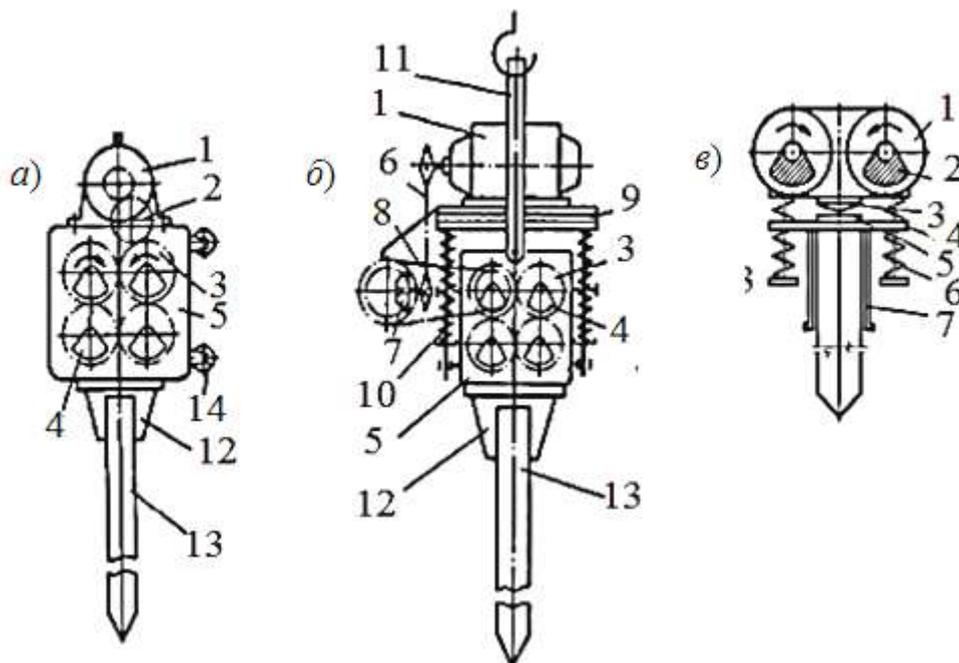


Рис. 16.8. Принципиальные схемы вибропогружателей: низкочастотного (а), высокочастотного (б) и вибромолота (в).

Высокочастотный вибропогружатель (рис. 16,8, б) включает четырехвалный вибратор 5, приводной электродвигатель 1 с короткозамкнутым ротором, установленный на подпружиненных пригрузочных плитах 9, и наголовник 12. Наличие между электродвигателем и вибратором амортизирующих пружин 10 позволяет существенно уменьшить вредное воздействие вибрации на электродвигатель: в процессе погружения колебания совершают только вибратор и свая 13. Изменяя 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 6, конический редуктор 7, горизонтальную цепную передачу 8 и систему синхронизирующих шестерен 3, закрепленных на дебалансных валах с дебалансами 4. 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 11. 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 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. 16.8, в) 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 наковальной 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):

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2(1-R)} \quad (15.4)$$

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.

Шпунтовыдергиватели предназначены для извлечения из грунта металлических свай, труб и шпунта длиной 10...20 м. Наибольшее распространение получили шпунтовыдергиватели виброударного действия, работающие по принципу вибромолотов. Они оснащаются клиновыми и гидравлическими наголовниками и эксплуатируются совместно со стреловыми самоходными кранами, экскаваторами-кранами и копровыми установками.

Шпунтовыдергиватель (рис. 16.9) 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 наковальней 10 с определенной частотой и энергией. Рама передает энергию удара извлекаемому элементу через клиновой захват, 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 пружины и рычагов. Шпунтовыдергиватели эксплуатируются совместно со стреловыми самоходными кранами грузоподъемностью до 25 т, гусеничными экскаваторами со стреловым оборудованием грузоподъемностью до 20 т и вертикальным телескопическим копровым оборудованием. Шпунтовыдергиватели имеют суммарную мощность электродвигателей 15...44 кВт, энергию удара 0,74...2,85 кДж, частоту ударов 8...16 Гц.

Вибропогружатель с регулируемыми параметрами ПНВ-50/140 (рис. 16.10) позволяет в процессе погружения изменять режим вибрирования и амплитуду вынужденных колебаний вибросистемы и используется для погружения оболочек различного веса и размеров.

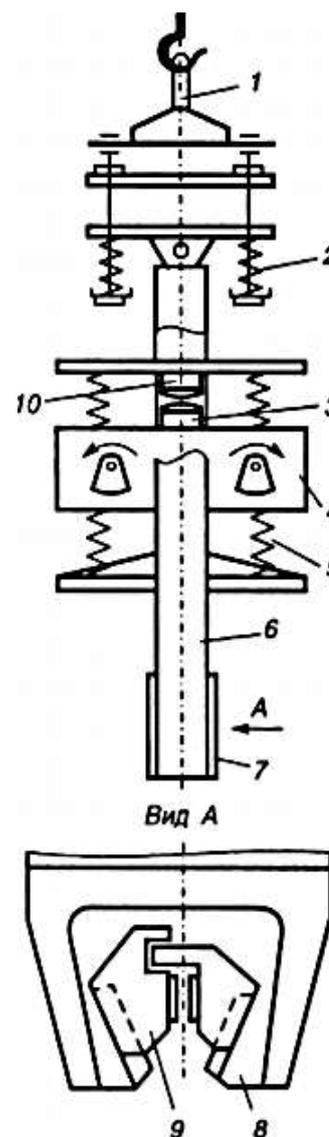


Рис. 16.9. Принципиальная схема шпунтовыдергивателя.

Вибропогружатель состоит из двух вибраторов 1, фундаментного переходника 2 приводных электродвигателей 3 автоматического наголовника 4

и пульта управления 5. Вибратор представляет собой сварной корпус, в котором установлены два грузовых вала. На валах жестко установлены эксцентрики с гидравлическим приводом изменения радиуса инерции. Вращение дебалансных валов синхронизируется парой цилиндрических шестерен, жестко закрепленных на концах грузовых валов. Вибраторы монтируются на полой фундаменте-переходнике, представляющем собой обечайку с отверстием 1400 мм. Снизу к переходнику крепится автоматический наголовник. Отверстие в фундаментном переходнике вибратора позволяет в процессе погружения опускать в полость оболочки грунтотеработывающие и грунтоудаляющие механизмы. Вибраторы машины вращаются двумя электродвигателями мощностью по 75 кВт. Автоматический наголовник для крепления вибропогружателя к погружаемой оболочке включает верхнюю и нижнюю обечайки, соединенные между собой болтами.

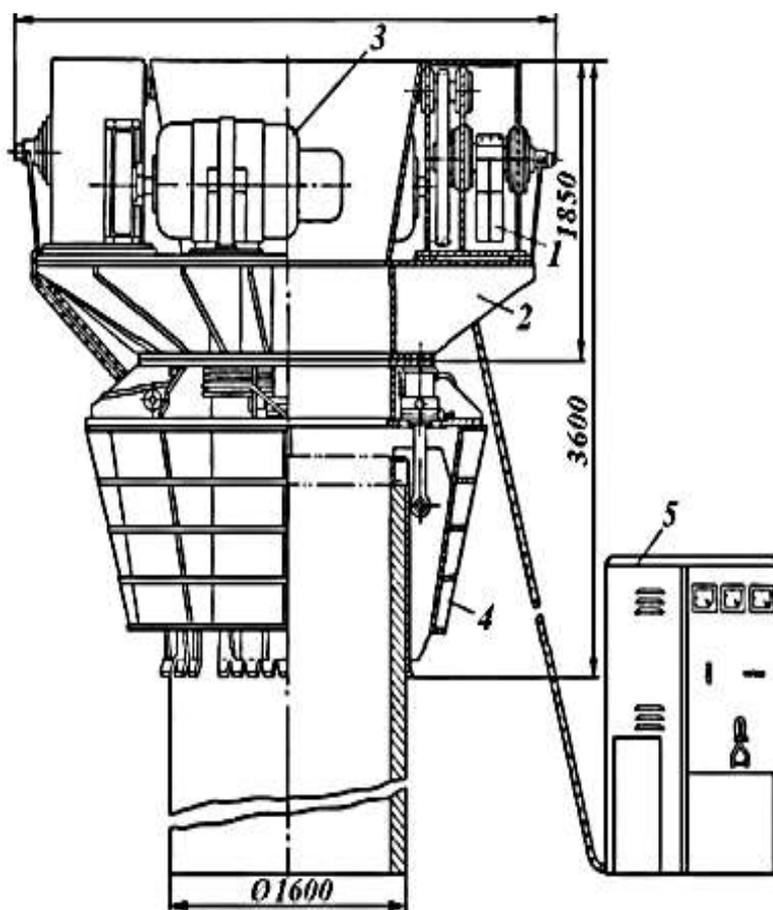


Рис. 16.10. Вибропогружатель для свай-оболочек ПНВ 50/140.

Между фланцами и косынками верхней обечайки наголовника по периметру размещены четыре шарнирно закрепленных гидравлических домкрата грузоподъемностью по 20 т каждый. К штокам домкратов подвешены зажимные фартуки. Насосная станция, питающая домкраты, размещена внутри верхней обечайки. Работа наголовника контролируется с пульта управления вибропогружателем. Способ проходки скважин зависит как от мерзлотногогрунтовых условий площадки, так и от способа погружения свай. Так, при погружении их бурозабивным способом поверхность стенок скважины должна быть ровной, а поперечные размеры соответствовать проектным. Для образования таких скважин применяют машины вращательного бурения и трубчатые буры. Эффективность бурового оборудования в значительной мере зависит от конструкции режущей части рабочего органа – бура. Высокой производительностью отличаются буры с твердосплавными резцами. При бурении скважин трубчатыми бурами, как правило, используют те же машины, что и для забивки свай.

Устройства для срезки свай. В состав работ по устройству ростверков в зависимости от их конструктивного решения входят: срубка (срезка) голов свай, устройство опалубки, установка арматурных каркасов и бетонирование (в монолитных и сборно-монолитных ростверках); срубка голов свай и монтаж элементов сборных ростверков. До начала работ по устройству монолитного ростверка или монтажа элементов сборного ростверка необходимо составить исполнительную схему на погруженные или изготовленные буронабивные сваи. В ней указывают фактическое положение сваи в плане и высоту выступающей части. Отклонения не должны превышать допусков, предусмотренных СНиП. После приемки забитых свай на них наносят отметки линий, выше которых головы свай требуется удалить. При этом учитывают необходимую высоту сопряжения сваи с ростверком, которая зависит от характера прилагаемых нагрузок. В свайном фундаменте, рассчитанном на вертикальные нагрузки, головы свай заделывают в сборный ростверк на 25 см, а в фундаментах, воспринимающих горизонтальные нагрузки, глубина заделки

должна быть не менее 40 см, выпуски концов арматуры – не менее 10 см. При сопряжении голов свай с монолитным ростверком в фундаментах, работающих на вертикальные нагрузки, допускается заделывать головы свай на глубину 5...10 см без заделки выпусков арматуры. В связи с тем, что забить сваи на заданную отметку удастся не всегда, приходится срезать (срубать) их головы до требуемого уровня. Применяемые в настоящее время для этих целей устройства разрушают бетон ствола сваи механическим, взрывным и термическим способом. Тип устройства, применяемого для срезки свай, зависит от способа сопряжения свай с ростверком, а также от сечения сваи и ее конструктивных решений. Опыт показывает, что при устройстве всех видов ростверков можно применять все названные способы. Для подготовки голов свай к опиранию на них плитного или панельного ростверка целесообразно применять установки, обеспечивающие горизонтальность верха срезаемых свай. Для этого были разработаны устройства различных типов.

В практике широко применяют механические способы срубки (срезки) концов свай. Установка, применяемая на объектах строительства работает по принципу разрушения бетонного ствола сваи клиновыми резцами, которые приводят в движение гидроцилиндры, питаемые от автономной приводной станции. Рабочим органом установки являются зубья: два подвижных на каретке и два неподвижных на передней части. Каретка с закрепленными на ней зубьями перемещается посредством гидроцилиндров, подключенных к автономной приводной станции. Устройство навешивают на сваю при помощи грузоподъемного механизма. Обслуживают установку два оператора и машинист гидроподъемной машины. В смену таким устройством можно срезать 100...150 свай сечением 35×35 и 30×30 см. Масса навесного устройства для срезки свай – 270 кг, мощность электродвигателя – 4,5 кВт.

Устройство для срезки концов сваи (рис. 16.11, а) состоит из двух рычагов 1, соединенных в нижней части рамой 3, а в верхней через полиспаст – гибкими связями. Рабочий орган представляет собой две пары ножей 4 и 5, возвратное 6 и монтажное 7 устройства. Установку навешивают на крюк

грузоподъемного механизма и опускают на сваю 12, на которой предварительно закрепляют струбцину 13. После этого с монтажных крючьев снимают канаты и подают команду для подъема тягового блока. При этом рычаги сходятся вместе с закрепленными на них ножами. После разрушения бетона и оголения арматуры прекращают подъем тягового блока, и по мере опускания его рычаги под действием возвратного устройства становятся в исходное положение. Установку обслуживает звено из трех человек. Двое рабочих по заданным отметкам устанавливают струбцины, а звеньевой вместе с крановщиком срезает оголовки. После этого при помощи бензореза обрезают оставшуюся арматуру. *Недостатком* этого устройства является необходимость последующей срезки арматуры. Наибольшее сечение срезаемых свай – 30X30 см, высота зоны оголения арматуры – 25...30 см, установка срезает в смену 130...150 свай.

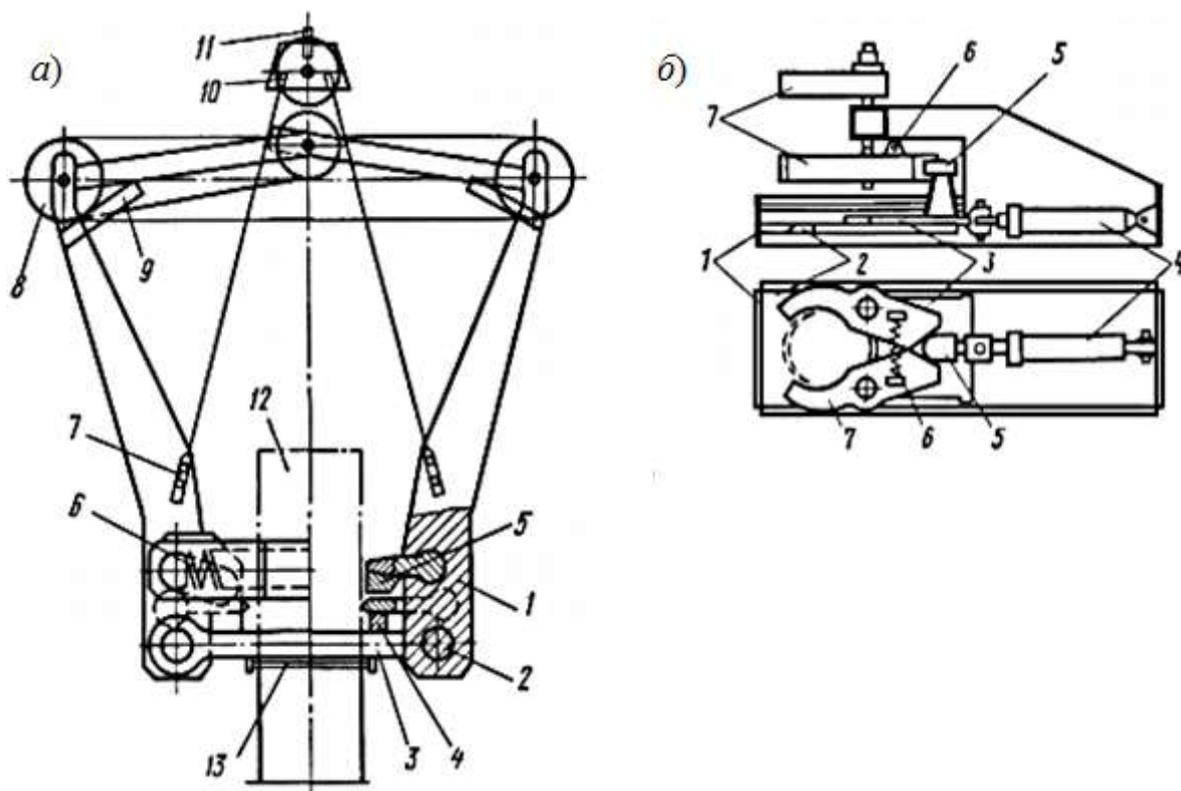


Рис. 16.11. Оборудование для срезки голов свай: *а* – конструкция: 1 – рычаг; 2 – палец; 3 – рама; 4 – нижний нож; 5 – верхний нож; 6 – пружина; 7 – монтажный крючок; 8 – полиспаг; 9 – упор; 10 – петля; 11 – тяговая петля; 12 – свая; 13 – струбцина; *б* – сваерез с захватом: 1 – корпус; 2 – неподвижный нож; 3 – подвижный нож; 4 – гидроцилиндр; 5 – клин; 6 – пружина возврата; 7 – рычаги.

Сваерез обеспечивающий срезку сваи без окола ее граней за пределами линии среза (рис. 20.12, б) представляет собой сварной корпус, в котором установлен неподвижный нож. Этот нож имеет форму полуокружности и размещен над неподвижным ножом, который перемещается гидроцилиндрами. Режущие поверхности ножей изготавливают из высокопрочных сталей. Для срезки свай такое устройство при помощи грузоподъемного механизма устанавливают на сваю. Подвижной нож срезает сваю вместе с арматурой и проходит под неподвижным ножом. При этом обрубок сваи, остающийся на подвижном ноже, поворотом платформы выносится за пределы зоны срезки. Производительность сваереза – более 150 свай в смену.

Установка СП-61, (рис. 16.12), работает по принципу скручивания ствола сваи, для чего требуются меньшие затраты мощности и времени.

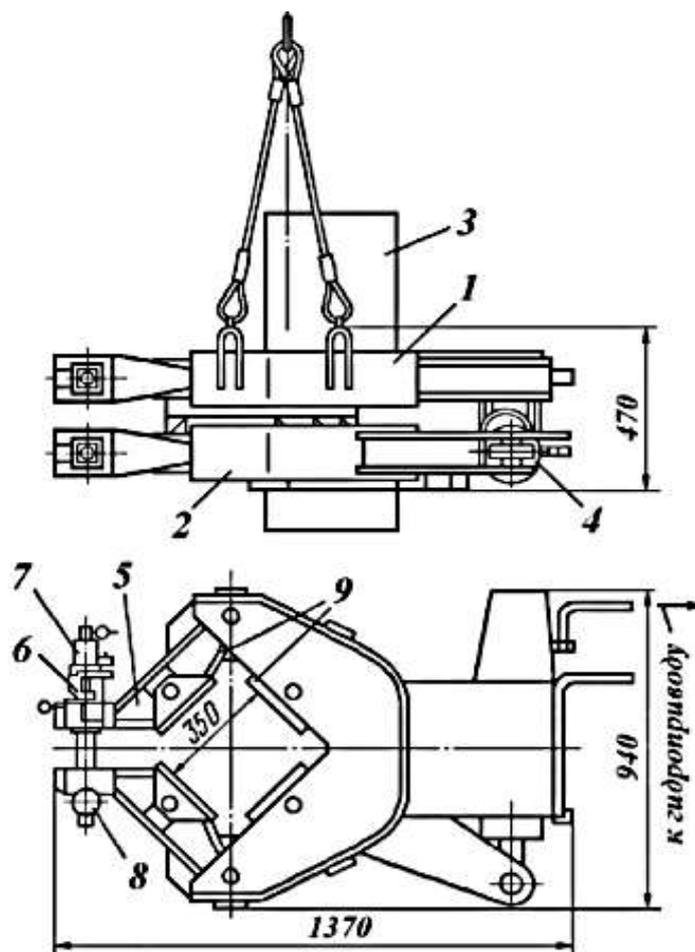


Рис. 16.12. Схема устройства для скручивания железобетонных свай.

Этим устройством можно захватывать сваю сбоку в любом ее месте, выступающем над поверхностью земли. Шарнирные губки и гидрозажим передают нагрузку по всем боковым граням сваи. Устройство СП-61 может работать как с собственной станцией, так и в качестве навесного оборудования на машинах с гидравлическим приводом: экскаваторах и кранах. В этом случае безнасосную станцию подвешивают на стрелу, подключают ее к насосной станции базовой машины и управляют из кабины машиниста. Основными узлами установки являются верхний 1 и нижний 2 захваты, держатель 5, служащий для охвата сваи 3, гидроцилиндр 4 для перемещения захватов с держателями и два гидроцилиндра 7 с гидрозажимами 6, на стяжках с цилиндрическими шарнирами 8 для охвата сваи без зазора.

Сечение срезаемых свай – 30×30 см, наименьшая высота срезки – 0,18 м, установленная мощность 5,5 кВт, масса устройства 630 кг, масса бензонасосной станции – 460 кг, производительность – срезка 12 свай в 1 ч.

Устройство (рис. 16.14) содержит вибровозбудитель 10, замкнутую полу раму 1, закрепленные на ней посредством шарниров 2 двуплечие рычаги 3, одни концы которых соединены гидроцилиндрами 4, и режущие органы 5, выполненные, например, в виде конусных клиньев и закрепленные на свободных концах рычагов. С целью снижения энергоемкости срезки, каждый рычаг снабжен ножами-фиксаторами 9, имеющими в плане рабочие опорные поверхности, параллельные между собой и расположенные под режущими органами, и парой зубьев 6, имеющих в плане форму клина и размещенных над режущими органами, при этом расстояние по вертикали между зубьями для отгиба арматуры и ножами-фиксаторами равно не менее десяти диаметров арматуры сваи, а вибровозбудитель установлен в верхней части рамы. Зубья 6 служат для отгиба вертикальных арматурных стержней 7 и извлечения их из тела сваи 8. Вибровозбудитель 10 закреплен в верхней части рамы и способствует снижению усилия разрушения бетона и съема срезанной части с продольных арматурных стержней. Направление колебаний вибровозбудителя совпадает с осью сваи 8.

Устройство работает следующим образом. С помощью крана устройство надевают на сваю 8 таким образом, чтобы ножи-фиксаторы 9 своими режущими кромками были установлены на отметке среза сваи 8. Рабочую жидкость подают в рабочую полость силовых гидроцилиндров 4. Силовые гидроцилиндры 4 воздействуют на рычаги 3, а те, в свою очередь, — через режущие органы 5, зубья для отгиба арматуры 6 и ножи-фиксаторы 9 — на сваю 8. Когда режущие органы 5 внедряются в сваю 8 на половину своей длины, а ножи-фиксаторы на всю длину, включается вибровозбудитель 10, который, непосредственно воздействуя на сваю 8 через режущие органы 5 и зубья 6, создает в месте среза сваи 8 переменные напряжения растяжения-сжатия, при этом на устройство воздействуют тяговым канатом, который весь цикл срезки сваи 8 должен оставаться слегка натянутым. Устройство обеспечивает срезку железобетонных свай, расположенных в ряд или кустами, и съем срезанной части без нарушения арматуры.

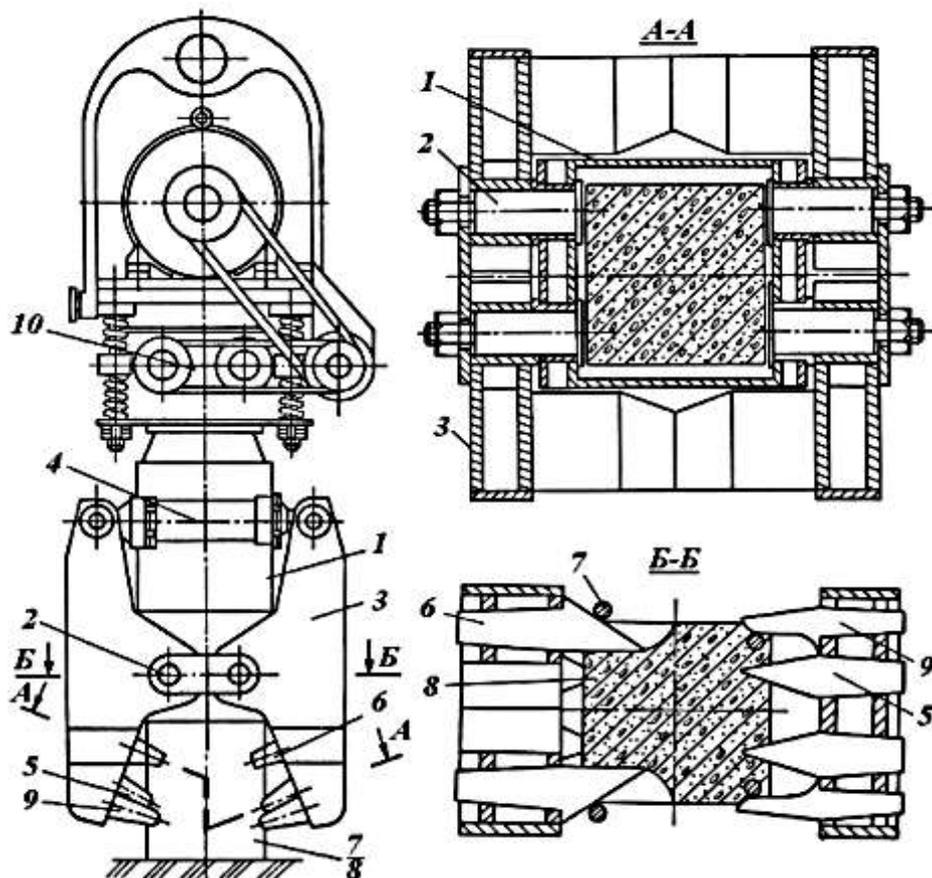


Рис. 16.14. Устройство для срезки свай с сохранением арматуры над срезом.

Контрольные вопросы.

1. Какие типы свай используют для устройства свайных фундаментов? Какие из них получили наибольшее распространение в строительстве?
2. Какими способами погружают в грунт сваи заводского изготовления? Как изготавливают буронабивные сваи? Какие машины применяют для этого?
3. Для чего предназначены копры?
4. Какие машины используют в качестве базовых для работы с копровым оборудованием? Перечислите достоинства и недостатки работы копрового оборудования по сравнению с работой копров.
5. Для каких условий предпочтительно использовать копровое оборудование на базе автомобильных кранов?
6. Опишите способы бескопрового погружения свай. Какие машины применяют для этого?
7. Перечислите виды свайных молотов. Как они устроены и как работают? Назовите их основные параметры.
8. Какими преимуществами и недостатками обладают отдельные их виды? Назовите предпочтительные области их применения.
9. Для чего предназначены, как устроены и как работают вибропогружатели? Перечислите их преимущества и недостатки перед другими видами погружателей.
10. Для чего предназначены, как устроены и как работают вибромолоты?
11. В чем заключается самонастройка вибромолотов?
12. Назовите основные параметры вибромолотов.

Глава 17. Машины и оборудование для переработки каменных материалов.

17.1. Общие сведения.

Нерудные каменные материалы - гравий, щебень и песок - используют в строительстве в качестве заполнителей для изготовления бетонных и железобетонных изделий, сооружения частей зданий из монолитного бетона и железобетона, для устройства подстилающего слоя дорожного покрытия и в других случаях.

Гравий и *песок* добывают из естественных отложений механическим и гидравлическим способами, а *щебень* - из естественного камня путем его дробления.

Добываемые каменные материалы перерабатывают на камнедробильных и промывочно-сортировочных заводах, а затем, в виде готового продукта стандартного качества, доставляют потребителю.

Качество гравия и щебня характеризуется зерновым составом, формой зерен, механической прочностью и содержанием засоряющих примесей. В зависимости от крупности зерен эти материалы разделяют на фракции, каждая из которых характеризуется минимальным и максимальным (средними по трем измерениям) размерами.

По форме зерна бывают *лещадными*, у которых длина в три и более раз больше ширины, и *кубообразными*.

В соответствии с действующими стандартами в полученном после обработки готовом продукте (гравии и щебне) допускается не более 15% лещадных зерен.

Механическая прочность щебня определяется прочностью исходной горной породы: малой (до 80 МПа), средней (80...150 МПа), высокой (150...250 МПа) и особо высокой (более 250 МПа) прочности.

Пески по степени крупности зерен разделяют на *крупные, средней и мелкие*.

В процессе переработки нерудных материалов для освобождения песка и в отдельных случаях щебня от глинистых и других вредных примесей их промывают и обезвоживают. В результате обезвоживания снижается влажность материала до уровня, допускающего его транспортирование и предотвращающего смерзание в зимнее время.

17.2. Машины для измельчения (дробления) каменных материалов.

В процессе дробления наиболее крупные зерна исходного материала со средним размером D измельчаются до среднего размера d -отношение $i = D/d$ называют *степенью дробления*. В зависимости от конечной крупности кусков дробления различают *крупное* (100...350 мм), *среднее* (40...100 мм), *мелкое* (5...40 мм) *дробление* и *помол* (от 5 мм и ниже).

Каменные материалы дробят *раздавливанием, раскапыванием, ударами истиранием* другими способами (Рис 17.1).

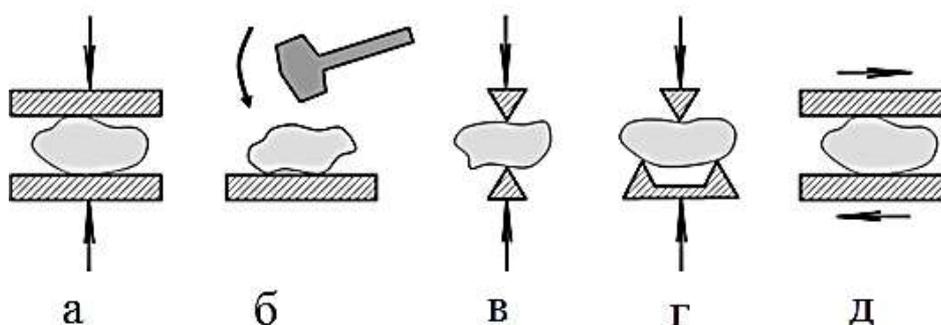


Рис 17.1-рasm. Схема способов измельчения камней: а - раздавливанием ; б - ударом; в - раскапыванием; г - изгибом; д - истиранием.

Для дробления материалов применяют *дробилки*, реализующие первые три метода, а для помола - *мельницы*, измельчающие материалы ударом и

истирианием. Некоторые дробилки могут работать как дробилки и как мельницы (например, валковые дробилки).

По принципу действия и конструктивным признакам дробилки делят на щековые, конусные, валковые, молотковые и роторные, а мельницы - на барабанные, шаровые, бегунковые и вибрационные. В строительстве наибольшее применение имеют щековые, конусные и роторные дробилки. Мельницы являются специальным заводским оборудованием промышленности строительных материалов и в настоящем учебнике не рассматриваются.

Дробление каменных материалов относится к наиболее древнему виду деятельности человека и восходит к 8 тысячелетию до нашей эры. Тогда человек для дробления использовал пест и ступку из камня. Позднее египтяне и китайцы использовали каменные жернова из двух камней, приводимых в движение ногой человека. Эти орудия применялись в основном в сельском хозяйстве и лишь отчасти в горном деле.

Создание дробилок как машин относится к XIX в. В 1806 г. в Англии появились дробильные валки, в 1858 г. инженером Э. Влеком (США) были созданы щековые дробилки, получившие широкое распространение. В 1870-х гг. в США была создана конусная дробилка, внедренная в практику в 1886 г. инженером Гейтсом. В 1890-х гг. в США были созданы дробилки ударного действия, а в начале XX в. - конусные дробилки мелкого и среднего дробления.

Дробилки характеризуются *производительностью, размерами загрузочного и разгрузочного отверстий, диапазоном регулирования разгрузочной щели, конструктивной степенью дробления*, определяемой как отношение ширины загрузочного отверстия к ширине разгрузочной щели, и *наибольшим размером кусков* в исходном материале, определяемым из условий их захвата дробящими органами и размером загрузочного отверстия.

Материалы дробят в две - три, реже - в одну стадию. На каждой стадии дробления с использованием дробилок различных типов получают материал с требуемыми размерами частиц, которые отсеивают на грохотах, установленных перед дробилками. Дробилки последних стадий работают, как правило, в

замкнутом цикле виброгрохотом. При этом материал крупнее заданного возвращается в ту же дробилку для повторного дробления (рис. 17.2).

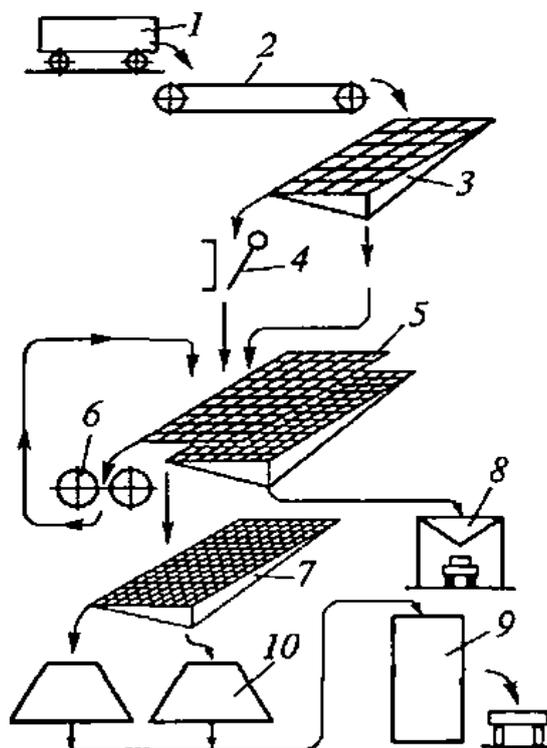


Рис. 17.2. Типовая схема дробильно-сортировочной установки: 1 - вагонетка; 2 - пластинчатый конвейер; 3 - колосниковый грохот; 4 - щековая дробилка; 5 и 7 - виброгрохоты; 6 - валковая дробилка; 8 - бункер для песка и пыли; 9 - расходный бункер; 10 - склады.

Щековые дробилки служат для измельчения нерудных материалов средней и большой твердости и, вследствие различных размеров приемного отверстия, применяются как на первой, так и на последующих стадиях дробления. Производительность их достигает 300 м³/ч. Главным параметром, характеризующим щековые дробилки, являются размеры загрузочного отверстия, которые могут быть от 175×250 до 2100×2500 мм. Различают щековые дробилки с простым, сложным и комбинированным движением подвижной щеки. На рис. 17.3,*а* представлена схема щековой дробилки с простым; а на рис. 17.3,*б,в* – со сложными движениями щеки. На станине 1 в подшипниках установлен эксцентриковый вал, на который свободно надеты шатун 3 или подвижная щека 3.

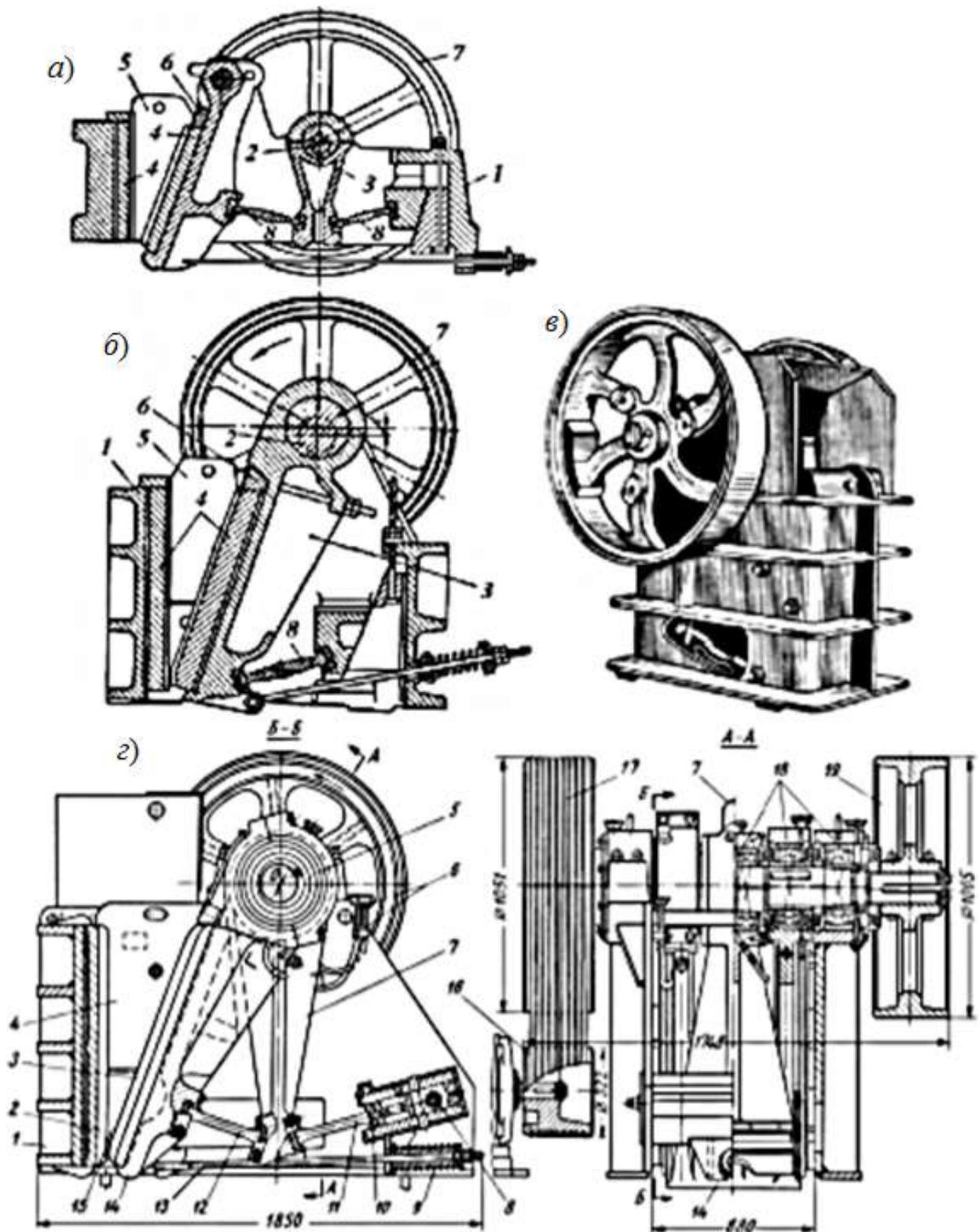


Рис. 17.3. Щековые дробилки: *а* – схема дробилки с простым движением щеки; *б, в* – схема и общий вид дробилки со сложным движением щеки; *г* – схема дробилки с комбинированным движением щеки: 1 – станина; 2 – неподвижная дробящая плита; 3 – подвижная дробящая плита; 4 – верхняя футеровка; 5 – эксцентриковый вал; 6 – маслоуказатель; 7 – шатун; 8 – механизм регулирования выходной щели; 9 – пружина

оттяжного устройства; 10 – тяга; 11 – задняя распорная плита (предохранительная); 12 – передняя распорная плита; 13 – тяга; 14 – качающаяся щека; 15 – нижняя футеровка; 16 – шкив электродвигателя; 17 – шкив дробилки; 18 – роликовые подшипники; 19 – маховик.

На станине и на подвижной щеке укреплены ребристые дробящие плиты 4 обычно изготавливаемые из марганцовистой стали. Внутренние боковые поверхности станины защищены от изнашивания предохранительными клиньями 5. Этими же боковыми клиньями закрепляется на станине неподвижная дробящая плита. Дробящая плита подвижной щеки закрепляется на щеке клиновыми накладками 6 с помощью болтов. На концах эксцентрикового вала установлены маховики 7, предназначенные для накопления энергии во время холостого хода и для передачи ее при дроблении. Один из маховиков часто используется в качестве приводного шкива для клиноременной передачи от электродвигателя. Для поддержания подвижной щеки в рабочем положении и передачи усилий на дробление служат распорные плиты 8, являющиеся также предохранительным устройством на случай попадания недробимого материала. При перегрузке дробилки они в первую очередь выходят из строя, оставляя неповрежденными более ответственные детали. Для ускорения отхода подвижной щеки и для удерживания распорных плит от выпадения служит тяга с пружиной. Кроме дробилок со сложным и простым качанием щеки выпускаются дробилки с комбинированным движением щеки (рис. 17.3, *з*). На эксцентриковом валу такой дробилки устанавливаются и шатун, и подвижная щека, что позволяет дробить материалы весьма твердых пород с пределом прочности при сжатии до 3000 кг/см^2 (до 300 МПа). В такой дробилке материал выталкивается под действием силы трения, направленной вниз, а подвижная щека при отходе остается параллельной первоначальному положению, что обеспечивает интенсивное продвижение дробимого материала. Это облегчает разгрузку дробилки и на 20...30% повышает ее производительность по сравнению с дробилками с простым качанием щеки. В последнее время началось производство щековых

камнедробилок с двумя подвижными щеками. Срок службы дробящих плит в этих дробилках в 2...3 раза превышает срок службы дробящих плит дробилок с одной дробящей щекой. Максимальная крупность загружаемых в щековую дробилку кусков составляет 80...90% ширины загрузочного отверстия. Удельная мощность щековых дробилок на 1 т/ч при степени измельчения $i=4$ составляет: 0,36...0,44 кВт для мягких пород; 0,59...0,74 кВт для пород средней твердости; 0,74...0,88 кВт для твердых пород. Большие значения соответствуют мелким и средним дробилкам. Гранулометрический состав дробленого продукта определяется в лаборатории просеиванием через сито, так, например, в результате дробления при ширине разгрузочного отверстия $d_{\max} = e+s=20+40=60$ мм получается щебень крупностью от 0 до 10 мм – 8%; от 10 до 30 мм – 30%; от 30 до 60 мм – 47% и более 60 мм – 15%. Величина разгрузочной щели щековых дробилок регулируется выдвижением двухстороннего клина парой клиньев, сдвигаемых винтом 8, имеющим на разных сторонах левую и правую резьбы (рис. 17.3, з). Щековые дробилки с простым движением щеки изготавливаются с размерами загрузочного отверстия 400×600, 600×900, 900×1200, 1200×1500, 1500×2100 и 2100×2500 мм и щековых дробилок со сложным движением щеки – с размерами загрузочного отверстия 160×250, 250×400, 400×600, 600×900, 900×1200 и 1200×1500 мм.

Производительность щековых дробилок определяется по формуле:

$$П = 60 \cdot V \cdot n \cdot \mu ; \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (17.1)$$

где V – объем материала, выпадающего за один ход подвижной щеки,

$$V = (2e + s) b \cdot h / 2; \text{ м}^3; \quad (17.2)$$

где e – минимальный зазор между дробящими плитами в м; s – максимальный отход подвижной щеки в м; b – длина разгрузочного отверстия в м; h – высота призмы материала, выпадающего из дробилки за один отход подвижной щеки, в м, $h = s/\text{tg}\alpha$;

где α – угол захвата между дробящими плитами в град.; n – число оборотов эксцентрикового вала в 1 мин (обычно – 200...250); μ – коэффициент,

учитывающий наличие пустот между дробимыми кусками (колеблется в пределах 0,3...0,7).

Для упрощения расчета примем, что неподвижная щека расположена вертикально, а подвижная отклоняется параллельно, т.е. при увеличении ширины разгрузочной щели e на ход щеки s угол α остается неизменным (рис. 17.4.). При отклонении подвижной щеки в правое крайнее положение раздробленный материал в виде призмы трапецеидального сечения под действием силы тяжести падает. На основании закона свободного падения тела время падения

$t_1 = \frac{\sqrt{2h}}{g}$; с, где: h – высота призмы материала, см; g – ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/сек².

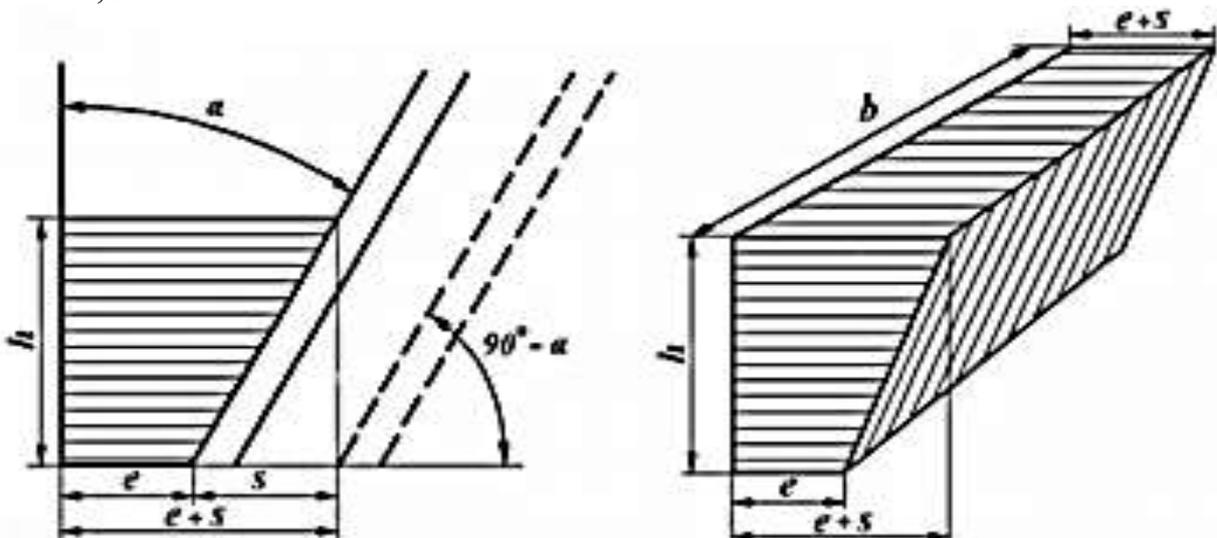


Рис. 17.4. Схема к расчету числа оборотов эксцентрикового вала щековой дробилки.

Для обеспечения наибольшей производительности дробилки надо, чтобы выпадение материала закончилось за время отхода подвижной щеки вправо t_2 , т.е. . Так как вал за один оборот совершает два качания (вправо и влево), $t_1 = t_2$ $t_2 = 60/2n$ секунд, где n – число оборотов эксцентрикового вала в минуту.

Из рассмотренного получаем

$$n = 30/\sqrt{2h/g} = 30/\sqrt{2s/g \cdot \operatorname{tg} \alpha} = 665 \sqrt{\operatorname{tg} \alpha / s}; \text{ об/мин.} \quad (17.3)$$

Так как истечение дробленого материала, находящегося под давлением, не точно совпадает с движением щеки, следует принимать $n \approx 500\sqrt{tg \alpha / s}$, об/мин.

С увеличением массы и хода подвижной щеки уменьшается число оборотов эксцентрикового вала, поэтому у более крупных дробилок, имеющих большие s , n меньше, чем у мелких.

Конусные дробилки различают по крупности материала. Они делятся на дробилки *крупного, среднего и мелкого дробления*. В строительстве применяют в основном дробилки среднего и мелкого дробления, используя их при многостадийном дроблении.

Главным параметром конусной дробилки является диаметр основания дробящего конуса, который входит в индекс типоразмера дробилки.

Например, КСД-2200 расшифровывается как конусная дробилка среднего дробления с диаметром дробящего конуса 2200 мм; КМД-2200 - тоже дробилка мелкого дробления.

Для получения качественного продукта нижняя часть камеры дробления у дробилок типов КСД и КМД имеет участок с параллельными образующими неподвижного и подвижного конусов, при прохождении которого материал калибруется кратным нагружением. При этом крупность продукта дробления определяется шириной щели в зоне максимального сближения конусов.

Конусные дробилки (рис. 17.5) применяют на всех стадиях дробления горных пород любой прочности, за исключением вязких материалов с большим содержанием глины. Крупность исходного материала при крупном дроблении составляет 400... 1200 мм, а при среднем и мелком дроблении 40...500 мм.

Камера дробления ограничена снаружи неподвижным конусом 5, а изнутри - подвижным конусом 4, посаженным на вал 3, эксцентрично вставленный в стакан 16, приводимый во вращение от вала через коническую зубчатую пару 14-1. При вращении стакана подвижный конус совершает круговые (*гирационные*) движения относительно вертикальной оси стакана так, что зоны наибольшего и диаметрально противоположного наименьшего его

сближений с неподвижным конусом 13 непрерывно перемещаются по кругу последнего.

В зоне сближения конусов происходит раздавливание и истирание материала, а в зоне отхода - его разгрузка. Исходный материал загружают через приемную коробку 8, откуда он сыпается на распределительную тарелку 7, закрепленную на валу 3, и при вращении вала равномерно распределяется по кольцу дробящей камеры. Неподвижный конус установлен на кольцевом бандаже 10 соединенном резьбой с опорным кольцом 7. Последнее опирается на станину 12, прижимаясь к ней пружинами 2. Резьбовое соединение служит для регулирования размера разгрузочной щели, в том числе и при износе защитных футеровок би 9 дробящих конусов, а соединение с помощью пружин для предохранения от поломок при попадании в камеру дробления недробимого включения. В указанном случае опорное кольцо приподнимается над станиной, пропуская в разгрузочную щель недробимое включение.

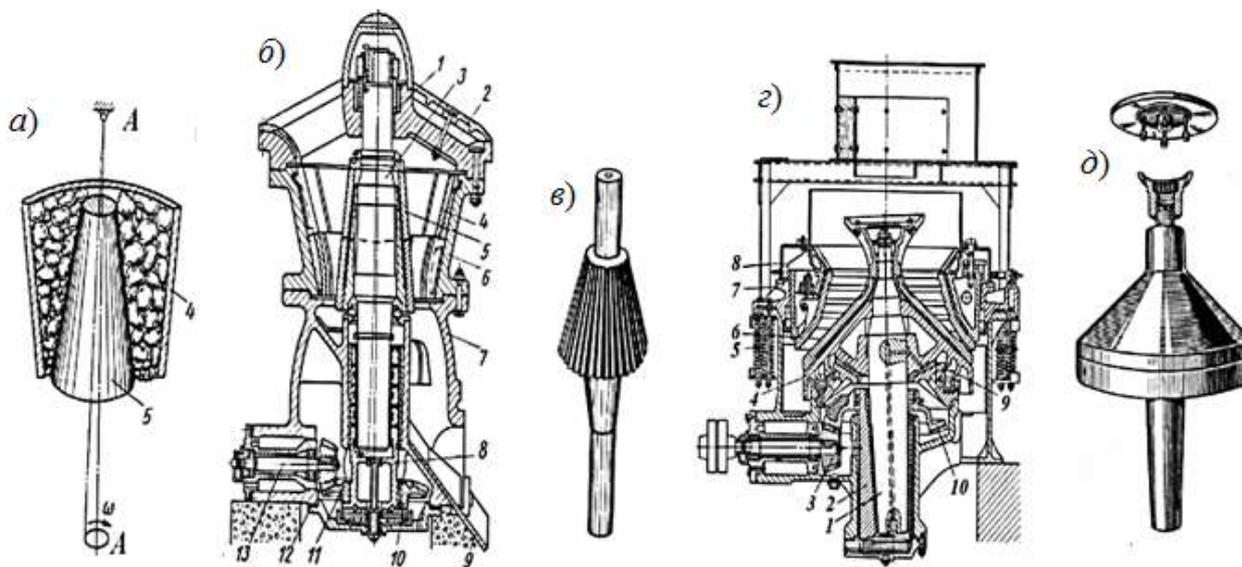


Рис. 17.5. Конусная дробилка с крутым и пологим конусом:

Производительность конусных дробилок среднего и мелкого дробления определяется из формулы:

$$P_T = 3600 \cdot K_p \cdot V \cdot n = 3600 \cdot \pi \cdot D_k \cdot K_p n \cdot \ell \cdot e; \text{ м}^3/\text{ч} \quad (17.4)$$

где K_p - коэффициент разрыхления дробимого материала, равный отношению объема определенной массы исходного материала к объему продукта дробления (в среднем $K_p = 0,45$); n - частота вращения дробящего конуса, c^{-1} ; e - ширина выходной щели в зоне максимального сближения конусов, м; ℓ - длина участка калибровки, м; D_k - диаметр основания дробящего конуса, м.

Производительность конусных дробилок крупного дробления определяется из следующей формулы:

$$P_T = 3600 \cdot K_p \cdot V_n = 3600 \cdot \pi \cdot D_n \cdot K_p \cdot n \cdot \frac{(t+r) \cdot r}{tg\alpha_1 + tg\alpha_2}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (17.5)$$

где D_n - диаметр подвижного конуса, м.

Валковые дробилки (рис. 17.6) применяют для среднего вторичного дробления пород средней и малой прочности, а также вязких и влажных материалов с исходными размерами кусков от 20 до 100 мм.

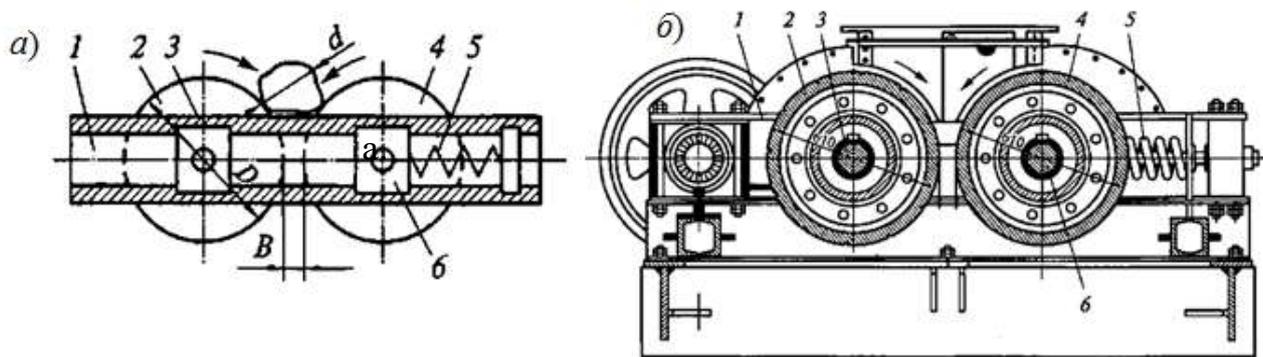


Рис. 17.6. Валковая дробилка (а) и ее конструктивная схема (б).

Рабочими органами являются вращающиеся навстречу друг другу цилиндрические валки 2 и 4 с гладкой или рифленой рабочей поверхностью. Попадающие в рабочую зону куски материала увлекаются трением о них валков и затягиваются в межвалковое пространство, подвергаясь раздавливанию, излому и истиранию, а при рифленых валках - еще и раскалыванию. Валки смонтированы на станине 1 на подшипниках 6, один из которых опирается на пружину 5, позволяющей валку отодвигаться при попадании в рабочую зону недробимого предмета.

Производительность валковых дробилок определяется из следующей формулы:

$$P = 3600 \cdot K_p \cdot b \cdot L \cdot \pi \cdot D_v \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (17.6)$$

где b - ширина разгрузочной щели, м; L, D_v - длина и диаметр валка, м; n - частота вращения валка, с^{-1} ; K_p - коэффициент, учитывающий использование длины валков, степень разрыхления материала, неравномерность его подачи ($K_p = 0,1 \dots 0,3$, для мягких и $K_p = 0,4 \dots 0,5$ для твердых пород).

Дробилки ударного действия предназначены главным образом для дробления неабразивных пород с пределом прочности до 1500 кг/см^2 и приготовления мелких фракций щебня. Они не требуют предварительного размельчения материала и не нуждаются во вспомогательных приспособлениях. Измельчение материала в молотковых дробилках идет непрерывно, благодаря чему они обладают высокой производительностью. Сопротивление горных пород ударным нагрузкам значительно ниже, чем в дробилках других типов. Хрупкость и трещиноватость являются благоприятными факторами для измельчения материала в дробилках ударного действия, а твердость имеет меньшее значение, но пластичные материалы дробятся в молотковых дробилках плохо. Молотковые дробилки используются для дробления шлака, кирпичного боя, пемзы, известняка и других материалов невысокой твердости с влажностью, при которой колосниковые решетки не забиваются. При снятых колосниковых решетках дробилки применяют для дробления материалов повышенной влажности.

Молотковые дробилки изготавливаются производительностью от $5 \dots 6$ до $80 \dots 100 \text{ м}^3/\text{ч}$. Степень измельчения у молотковых дробилок достигает $i = 12 \dots 15$. Молотковые дробилки универсальны, так как молоткам можно придать любую форму и сделать их различного веса, приспособив для дробления самых разнообразных материалов – от твердого известняка и свинцовых руд до волокнистых веществ. Они отличаются малым удельным расходом энергии, малым весом и высокой надежностью. Дробление материала в молотковых дробилках осуществляется под действием удара по нему молотков, шарнирно

закрепленных к дискам вращающегося ротора. К недостаткам молотковых дробилок надо отнести следующее:

а) при работе на абразивных материалах (в особенности кремнистых) молотки и футеровка сравнительно быстро изнашиваются;

б) при работе с очень влажными (глинистыми) материалами молотки «залипают» и дробилка останавливается;

в) при перегрузке дробилки забиваются и останавливаются.

Эти дробилки требуют равномерной подачи материала питателем и не могут работать под «завалом». Молотковые дробилки используются для мелкого дробления (до 10 мм), и для крупного при загрузке кусков размером до 1200 мм, хотя чаще ограничиваются кусками не крупнее 500...600 мм. В некоторых случаях молотковые дробилки вытесняют другие машины, так как одна такая дробилка может заменить две последовательно установленные дробилки других типов, давая продукт, пригодный для измельчения в шаровых мельницах. Молотковые дробилки бывают однороторные и двухроторные. По расположению молотков в роторе дробилки бывают однорядные, когда 3...6 молотков расположены в одной плоскости вращения, и многорядные, когда молотки расположены в нескольких плоскостях. Однороторные дробилки дают степень измельчения 10...15, двухроторные – 30...40.

Типичной конструкцией молотковой дробилки является дробилка СМД-97А (рис.17.7). Она состоит из сварного корпуса, ротора, установленного на горизонтальном валу, и колосниковых решеток, расположенных под ротором. Корпус дробилки служит опорой для всех узлов, а также для формирования камеры дробления. Верхняя часть корпуса выполнена раскрывающейся с целью обеспечения удобства смены молотков. Внутренняя поверхность корпуса футерована сменными плитами. Ротор дробилки состоит из дисков, закрепленных на валу и отделенных один от другого распорными кольцами. Через отверстия в дисках пропущены оси, на которые шарнирно посажены молотки. Ротор приводится во вращение от электродвигателя через эластичную муфту. В корпусе дробилки установлены две колосниковые

решетки: поворотная и выкатная. Первая верхним концом подвешена на двух полуосях, а нижним концом опирается на регулировочное устройство. Вторая устанавливается на рельсах под ротором. Рельсы соединены с регулировочным устройством, с помощью которого решетка может быть приближена к ротору или удалена от него. На передней стенке корпуса дробилки установлены отбойная плита и отбойный брус. Положение их относительно окружности вращения ротора – регулируемое.

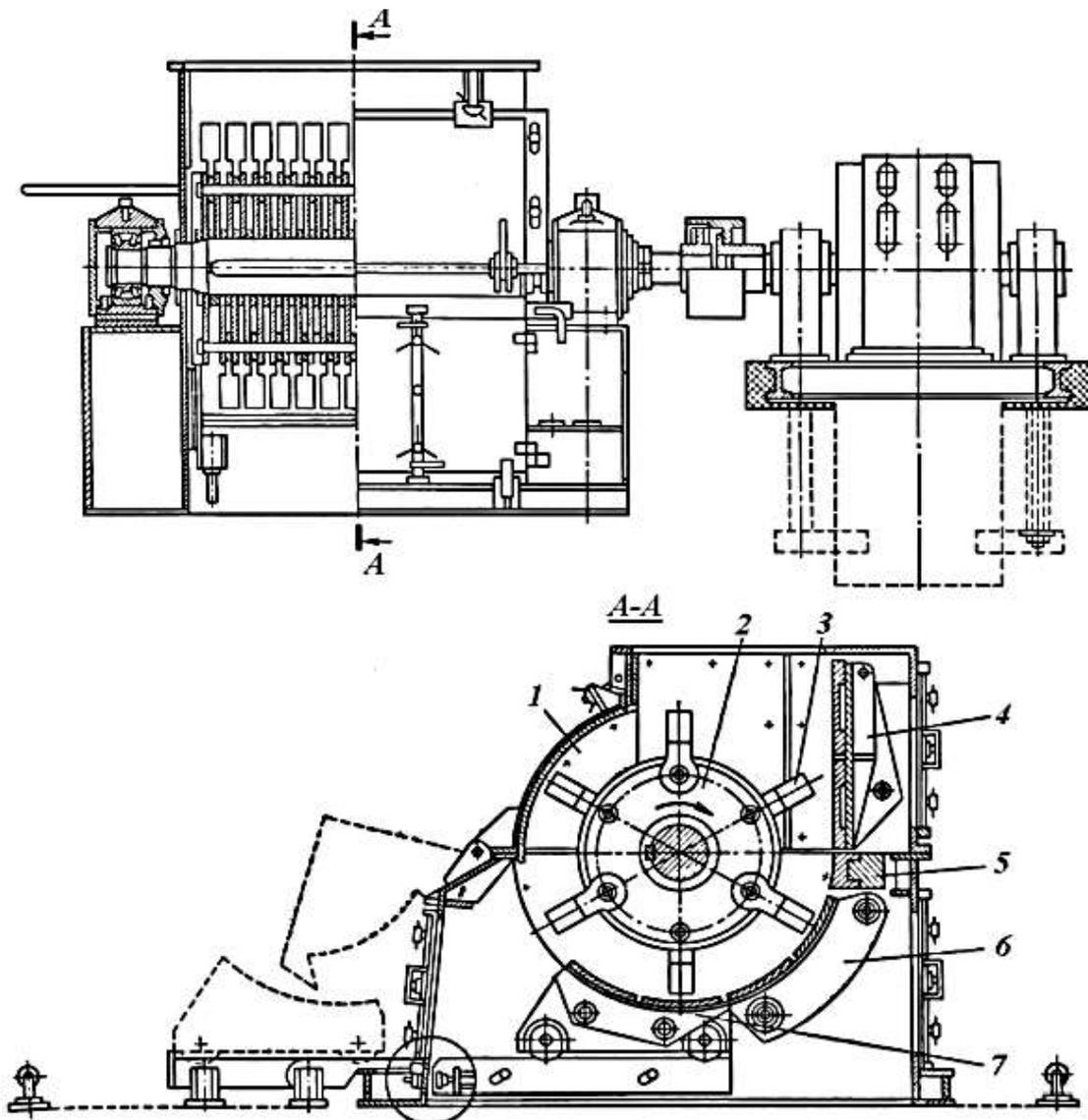


Рис. 17.7. Молотковая дробилка СМД-97А: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – молоток; 4 – отбойная плита; 5 – отбойный брус; 6 – поворотная колосниковая решетка; 7 – выкатная колосниковая решетка.

В молотковой дробилке дробление материалов совершается ударами быстро вращающихся молотков и соударениями кусков с плитами и колосниковыми решетками. Окружная скорость молотков дробилки СМД-97А равна 60 м/с. Реверсивные дробилки изготавливают с ротором, который может вращаться в обе стороны. Это дает возможность выравнивать износ молотков и колосников решетки, не прибегая к перестановке молотков. Иначе говоря, реверсивная работа удлиняет срок службы молотков. Загрузочная воронка у этих дробилок всегда расположена центрально, вдоль оси ротора, а колосники симметричны относительно своих осей.

Ударные роторные дробилки (рис.17.8.) служат для дробления известняков любой прочности и хрупких каменных материалов с прочностью на сжатие до 1500 кг/см² (150 МПа). Производительность их колеблется от 40 до 400 м³/ч, а степень измельчения достигает $i = 25$. Дробилки позволяют получать из крупных камней щебень нужной фракции, минуя вторичное дробление. При загрузочном отверстии шириной до 1400 мм возможна загрузка кусков крупностью до 1100 мм. Дробилки ударного действия (роторные) отличаются от щековых и конусных дробилок меньшим весом, меньшим удельным расходом энергии, надежностью в работе и высокой производительностью. Они могут быть одно и двухроторными. Предусматривается изготовление однороторных дробилок с загрузочным отверстием шириной 350, 500, 700, 1000 и 1400 мм. Для безопасности на загрузочном отверстии имеется цепная завеса. Особенностью двухроторной молотковой дробилки с жестким креплением молотков является наличие колосниковой решетки, расположенной в вертикальной плоскости. Такое расположение колосниковой решетки по сравнению с горизонтальными колосниками позволяет большему числу частиц, достигших необходимой крупности, пройти через решетку и выпасть из дробилки без лишней затраты энергии, которая расходуется, если раздробленные куски задерживаются в зоне дробления. Колосники решетки расположены таким образом, что слишком крупные куски дробимого материала отбрасываются колосниками в сферу

действия правого ротора и вновь подвергаются дроблению ударами молотков. Кроме того, в дробилках этой конструкции имеется возможность регулировать траекторию движения поступающих кусков в зависимости от характера дробимого материала так, что молотки будут ударять по кускам в зоне, наиболее эффективной для дробления данного материала.

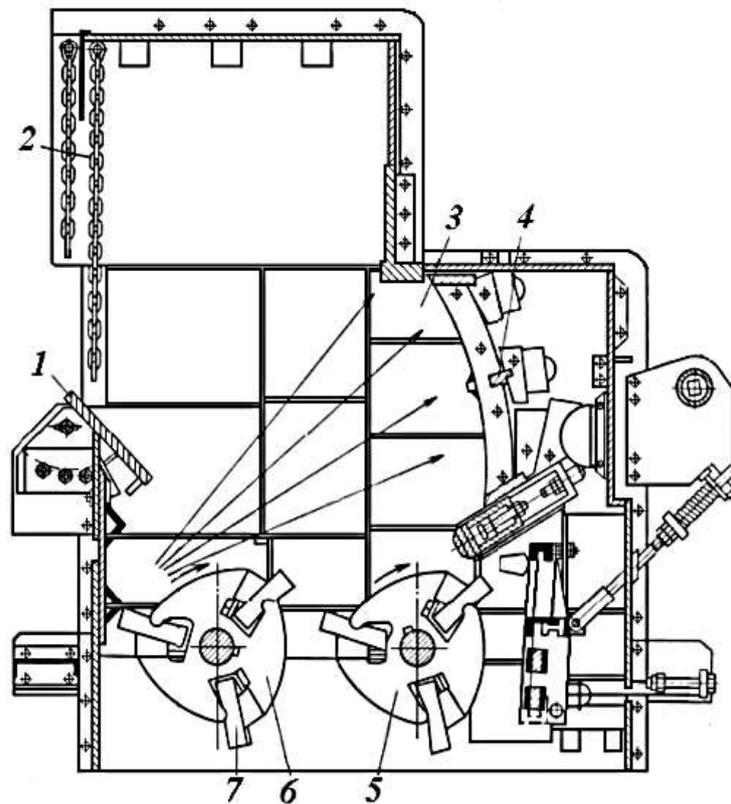


Рис. 17.8. Двухроторная дробилка с жестко закрепленными молотками.

При работе дробилки материал подается на загрузочную плиту 1 и поступает в зону действия ротора 6. Здесь камень подвергается удару молотков 7, которые дробят большие куски и отбрасывают мелкие на колосниковую решетку 4 и футеровку камеры дробления 3. Большая часть мелких кусков проходит через решетку и поступает на транспортер для дробленого материала. Куски, которые не пройдут через решетку, будут падать на второй ротор 5, молотки которого далее дробят эти куски, и они вторично будут отброшены на решетку. Завесы 2, образованные цепями, предохраняют вылет кусков из дробилки. Выделение пыли можно уменьшить при помощи одной или нескольких завес, образованных из армированной резины. При

желании, вместо цепей можно также применять полосы резины с тем, чтобы они перекрывали друг друга по краям. Молотки реверсивны, так что если одна сторона оказывается изношенной, то молотки можно повернуть.

Производительность молотковых и ударно-роторных дробилок можно ориентировочно определить по формуле:

$$\Pi = \frac{L \cdot D \cdot n \cdot k}{3600 \cdot (C-1)}, \text{ т/ч.} \quad (17.6)$$

где L – длина ротора в м; D – диаметр наружной окружности вращения молотков в м; n – число оборотов ротора в минуту; k – коэффициент, зависящий от конструкции дробилки и твердости дробимого материала. $k = 0,2$; C – степень дробления.

Мощность двигателя молотковой камнедробилки рассчитывают по эмпирическим формулам:

$$N = 0,15 \cdot D^2 \cdot L \cdot n ; \text{ кВт, или } N = 7,5 \cdot D \cdot L \cdot (n/60) \text{ кВт.} \quad (17.7)$$

где D – диаметр ротора в м; L – длина ротора в м; n – число оборотов в минуту.

Удельная мощность дробилок ударного действия на 1 т/ч при степени измельчения $i = 8 \dots 12$ составляет от 1,03 до 2 кВт. На всех дробилках ударного действия происходит очистка материала от пылеватых частиц и обогащение, т.к. разрушение происходит по трещинам.

17.3. Сортировочные машины.

Сортировкой называют процесс разделения естественных или раздробленных материалов на фракции по крупности *механическим, гидравлическими или воздушным способами*. Наиболее распространен механический способ просеиванием на грохотах, называемый *грохочением*. Основной частью грохота является просеивающая поверхность в виде колосников из стальных прутьев, сит из плетеной или сварной сетки, а также решет, штампованных из листовой стали или литых из резины. Зерна, прошедшие через отверстия просеивающей поверхности называют *нижним*

классом, а оставшиеся на этой поверхности - *верхним классом*. При перемещении по просеивающей поверхности не все зерна с размерами, меньшими ее отверстий, переходят в нижний класс, вследствие чего верхний класс оказывается засоренным зернами нижнего класса. Отношение (в процентах) массы зерен, прошедших сквозь сито¹, к массе материала такой же крупности, содержащейся в верхнем классе, называют *эффективностью грохочения*. В зависимости от материала и типа грохота этот показатель колеблется в пределах 86...95 %.

Для механической сортировки щебня на фракции применяют вращающиеся (цилиндрические и конические) и плоские (вибрационные и качающиеся) грохоты. Просеивающая поверхность грохотов может быть выполнена из колосников, решет и сит (рис.17.9.). Преимущества вращающихся грохотов заключаются в более тщательной сортировке и более продолжительном сроке службы. Однако по сравнению с плоскими грохотами они занимают больше места.

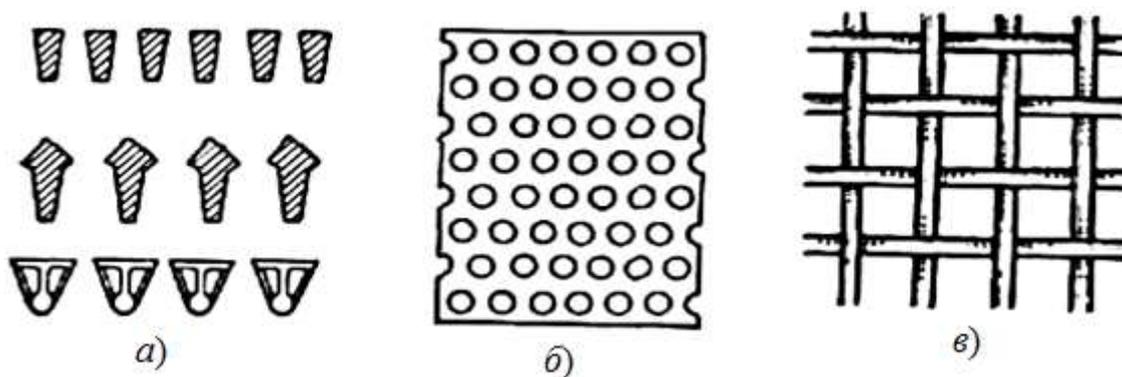


Рис. 17.9. Рабочие поверхности грохотов: *а* – колосники; *б* – решетка; *в* – сито.

Грохоты могут иметь одну, две или несколько просеивающих поверхностей. Наиболее часто в грохотах устанавливают три просеивающие поверхности, которые располагаются по одной из следующих схем:

1. Сита расположены в один ряд (рис. 17.10, *а*). Недостатки схемы: быстрое изнашивание первого сита, низкое качество грохочения (мелкие частицы увлекаются более крупными), значительная длина грохота. Достоинства схемы: простота, удобство наблюдения и ремонта сит.

2. Сита расположены ярусами (рис. 17.10, б). Недостатки схемы: сложность наблюдения за состоянием сит, затруднения при смене сит, некоторая сложность конструкции. Достоинства схемы: высокое качество сортировки, равномерное изнашивание сит, уменьшение степени крошения материала.

3. Смешанное расположение сит (рис. 17.10, в). Эта схема в сравнении с предыдущими занимает промежуточное положение и является наиболее распространенной.

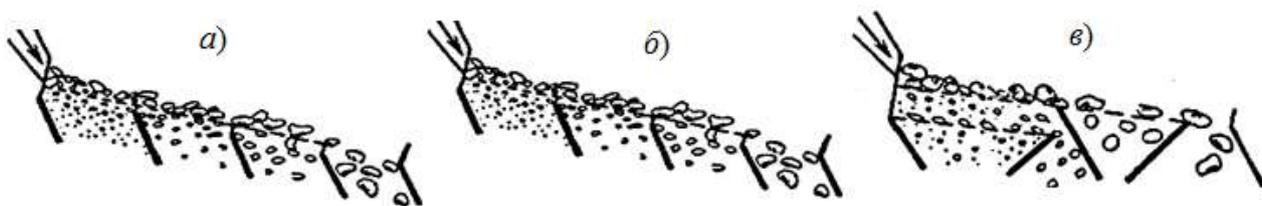


Рис. 17.10. Схемы расположения просеивающих поверхностей плоских грохотов.

Грохоты по конструкции разделяются на плоские и цилиндрические, причем плоские грохоты выполняются неподвижными и подвижными. В цилиндрических грохотах чаще встречается расположение решеток или сит в один ряд.

Цилиндрические грохоты устанавливают с некоторым наклоном к горизонтали, под углом $3...7^\circ$. Величина отверстий в отдельных секциях (ситах) грохота должна удовлетворять установленным размерам щебня. Поскольку секции цилиндрического грохота изогнуты, размер отверстий в них должен быть на $10...20\%$ больше получаемого щебня. Сита изготовляют из стальных штампованных листов; при малых отверстиях применяют проволочные сита. Диаметр вращающихся грохотов колеблется от 500 до 3000 мм, а длина от 2 до 15 м. Наиболее часто встречаются грохоты диаметром $800...1000$ мм и длиной $2...5$ м. Чем длиннее грохот, тем совершеннее грохочение, однако тем он тяжелее, что требует большей мощности. Цилиндрические грохоты как самостоятельные машины в строительстве

применяются редко, чаще они являются составными частями гравиемоек - сортировок.

Барабанный грохот (рис. 17.11) представляет собой цилиндр 5, который вращается на подшипниках, расположенных по оси вращения барабана или на приводных роликах 7, установленных на раме 8. Барабан состоит из нескольких цилиндрических решет или сит с различными отверстиями. Сортируемый материал поступает внутрь барабана со стороны привода и по уклону в $5...7^\circ$, а также в результате вращения перемещается к противоположному концу барабана. Вначале отсеиваются самые мелкие частички, затем средние и крупные. Самые крупные частицы выходят из барабана с противоположного его торца. Барабанные грохоты предназначены для сухого грохочения, но часто используются для одновременной мойки щебня в дополнительной цилиндрической секции без отверстий. Барабанные грохоты характеризуются низким использованием поверхности решет (всего лишь до 20%), невысоким качеством грохочения, большим весом и размерами при малой производительности.

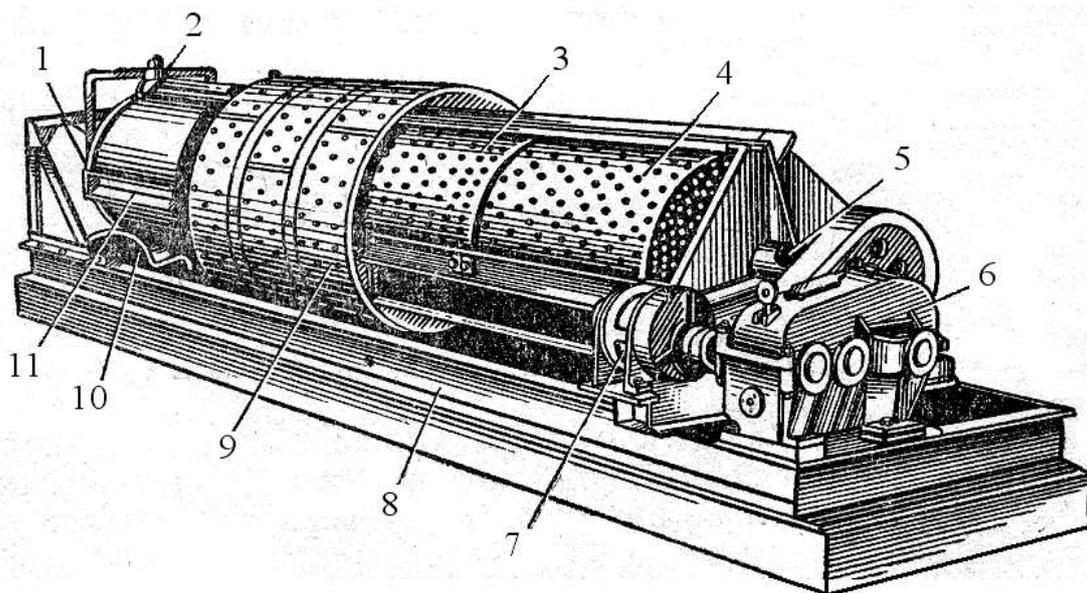


Рис. 17.11. Барабанные грохоты.

Производительность вращающегося грохота можно определить по приближенной формуле:

$$\Pi = 0,6 \cdot \gamma \cdot n \cdot \operatorname{tg}(2\alpha) \cdot \sqrt{R^3 \cdot h^3} \text{ т/ч.} \quad (17.8)$$

где γ – объемный вес материала в т/м^3 ; n – число оборотов барабана в минуту; R – радиус барабана в м; α – угол наклона барабана к горизонту, равный $3\dots 7^\circ$; h – высота наполнения барабана в м (обычно равна двойному максимальному размеру сортируемого камня).

Плоские грохоты. К неподвижным плоским грохотам относятся колосниковые решетки, перекрывающие бункера и устанавливаемые перед дробилками. Подвижные плоские грохоты делятся на колосниковые, качающиеся с возвратно-поступательным движением, качающиеся, эксцентриковые и инерционные. Подвижные колосниковые грохоты обычно применяются в качестве питателей дробилок. Качающиеся грохоты обеспечивают сортировку поверхностей материала за счет его перемещения по ситам в результате взаимодействия сил тяжести с силами инерции и трения. Они широко применяются для просеивания песка на растворных узлах. Эксцентриковые грохоты совершают плоско-параллельное движение по круговой траектории. Частота колебаний равна числу оборотов эксцентрикового вала ($1000\dots 1200$ в минуту), а величина амплитуды – эксцентриситету шеек. При вращении эксцентрикового вала подвижная рама совершает круговые движения, направленные навстречу потоку материала, что способствует лучшей сортировке. Для уравнивания сил инерции на валу установлены противовесы. Эксцентриковые грохоты имеют размеры до 1500×4500 мм. Эксцентриковые и инерционные грохоты изготавливаются с двумя и тремя ситами. Угол наклона сит колеблется от 0 до 30° в зависимости от конструкции. Производительность грохотов разных размеров составляет $15\dots 300 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Инерционные (вибрационные) грохоты обеспечивают сортировку материала за счет вибрации, возникающей в результате действия сил инерции вращающихся неуравновешенных масс. Эффективная сортировка достигается на инерционных грохотах с вибраторами направленного действия. Вибрационный грохот (рис. 17.12) состоит из нескольких сит, установленных на раме, которая помещена на пружинах или рессорах. Там же на подшипниках

установлен вибратор направленного действия, приводимый от электродвигателя через ременную передачу. Двигатель установлен на неподвижной раме грохота. Вибратор состоит из двух валов с дебалансами. Валы соединены шестернями. Под действием вибратора рама на пружинах перемещается, соответственно происходит передвижение по решетам и сортировка материала.

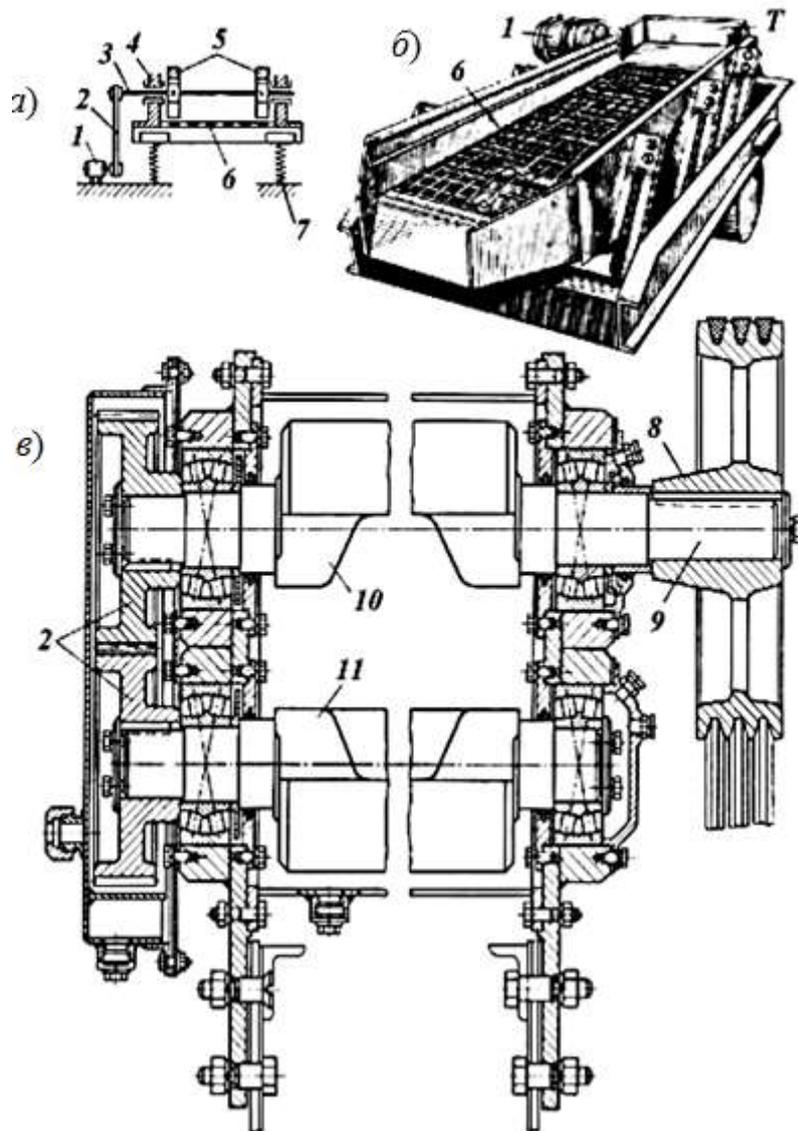


Рис. 17.12. Вибрационный грохот: а – схема грохота; б – общий вид; в – разрез вибратора; *T* – зона загрузки; 1 – электродвигатель; 2 – ремень 3 – вал; 4 – рама; 5, 10 и 11 – дебалансы; 6 – сито; 7 – пружины; 8 – шкив; 9 – вал дебаланса; 12 – шестерня.

Производительность горизонтальных вибрационных грохотов определяют по формуле:

$$\Pi = A \cdot q \cdot k \cdot k_1 \cdot k_2 ; \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (17.9)$$

где A – площадь сита в м^2 ; q – производительность 1 м^2 сита в $\text{м}^3/\text{ч}$, в зависимости от размера отверстий сита (от 5 до 85 мм) изменяется от 18 до 92 $\text{м}^3/\text{ч}$; k – коэффициент, зависящий от материала для гравийно-песчаной смеси, $k = 0,8$, для дробленых материалов $k = 0,65$; k_1 – коэффициент, учитывающий содержание наименьших частиц в щебне; при изменении этого содержания от 10 до 90% изменяется от 0,58 до 1,25; k_2 – коэффициент, учитывающий содержание среди наименьших частиц зерен размером меньше половины отверстия сита, при изменении этого содержания от 10 до 90% изменяется от 0,63 до 1,37

Для сортировки и обогащения песка и мелкого щебня все шире применяется пневмокласификация как в потоке воздуха, так и в виброкипящем слое с использованием горячего воздуха. Такой способ обеспылевания снижает экологическое давление на окружающую среду по сравнению с промывкой водой этих строительных материалов.

17.4. Гидравлические классификаторы и моечные машины.

Гидравлические и гидромеханические классификаторы различных типов применяют для разделения песка на фракции (*классификации*). На рис. 17.13 представлена принципиальная схема гидравлического вертикального классификатора с восходящим потоком жидкости. Водно-гравийно-песчаную смесь (*пульпу*) подают в классификатор снизу через диффузор 4. В камере 2 скорость потока снижается, вследствие чего крупные частицы оседают в классификационной камере 1, в которую по коллектору 5 подают чистую воду. Восходящий поток воды захватывает мелкие частицы и выносит их через верхний сливной коллектор 3 в обезвоживающую установку, а крупные частицы, выпавшие из потока в классификационной камере, выводятся по разгрузочному патрубку 6, обезвоживаются и транспортируются на склад. Границу разделения (0,5...3 мм) регулируют количеством подаваемой в классификационную камеру воды и давлением водяного потока.

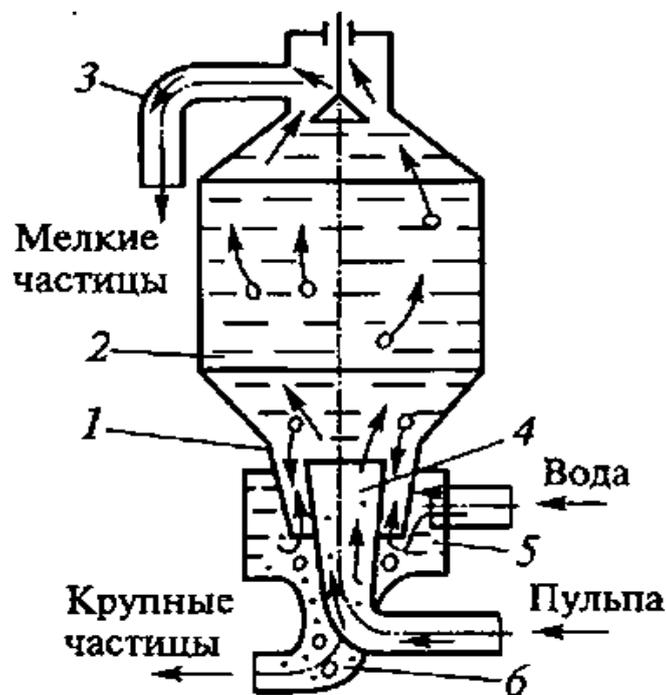


Рис. 17.13. Схема вертикального классификатора с восходящим потоком жидкости.

Для разделения на фракции мелких песков применяют центробежные классификаторы - *гидроциклоны*. Водно-песчаную смесь подают в гидроциклон под давлением 0,1...0,2 МПа по патрубку касательно к внутренней поверхности верхней части корпуса. Двигаясь по спирали, более крупные частицы за счет центробежных сил отбрасываются к периферии камеры, выпадают из потока и выгружаются через насадок. Мелкие частицы подхватываются вихревым потоком в средней части циклона и по центральной трубе выводятся в сливной коллектор.

Каменные материалы промывают от засоряющих частиц либо одновременно с сортировкой, либо выполняя эту операцию самостоятельно. Совмещенно промывают материалы крупностью до 70 мм, слабо загрязненные легкоотделимыми примесями. Для этого на грохот по трубам из сопел подают воду под давлением 0,2...0,3 МПа. Расход воды составляет 1,5... 5 м³ на 1 м³ промываемого материала.

В цилиндрических гравимойках-сортировках промывают материалы крупностью 300...350 мм. Они представляют собой барабанный грохот с дополнительной моющей секцией с поверхностью без отверстий. Вода

поступает в гравиемойку вместе с материалом. Расход воды — до 2 м^3 на 1 м^3 материала. А-А

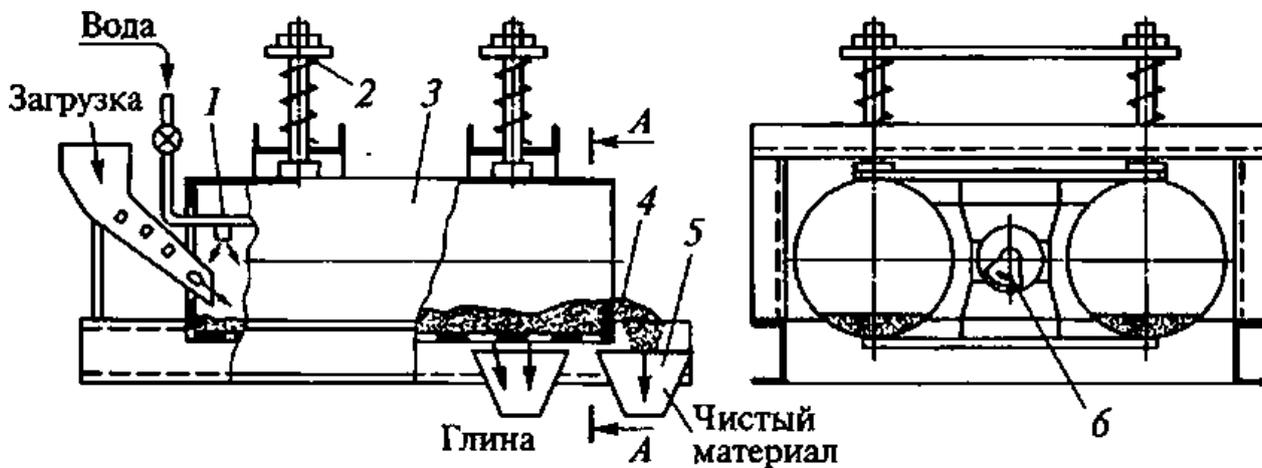


Рис. 17.14. Вибрационная мойка.

Сильно загрязненные гравий и щебень моют в *скрубберах* - барабанах с лопастями на их внутренней поверхности. Воду подают навстречу движению материала. Производительность скрубберов - до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Для промывки материалов со средне и трудноотделяемыми включениями применяют *вибрационные мойки* (рис. 17.14) с установленными на пружинных опорах 2 под небольшим углом наклона к горизонту рабочими ваннами в виде двух параллельно расположенных труб 3, перфорированных в нижней части для слива размытой глины. Ванне сообщаются колебания от вибратора 6. Встряхиваемый материал промывается водой из брызгального устройства, расположенного в верхней зоне ванны. Промытый материал разгружается через порог 4 и лоток 5.

Контрольные вопросы.

1. Какими параметрами характеризуется качество гравия и щебня? Как классифицируют пески по крупности зерен? Для чего обезвоживают песок и щебень?

2. Что такое степень дробления? Перечислите виды дробления по этому параметру. Какими способами и какими машинами дробят (измельчают)

каменные материалы? Перечислите виды дробилок и мельниц. Какими параметрами характеризуются дробилки? Для чего применяют многостадийное дробление?

3. Для чего применяют, как устроены и как работают щековые, конусные, валковые, роторные и молотковые дробилки? Как регулируют размер разгрузочной щели? Какими мерами предохраняют дробилки от поломок при попадании в камеру дробления недробимых предметов? Назовите основные параметры дробилок. Приведите сравнительную оценку эффективности дробилок различных типов. Как определяют их производительность?

4. Какими способами сортируют каменные материалы? Что такое грохочение? Назовите виды просеивающей поверхности грохотов. Что такое нижний и верхний классы? Что такое эффективность грохочения? Каковы ее значения для применяемых грохотов? Что такое предварительное, промежуточное и товарное грохочение? Перечислите схемы расположения сит (решет) на грохотах и приведите их сравнительную оценку.

5. Приведите классификацию грохотов. В каких случаях их применяют и каков принцип их действия? Приведите сравнительную оценку их эффективности.

6. Для чего применяют и каков принцип работы гидравлических классификаторов и гидроциклонов?

7. Какими способами очищают каменные материалы от засоряющих примесей? Какие машины для этого используют? Изложите схемы их устройства и принцип действия.

Глава 18. Машины и оборудование для приготовления бетонных смесей и строительных растворов.

18.1. Дозаторы.

Бетон представляет собой искусственный каменный материал, получаемый из смеси вяжущих веществ, воды и заполнителей после ее формирования и затвердевания. Строительные растворы не имеют в своем составе крупных заполнителей. Доформования эти тщательно смешанные компоненты называют соответственно *бетонной смесью и строительным раствором*.

Приготовление бетонных смесей и строительных растворов состоит из *дозирования* компонентов и их *перемешивания*. Для дозирования применяют дозаторы, а для перемешивания - смесительные машины или смесители.

Дозаторы бывают объемными и весовыми. Первыми дозаторами материалы дозируют по объему, а вторыми - по массе. Объемные дозаторы более просты, но менее точны из-за непостоянства плотности и влажности дозируемых сыпучих материалов и условий заполнения мерных емкостей. Их применяют обычно для дозирования воды. Для дозирования сыпучих материалов их используют только в условиях строительных площадок для смесителей с объемом готового замеса до 250 л.

По режиму работы различают дозаторы *циклические (порционные)* и *непрерывного действия*. В порционных дозаторах материал дозируется в мерном или весовом бункере, а в дозаторах непрерывного действия материал подают в смесители непрерывным потоком с заданной производительностью. Управляют дозаторами автоматически или полуавтоматически с пульта управления.

Объемные дозаторы конструктивно проще весовых, но уступают им в точности дозирования, поэтому объемное дозирование заполнителей применяют на отдельно устанавливаемых смесителях на строительных

площадках и на смесительных установках небольшой производительности. Объемный дозатор циклического действия – мерный сосуд, состоящий по высоте из двух частей. Они соединены болтами, что позволяет поднимать или опускать нижнюю часть сосуда, регулируя количество сыпучего материала. Объем загруженного материала определяется по шкале, расположенной на дозаторе. Для дозирования воды применяются водомерные бачки сифонного действия.

Более точными, надежными и компактными являются дозаторы турбинного типа. Такой дозатор (рис. 18.1) состоит из корпуса, в котором размещена камера 8 турбинки (крыльчатки). В верхней части корпуса установлен циферблатный указатель количества пропущенной воды, имеющий 100 делений. Каждое деление соответствует 1 л воды. Вода поступает в дозатор через входную горловину с фильтрующей сеткой 2. В камеру 8 вода поступает через нижнее отверстие, а выходит через верхнее. Перед дозированием циферблат устанавливается на нулевое деление, вращая поворотное кольцо 6. После этого оператор открывает кран и следит за движением стрелки на циферблате; при совпадении стрелки с соответствующим делением оператор закрывает кран.

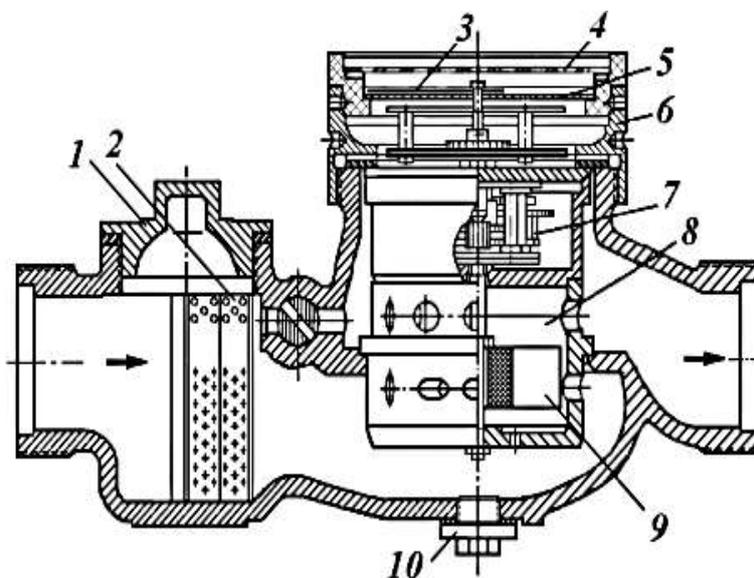


Рис. 18.1. Дозатор воды турбинного типа: 1 – корпус; 2 – сетка; 3 – стрелка; 4 – стекло; 5 – циферблат; 6 – поворотное кольцо; 7 – редуктор; 8 – камера крыльчатки; 9 – крыльчатка; 10 – пробка

Имеются циклические дозаторы для воды с автоматическим управлением. Они предназначены для обслуживания более крупных смесителей.

Циклические весовые дозаторы для заполнителей и цемента так же, как и объемные, имеют сосуд для дозируемого материала, но снабженный весовым устройством. На рис. 18.2 показан дозатор с фотоэлектронными датчиками. К раме подвешены две впускные воронки с секторными затворами. Для открывания и закрывания затворов служат пневмоцилиндры с электровоздушными клапанами. Взвешивание производится устройством, включающим рычажную систему, с выпускным затвором 7, управляемым пневмоцилиндром 5 с электропневматическим клапаном.

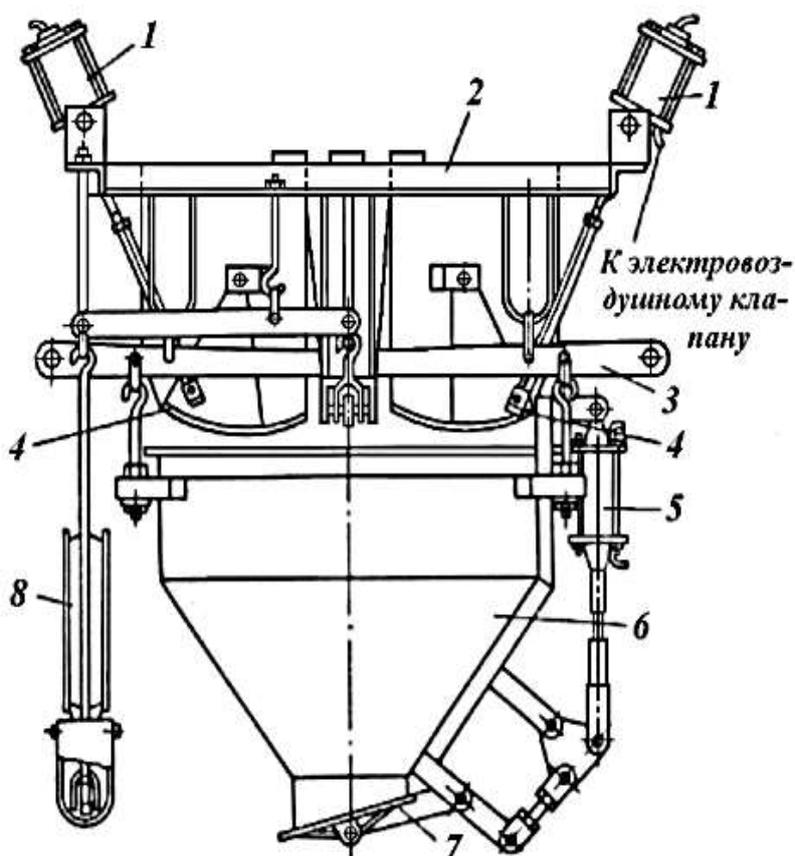


Рис. 18.2. Автоматический весовой дозатор: 1 – пневмоцилиндр впускного затвора; 2 – рама; 3 – весовая рычажная система; 4 – секторный затвор; 5 – пневмоцилиндр выпускного затвора; 6 – весовой бункер; 7 – выпускной затвор; 8 – циферблатный указатель

Отличительной особенностью дозатора является циферблатный указатель с осветительными лампами. Лампы помещены внутри металлических патронов;

в одном из торцов патрона имеется небольшое отверстие для пропуска светового луча. В зависимости от расположения лампы на окружности циферблата отвешивается та или иная доза материала с градацией через 2 кг. Стрелка циферблата имеет на конце фотосопротивление. При наполнении дозируемым материалом весового бункера стрелка перемещается по шкале циферблата. При пересечении ею луча света, выходящего из отверстия включенной лампы, автоматически подается сигнал на электронный блок усиления и закрывается впускной затвор дозатора. Имеются циферблатные указатели и других конструкций.

Дозаторы непрерывного действия бывают как объемными, так и весовыми. Первые используются преимущественно на небольших смесительных установках, в частности передвижных. Для объемного непрерывного дозирования цемента, а иногда и заполнителей получили распространение шнековые дозаторы. Количество подаваемого материала регулируется скоростью вращения шнека. Специальный приводной механизм, установленный между валом редуктора и валом шнека, позволяет изменять число оборотов последнего. Для обеспечения большей точности дозирования, зависящей от объемного веса материала, шнек имеет переменную величину шага, уменьшающегося в направлении движения дозируемого материала. На передвижных установках небольшой производительности иногда применяют простые дозаторы непрерывного действия в виде короткого ленточного конвейера. Высота слоя материала на ленте регулируется положением заслонки и козырька, установленного у выходного отверстия загрузочного бункера. Весовые дозаторы непрерывного действия разделяют по принципу автоматического регулирования на дозаторы прямого и непрямого действия. У первых объединены в одном агрегате устройства для взвешивания и изменения количества подаваемого материала. Дозаторы непрямого действия являются двухагрегатными: один агрегат служит для изменения количества подаваемого материала, другой – для взвешивания. Одноагрегатные дозаторы применяются на установках и заводах меньшей производительности. Основной частью

такого дозатора является ленточный конвейер, на котором производится отвешивание непрерывно перемещаемого материала. Конвейер подвешен шарнирно к приемному бункеру. Через систему рычагов конвейер связан с заслонкой, автоматически поддерживающей толщину слоя материала, поступающего из бункера, в соответствии с заданным количеством (весом).

Например, весовой автоматический дозатор непрерывного действия С633Д (рис. 18.3) обеспечивает весовое дозирование инертных заполнителей с точностью $\pm 2\%$ при практически неограниченном количестве марок бетона.

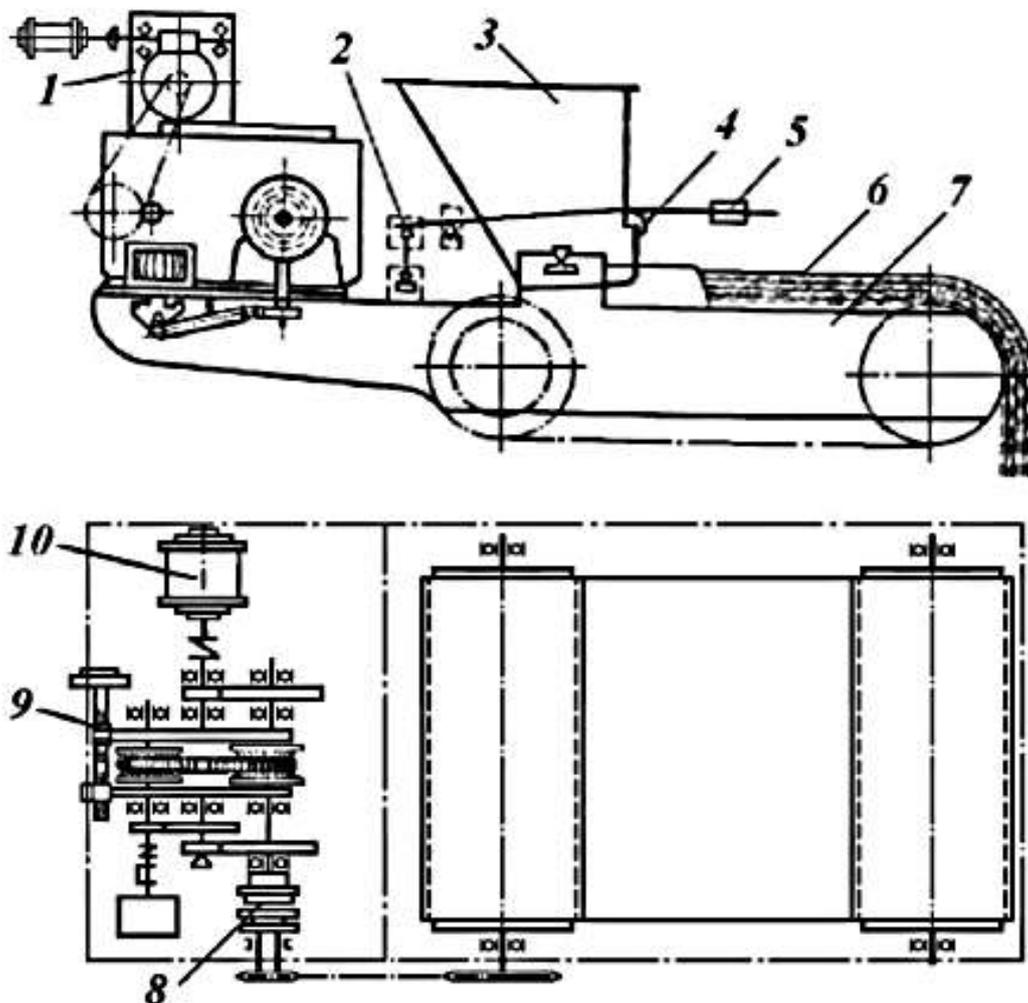


Рис.18.3. Схема весового автоматического дозатора непрерывного действия.

Дозатор имеет весовую систему 2, к которой подвешена вся конструкция так, что главная опора расположена по средней линии течки 3. Такое положение исключает влияние материала, находящегося в бункере и течке, на

состояние равновесия. Весовая система маятникового типа с механическим регулированием веса материала на ленте транспортера 7. Величина веса материала 6 определяется положением грузов 5, а поддерживается автоматически при помощи заслонки 4, которая при увеличении веса материала и повороте транспортера по часовой стрелке несколько опускается, уменьшая вес материала, а при повороте против часовой стрелки поднимается и увеличивает вес. Процентное содержание компонентов в смесях, дозируемых такими дозаторами, зависит от их производительности, т.е. от скорости движения ленты транспортера, которую можно регулировать в широких пределах и автоматически поддерживать постоянной благодаря конструкции привода. Привод состоит из электродвигателя 10, цепного пластинчатого вариатора 9, двухступенчатого редуктора, кулачковой муфты 8 и исполнительного механизма 1. Если число оборотов ведущего барабана ленточного транспортера меньше заданного, автоматическое устройство включает двигатель исполнительного механизма 1 и уменьшает передаточное число вариатора до достижения заданной скорости. При превышении числа оборотов передаточное число увеличивается благодаря реверсированию двигателя исполнительного механизма. Дозатор отличается высокой производительностью (от 7 до 68 т/ч), малыми размерами (1510X1035x690 мм) и небольшим весом (374 кг). Автоматический дозатор непрерывного действия С-685 обеспечивает дозирование цемента при любой заданной производительности от 5 до 25 т/ч. Дозатор представляет собой шнек с шагом, уменьшающимся по ходу движения от 200 до 100 мм, что обеспечивает уплотнение цемента до постоянной плотности. Шнек расположен в трубе и вращается от электродвигателя через клиноременную передачу, цепной пластинчатый вариатор и редуктор. Исполнительный механизм обеспечивает регулирование и поддержание числа оборотов шнека в заданных пределах.

18.2. Смесительные машины для приготовления бетонных смесей и растворов.

Бетоносмесительная установка состоит из смесительного барабана с приводом, дозаторов сухих материалов и воды, системы управления. В двухступенчатых бетоносмесительных установках (рис.18.4) каркасные металлоконструкции, несущие расходный бункер с дозаторами и смеситель, устанавливаются рядом. Щебень и песок загружаются с уровня земли в расходный бункер для дозирования (1-я ступень), после чего снова с уровня земли загружаются в смеситель (2-я ступень).

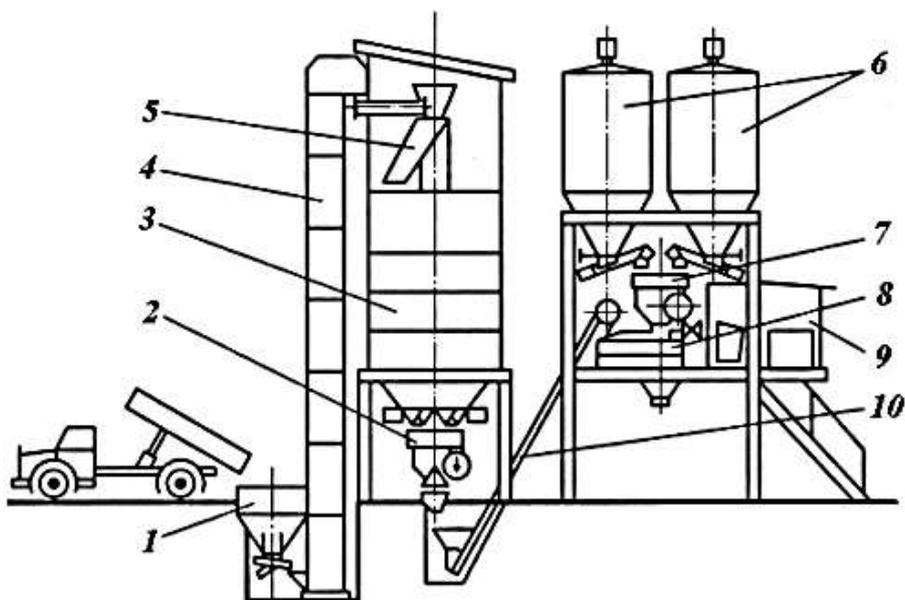


Рис. 18.4. Схема двухступенчатой бетоносмесительной установки: 1 – приемный бункер; 2 – дозатор песка и щебня; 3 – расходный бункер; 4 – многоковшовый конвейер; 5 – поворотная воронка; 6 – силосы цемента; 7 – дозатор цемента; 8 – бетоносмеситель; 9 – кабина управления; 10 – скиповый подъемник.

В одноступенчатых установках расходный бункер, дозаторы и смеситель размещены друг над другом на перекрытиях одной каркасной металлоконструкции, поэтому щебень и песок поднимаются однократно; они чаще используются на крупных заводах железобетонных изделий.

Стационарные установки рассчитаны на постоянную эксплуатацию на одном месте в течение длительного времени. Поэтому установки подключаются к стационарным телефонным, электрическим, газовым, водопроводным и канализационным сетям, все их агрегаты монтируются на капитальных фундаментах, а персонал включается в муниципальные системы медицинского и страхового обслуживания на постоянной основе. Агрегаты инвентарных бетоносмесительных установок объединены в блоки, размеры которых не превышают ограничений на транспортные габариты. Блоки приспособлены к быстрому монтажу из них бетоносмесительной установки или ее демонтажу и погрузке на транспортные средства. Инвентарные установки используются в случаях, когда потребность в цементебетоне сохранится не более 2...3 лет. Обычно инвентарные установки также подключаются к стационарным муниципальным сетям, но на временной основе. Агрегаты передвижных бетоносмесительных установок монтируются на прицепных или полуприцепных пневмоколесных шасси, комплектуются собственной электростанцией, резервуарами и бункерами для хранения запаса воды и сухих компонентов смеси. Передвижные установки целесообразно использовать, когда скорость перемещения фронта укладки цементебетона делает убыточной доставку его с инвентарных и стационарных установок. Для перемешивания компонентов бетона или раствора применяются смесители периодического и непрерывного действия. Те и другие разделяют по способу перемешивания на смесители со свободным падением материалов в смесительном барабане (гравитационные смесители) принудительным перемешиванием. Гравитационные смесители используются, как правило, для приготовления бетонных смесей. Для приготовления бетонных смесей с легким заполнителем, например керамзитобетона, а также строительных растворов обычно применяются машины с принудительным перемешиванием, обеспечивающие в этих условиях лучшее качество смеси. Приготовление бетонных смесей с заполнителями крупностью до 40...70 мм также может осуществляться в

мешалках принудительного действия. Хорошее перемешивание жестких смесей достигается только в таких смесителях.

Гравитационные смесители. В гравитационном смесительном барабане, вращающемся вокруг горизонтальной или наклонной оси, компоненты смеси перемешиваются лопастями, расположенными на внутренней поверхности барабана, за счет подъема и последующего падения. Гравитационные барабаны отличаются простотой, малой энергоемкостью и нечувствительностью к крупному щебню, но плохо перемешивают жесткие смеси с водоцементным отношением менее 0,5.

Опрокидывающийся гравитационный барабан смесителя периодического действия (рис. 18.5). Барабан смесителя состоит из нижней цилиндрической части и верхней в виде усеченного конуса. Их соединяет цилиндрическая обечайка с зубчатым венцом, перекатываемым по двум диаметрально противоположно расположенным шестерням, одна из которых является опорной, а вторая вращается электродвигателем через редуктор.

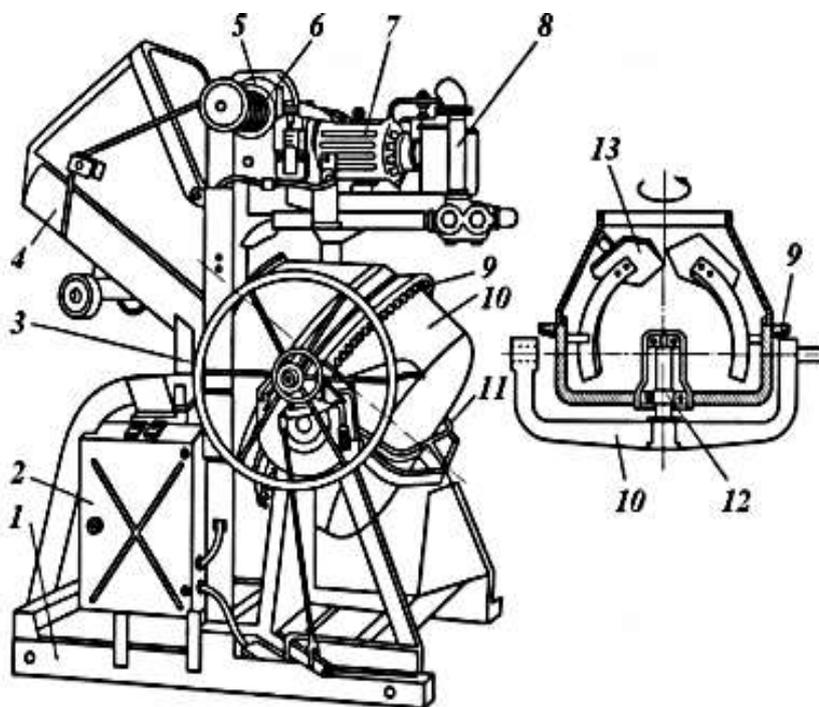


Рис. 18.5. Опрокидывающийся гравитационный смесительный барабан: 1-рама; 2-электрооборудование; 3-штурвал опрокидывания барабана; 4- скиповый ковш; 5- червячный редуктор; 6-подъемник ковша; 7-двигатель; 8-водяной дозатор; 9-зубчатый приводной венец; 10-барабан; 11-траверса; 12-ось вращения барабана; 13-перемешивающая лопасть.

Барaban вращается на короткой цапфе, приваренной в центре его днища и закрепленной в подшипниковой опоре, установленной на перекладине П образной опрокидывающейся траверсы между ее стойками. К стойкам крепятся опорная и ведущая шестерни, а сами стойки проходят с двух диаметрально противоположных сторон барабана и крепятся к станине смесителя подшипниковыми опорами, позволяющими наклонять траверсу вместе с барабаном. Внутри барабана по всей его длине укреплены 2...3 лопасти, перемешивающие материал при вращении барабана. Барабан загружается через открытый торец конической части и через это же отверстие готовая смесь выгружается из барабана под собственным весом при его наклоне.

Наклоняющийся конусный барабан стационарного гравитационного бетоносмесителя (рис. 18.6). Конусный барабан состоит из короткого и длинного усеченных конусов, основания которых соединены цилиндрической обечайкой. На обечайке смонтирован обод с зубчатым венцом, передающим на барабан вращение от ведущей шестерни. Барабан опирается на ролики, установленные в полу круглой траверсы, охватывающей барабан снизу.

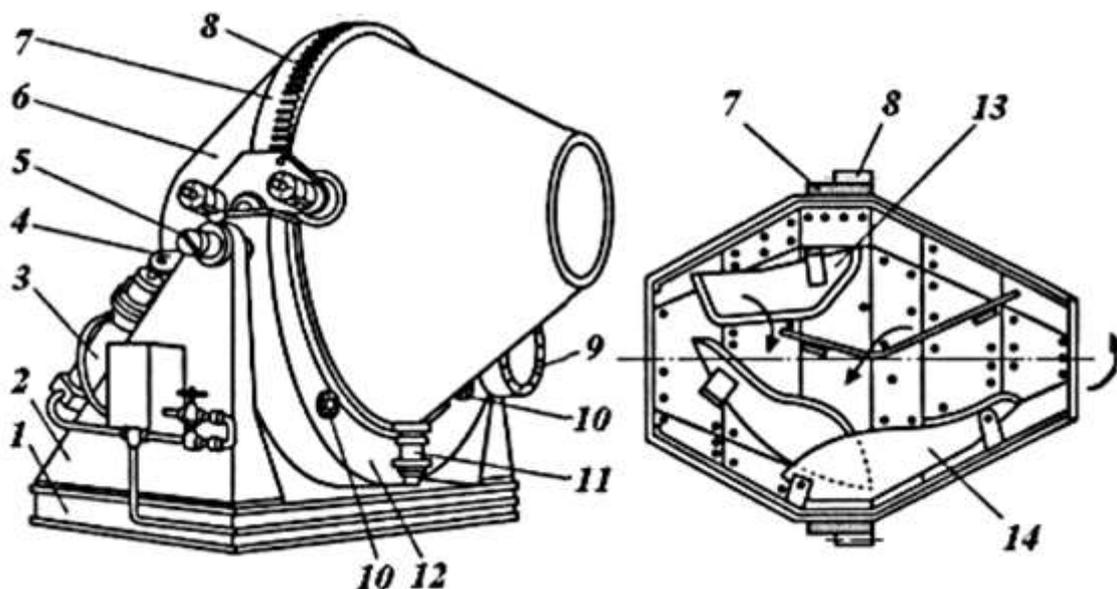


Рис. 18.6. Гравитационный смесительный барабан: 1-станина; 2-стойка; 3-пневмоцилиндр наклона траверсы с барабаном; 4-кронштейн; 5-шип траверсы; 6-барабан; 7-обод; 8-зубчатый венец; 9-двигатель; 10-опорные ролики (сзади траверсы); 11-упорный ролик, удерживающий барабан при наклоне (три пары); 12 - траверса; 13, 14-перемешивающие лопасти.

Шипами траверса опирается на подшипники в стойках П-образной станины. Загружается барабан в горизонтальном положении через горловину длинного конуса, а разгружается при наклоне барабана через нее же. В коротком конусе устанавливаются более глубокие цилиндрические лопасти, а в длинном – более пологие, чем обеспечивается не только подъем и сбрасывание смеси, но и ее циркуляция вдоль оси барабана. Существуют конструкции барабанов, в которых спиральные разгрузочные лопасти выгружают готовую смесь при обратном вращении барабана без наклона его оси.

Гравитационный барабан непрерывного действия (рис. 18.7).

Гравитационный барабан, установленный горизонтально, имеет цилиндрическую форму, загрузочный и разгрузочный люки в противоположных торцах. Лопасти на внутренней поверхности барабана установлены по винтовой линии, что, улучшая перемешивание материала, перемещает его к разгрузочному люку. Изнутри корпус барабана облицован износостойкими пластинами из марганцовистой стали или белого чугуна. Корпус барабана охватывается двумя бандажками, каждый из которых опирается на два опорных ролика. Вращение от ведущей шестерни передается на барабан через зубчатый венец, прикрепленный к одному из бандажек. Сухие компоненты смеси подаются в загрузочный люк через загрузочную воронку. Вода и добавки разбрызгиваются внутри первой трети барабана из струйно-распылительного устройства, соединенного с дозаторами. Лопасти установленные в конце барабана, повернуты таким образом, что выгружают готовую смесь из барабана через разгрузочный люк в распределительный лоток. Смесители с принудительным перемешиванием материалов. Бетоносмесители периодического действия с принудительным перемешиванием материалов предназначены для приготовления жестких бетонных смесей с заполнителями крупностью не более 30 мм. Принудительное перемешивание материалов осуществляется вращающимся лопастным валом (валами) в неподвижном или вращающемся барабане. Большинство смесителей имеет корытообразный или чашеобразный барабан. В машинах с

корытообразным барабаном перемешивание материалов производится в неподвижном барабане вращающимся лопастным валом (или двумя параллельными валами). Различают смесители с винтовыми и прямыми лопастями. Первые используются преимущественно для приготовления строительных растворов, вторые – для приготовления асфальтобетонных и цементно-бетонных смесей.

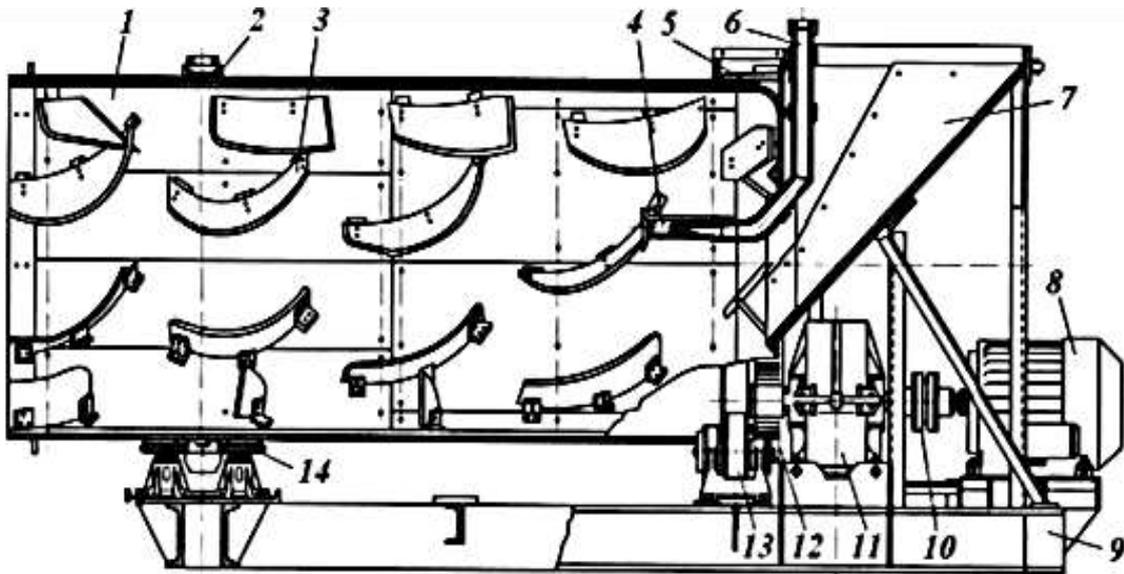


Рис. 18.7. Гравитационный смеситель непрерывного действия: 1-барабан; 2-бандаж; 3-лопасть; 4-водная форсунка; 5-зубчатый венец привода барабана; 6-труба; 7-загрузочная воронка; 8-двигатель; 9-рама; 10-соединительная муфта; 11-редуктор; 12-ведущая шестерня; 13-опорный ролик; 14-упорный ролик.

Лопастные лотковые бетоносмесители принудительного перемешивания. Бетоносмесители с двумя горизонтально расположенными валами и выгрузкой через люк применяются для приготовления смесей с заполнителями не крупнее 40 мм, так как более крупные включения, попадая между корпусом и жестко закрепленной лопаткой, могут вызвать ее поломку (рис. 18.8).

В зависимости от требований к качеству смеси применяют смесители циклического или непрерывного действия, причем конструктивные схемы тех и других идентичны схемам аналогичных асфальтосмесителей.

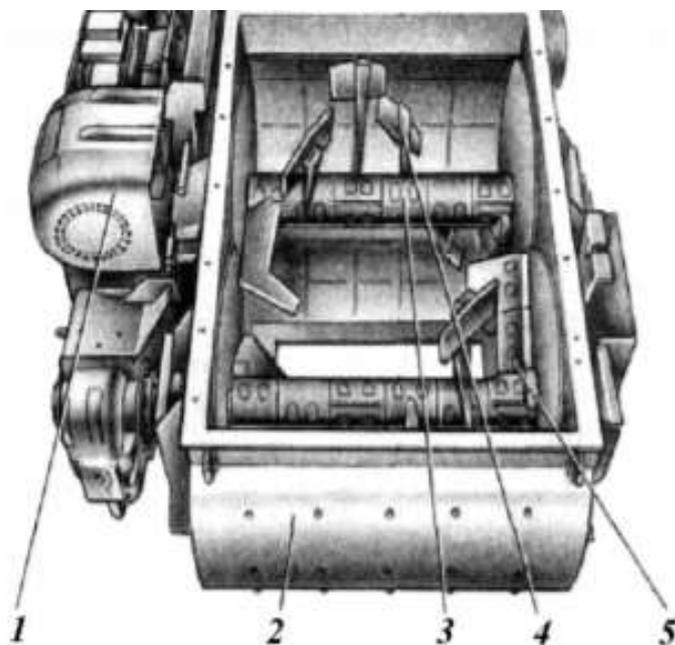


Рис. 18.8. Двухвальный смеситель циклического действия с принудительным перемешиванием: 1 – привод валов; 2 – корпус; 3 – вал; 4 – лопасть; 5 – разгрузочный люк.

Лопастные лотковые бетоносмесители принудительного перемешивания с одним горизонтальным валом и выгрузкой опрокидыванием используются, главным образом, для приготовления строительных цементных растворов (смесей цемента, песка и воды), так как их шнековые лопасти двигаются близко к стенкам смесителя и могут заклиниваться щебнем. Цилиндрический корпус смесителя расположен горизонтально и открыт сверху. Подшипниковые опоры вала крепятся на станине смесителя, а корпус своими подшипниковыми опорами крепится на валу и может поворачиваться вокруг него независимо от его вращения. На валу установлена ленточная лопасть в виде цилиндрической спирали, расположенной между торцами корпуса. Загружается смеситель через открытый верх, а выгружается поворотом корпуса вокруг вала вверх дном.

Смесители с чашеобразным барабаном применяются главным образом для приготовления жестких бетонных смесей. Они бывают различных типов: с вращающимся или неподвижным барабаном (чашей), с одним, двумя и

несколькими вертикальными валами, с перемешиванием лопастями, с центральным или смещенным положением оси вращения лопастей. Имеются смесители, снабженные, помимо перемешивающих лопастей, катками (роликами) для разминания образующихся цементно-песчаных комков.

Смесители работают циклично, с загрузкой компонентов сверху и разгрузкой готовой смеси через отверстие в днище чаши, реже – путем опрокидывания барабана. Наиболее распространены смесители с чашеобразным барабаном емкостью (по объему готового замеса) от 100 до 800 л и производительностью от 3 до 15 м³/ч. На заводах ЖБИ, производящих керамзитобетонные стеновые панели, а также изделия из жестких бетонных смесей, широко применяются смесители с вращающейся чашей, например бетоносмеситель С-356 (рис. 18.9). Он имеет барабан, выполненный в виде цилиндрической чаши 12 с горизонтальным днищем, в центре которого имеется разгрузочный люк 15, прикрытый снизу крышкой. Смесительная чаша опирается на четыре опорных ролика 6, подшипники которых установлены на раме 10. Рама сварена из швеллеров и имеет две стойки 2, объединенные сверху поперечиной 14. На стойках и поперечине смонтирован привод, состоящий из электродвигателя 19, клиноременной передачи 21, редуктора 22, горизонтального вала 20 и трех вертикальных валов, вращающихся от горизонтального вала при помощи конических передач 1. Крайний вертикальный вал 3 имеет внизу цилиндрическую шестерню 4, которая находится в зацеплении и вращает венцовую шестерню 5, укрепленную на днище чаши.

Два других вертикальных вала укреплены в подшипниках на поперечине консольно и на нижней части несут трехлучевые крестовины 16 с закрепленными на них лопатками 17. При вращении валов лопатки на крестовинах интенсивно перемешивают материал во вращающейся чаше. Кроме того, материал перемешивают и неподвижные гребки 11, расположенные на балке 13, прикрепленной к поперечине, а также очистной гребок 18, зачищающий борт чаши. Лопатки и гребки прижимаются к упорам

пружинами, что обеспечивает возможность их подъема для предотвращения поломки при попадании крупных кусков заполнителя между лопатками и чашей.

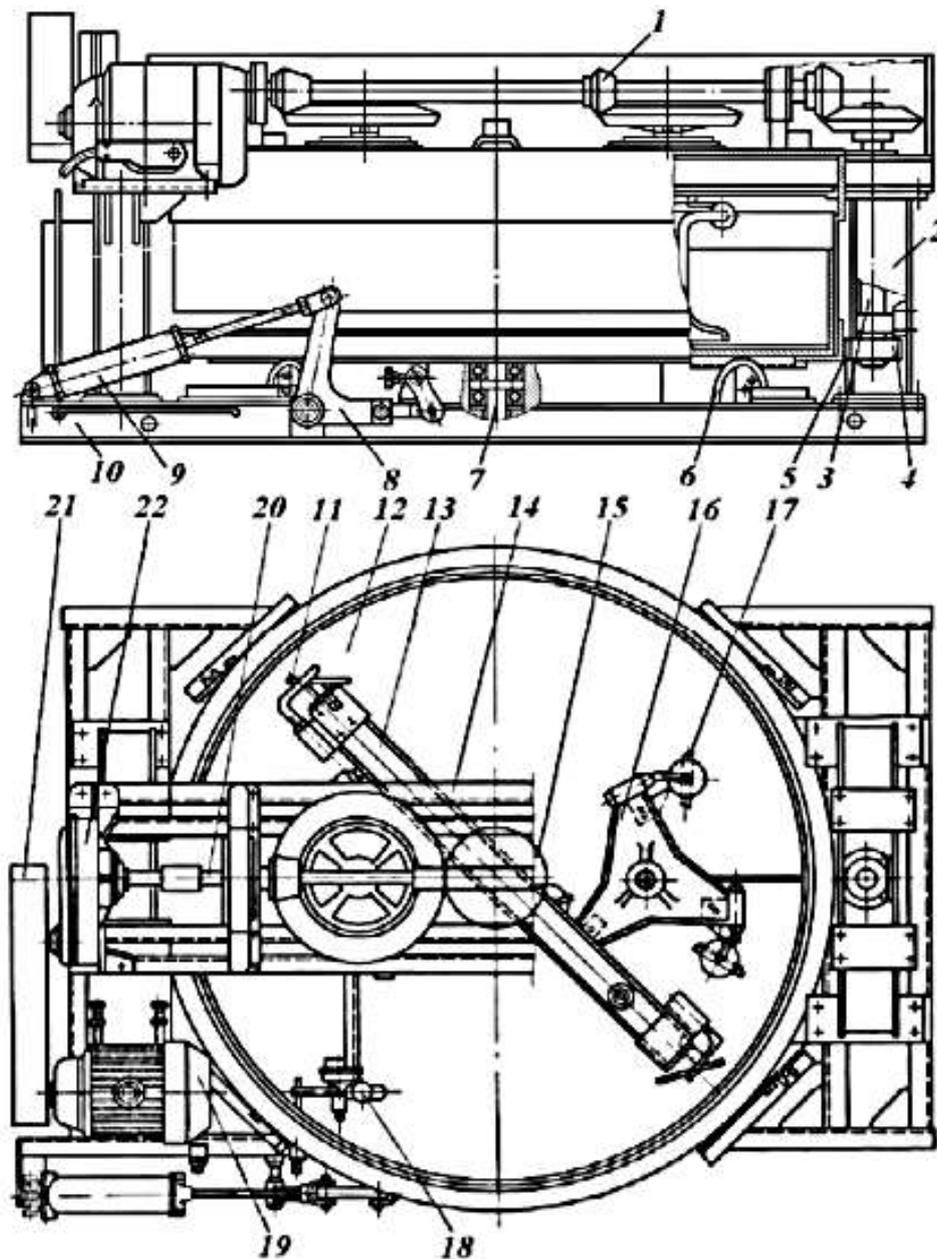


Рис. 18.9. Бетоносмеситель С-356 периодического действия с принудительным перемешиванием материалов емкостью 1000 л.

Процесс приготовления бетонной смеси начинается с загрузки во вращающуюся вокруг вертикальной оси смесительную чашу исходных материалов. Перемешивание происходит в основном шестью лопатками укрепленными на крестовинах, а неподвижные гребки благодаря вращению

чаши подгребают смесь к вращающимся лопаткам. Выгрузку бетонной смеси производят через центральное отверстие в днище чаши, прикрытое снизу крышкой, которая свободно вращается на оси 7 и вместе с осью системой рычагов 8 может опускаться и подниматься при соответствующем движении штока пневмоцилиндра 9. После окончания перемешивания сжатый воздух из сети при давлении 7 атм. ($0,69 \text{ МН/м}^2$) путем поворота рукоятки на пульте управления направляют в верхнюю часть цилиндра, рычаги поворачиваются, и отверстие открывается. Так как чаша и лопатки вращаются, бетонная смесь проходит через центральное отверстие и попадает в транспортирующее устройство. Управление работой бетоносмесителя осуществляется дистанционно из дозаторного отделения. Рычаг 8 в крайних положениях нажимает на один или другой конечный выключатель и зажигает соответствующий сигнал (открыто или закрыто) на пульте управления перед оператором.

Смеситель роторный для смешивания компонентов бетонной смеси с объемом готового замеса 330 л показан на рис.18.10. Смеситель состоит из неподвижного корпуса 3, рамы 5 и смешивающего механизма, смонтированного на роторе 1. Вращение ротору сообщается от электродвигателя 14 со встроенным редуктором 15 через вал-шестерню 16 и цилиндрическое зубчатое колесо 11, насаженное на конец вала, на котором также укреплен ротор. Вал 13 установлен в подшипниках 12. Материалы смешиваются в кольцевой рабочей камере, образованной внутренней 9 и наружной 4 обечайками.

Смешивающий механизм состоит из пяти лопастей, которые к ротору крепятся с помощью держателей 5 и водил 8. Лопасты расположены на разных расстояниях от оси вращения и перекрывают поэтому все пространство кольцевой камеры. В камеру материал загружается через патрубок 7. Готовую смесь из рабочей камеры выгружают через секторное отверстие, расположенное в днище. Отверстие перекрывается затвором, управляемым пневмоцилиндром 18 через систему тяг и рычагов 17. Внутренняя поверхность

рабочей камеры футеруется высокопрочными стальными листами. Корпус смесителя укреплен на трех стойках 2, расположенных под углом 120° относительно друг друга. Пружинные амортизационные устройства 10 предназначены для предупреждения поломки лопастей, держателей и водил при попадании в рабочую камеру крупных кусков материала (или посторонних предметов). В планетарно-роторных смесителях лопатки не только перемещаются по кругу в кольцевой смесительной камере, но и вращаются вокруг собственной оси.

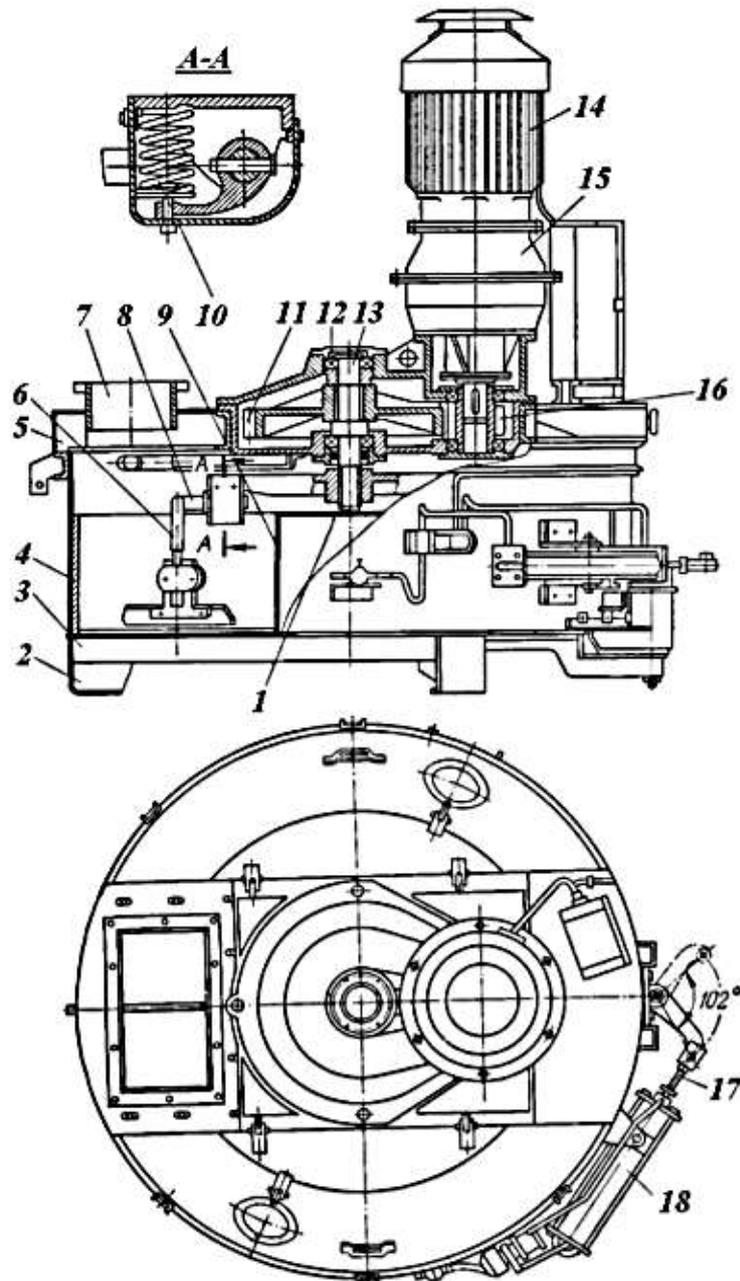


Рис. 18.10. Роторный бетоносмеситель с чашеобразным корпусом.

Имеются смесители, у которых относительно оси чаши вращается горизонтальная траверса, несущая вертикальные лопастные валы, вращающиеся, в свою очередь, относительно осей подвеса их к траверсе. Для приготовления керамзито бетонной смеси применяются смесители, снабженные решетчатыми катками, катящимися по днищу чаши вокруг вертикального вала. При этом катки перемешивают материалы и одновременно измельчают крупные зерна керамзита.

Турбулентные смесители отличаются большой скоростью вращения ротора (500 об/мин и более). Они предназначены для приготовления подвижных бетонных смесей с осадкой конуса не менее 8 см и с заполнителями крупностью до 30...40 мм для строительных растворов, мастичных и эмульсионных смесей. Такие смесители непригодны для жестких составов.

Автобетоносмесители. Этот тип передвижных установок (рис. 18.11), используют для перевозки готовой цементобетонной смеси или приготовления ее в пути.

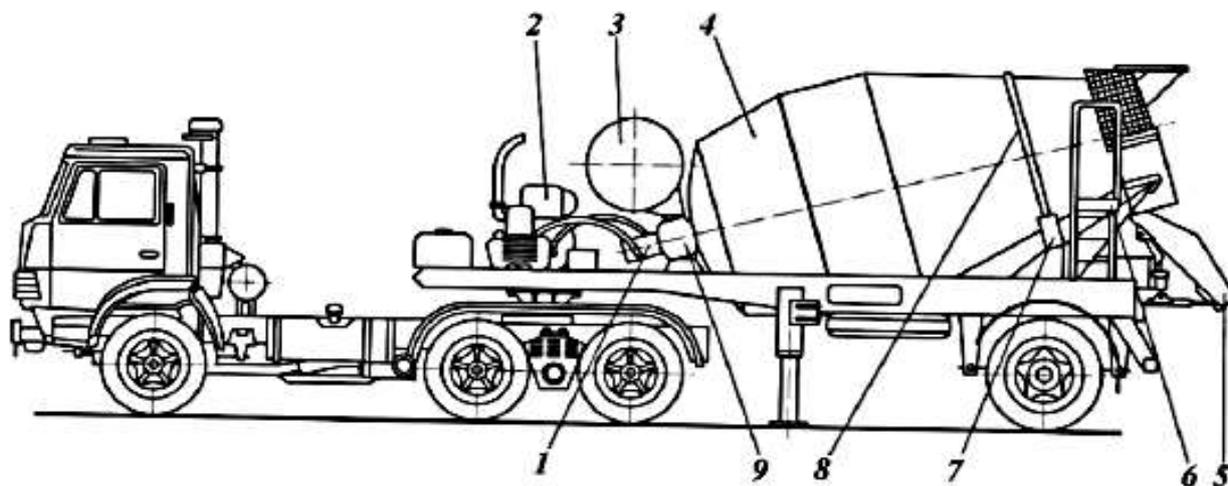


Рис. 18.11. Схема автобетоносмесителя: 1-центральная цапфа смесительного барабана; 2-двигатель внутреннего сгорания привода барабана; 3-бак для воды; 4-смесительный барабан; 5-направляющий лоток 6-лестница для обслуживания; 7-опорный ролик; 8-бандаж; 9-гидромотор привода барабана.

Смесительный барабан гравитационного перемешивания с циклическим режимом работы устанавливается на шасси грузового автомобиля и

омплектуется приводом, обычно гидрообъемным, расходным водяным баком с дозатором и загрузочным, разгрузочным и направляющим лотками. Смесь перемешивается спиральными лопастями, а при обратном вращении барабана эти лопасти поднимают смесь к горловине барабана и выгружают в разгрузочный лоток. Продолжительность перемешивания обычно составляет от 15 до 20 мин, поэтому при использовании автобетоносмесителей на коротких расстояниях их целесообразно загружать уже готовой смесью.

Производительность бетоносмесителя зависит от вместимости барабана, которая должна быть в 2...3 раза больше объема смеси при загрузке, и продолжительности перемешивания, которое определяется относительным количеством воды и цемента в смеси. Продолжительность приготовления обычной бетонной смеси составляет от 60 до 150 с, а для жесткой смеси до 240 с.

Производительность бетоносмесителя периодического действия можно рассчитать по формуле:

$$П = V_3 \cdot K_{\text{ВЫХ}} \cdot K_{\text{В}} / (t_{\text{заг}} + t_{\text{выг}} + t_{\text{под}}) ; \text{ т/ч.} \quad (18.1)$$

где V_3 – вместимость барабана по загрузке, т.е. объем сухих компонентов смеси, загружаемых в барабан; $K_{\text{ВЫХ}}$ – коэффициент выхода, т.е. отношение объема готового бетона к объему сухих компонентов, загруженных в барабан (для бетонов $K_{\text{ВЫХ}} = 0,67... 0,7$, для растворов $K_{\text{ВЫХ}} = 0,85... 0,95$); $K_{\text{В}}$ – коэффициент использования времени смены ($K_{\text{В}} = 0,85... 0,95$); $t_{\text{заг}}$ – продолжительность загрузки смесителя (при загрузке из дозаторов $t_{\text{заг}} = 10... 15$ с, при загрузке скиповым подъемником $t_{\text{заг}} = 15... 30$ с); $t_{\text{пер}}$ – продолжительность перемешивания смеси (табл. 18.1); $t_{\text{выг}}$ – продолжительность выгрузки готового замеса (для опрокидного или наклоняющегося барабана $t_{\text{выг}} = 10... 30$ с, для неопрокидного барабана, $t_{\text{выг}} = 30... 60$ с); $t_{\text{под}}$ – продолжительность процесса подготовки барабана к загрузке новой порции смеси.

Наименьшая продолжительность перемешивания цементобетона в гравитационных бетоносмесителях показанно в таблице 18.1.

Наименьшая продолжительность перемешивания цементобетона в гравитационных бетоносмесителях

Вместимость смесителя, м ³	Продолжительность перемешивания, с.		
	для бетонов с объемной массой более 2200 кг/м ³ и осадкой конуса		для бетона с объемной массой до 2200 кг/м ³
	до 6 см	свыше 6 см	
0,5	60	45	180
1,2	120	90	240
2,4	150	120	-

Производительность бетоносмесителя непрерывного действия можно рассчитать по формуле:

$$\Pi = K_{\text{сн}} \cdot \pi \cdot D_{\text{бар}}^2 \cdot S_{\text{лоп}} \cdot K_{\text{в}} / \omega_{\text{бар}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (18.1)$$

где $K_{\text{сн}}$ – коэффициент снижения производительности из-за частичного заполнения поперечного сечения барабана материалом и замедления движения смеси вдоль барабана из-за трения о лопасти ($K_{\text{сн}} = 1,9 \dots 2,3$); $D_{\text{бар}}$ – диаметр барабана; $S_{\text{лоп}}$ – шаг установки лопастей; $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования времени смены; $\omega_{\text{бар}}$ – угловая скорость барабана.

Производительность автобетоносмесителя может быть рассчитана по формуле:

$$\Pi = \frac{V_{\text{зам}} \cdot K_{\text{в}}}{2} \cdot \left(\frac{1}{t_{\text{зап}} + \frac{L_3}{v_{\text{гр}}} + t_{\text{выг}} + t_{\text{ман}}^{\text{гр}}} + \frac{1}{\frac{L_3}{v_{\text{пор}}} + t_{\text{ман}}^{\text{пор}}} \right), \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (18.2)$$

где $V_{\text{зам}}$ – объем перевозимой смеси; $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования времени смены; $t_{\text{зап}}$ – время заполнения барабана и водяного бака; L_3 – дальность перевозки смеси; $v_{\text{гр}}$ – средняя скорость груженого автобетоносмесителя (максимальная скорость, как правило, не превышает 60 км/ч); $t_{\text{выг}}$ – время выгрузки смеси; $t_{\text{ман}}^{\text{гр}}$ – время маневрирования при подаче гр ман t под загрузку и выгрузке смеси; $v_{\text{пор}}$ – средняя скорость порожнего автобетоносмесителя; $t_{\text{ман}}^{\text{пор}}$ – время маневрирования после выгрузки.

Ориентировочно производительность лопастных смесителей с плоскими лопастями (при наименьшей затрате энергии на перемешивание) можно определить по формулу:

$$\Pi = (60\pi(D^2 - d^2) / 4 \cdot b \cdot z \sin\alpha \cdot n \cdot K_3 \cdot K_B, \text{ м}^3 / \text{ч}. \quad (18.3)$$

где D – диаметр окружности, описываемой концом лопасти, м; d – диаметр вала смесителя, м; b – длина дуги конца лопасти, м; z – число лопастей, приходящихся на один шаг винта (для двухвального смесителя – удваивается); α – угол между плоскостью лопасти и плоскостью, нормальной к оси вала смесителя; $\alpha = 10 \dots 45^\circ$; n – число оборотов вала смесителя, об/мин; K_3 – коэффициент заполнения корпуса смесителя, $K_3 = 0,55 \dots 0,6$; K_B – коэффициент возврата массы, $K_B = 0,85 \dots 0,9$.

Растворосмесители периодического действия применяют для приготовления цементных и известковых растворов путем принудительного механического перемешивания вяжущего, воды и песка в неподвижном барабане. Цементно-песчаные растворы применяются на заводах железобетонных изделий для получения сборных тонкостенных деталей методом проката на прокатных станах и формования в кассетных установках. Основным показателем растворосмесителей является емкость по загрузке их барабанов, т.е. суммарный объем сухих компонентов одного замеса до перемешивания.

Передвижные растворосмесители имеют барабаны емкостью по загрузке 80, 100, 150 и 325 л (по объему готового замеса соответственно 65, 80, 125, 250 л).

Растворосмесители ёмкостью 150 и 325 л снабжены скиповыми подъемниками. Стационарные растворосмесители имеют барабаны емкостью по загрузке 750, 1000, 1500 л (по объему готового замеса 600, 800 и 1200 л). Стационарный растворосмеситель периодического действия С-209 (рис. 18.12) состоит из рамы 1, открытого барабана 6, лопастного вала 7 и разгрузочного устройства. Барабан имеет цилиндрическую форму, изнутри он футерован стальными листами. На кронштейнах торцовых стенок барабана крепят

подшипники 8 лопастного вала 7 и приводного вала. На лопастном валу, имеющем квадратное сечение, укреплены четыре кронштейна с двумя лопастями 4, изготовленными из полосовой стали и изогнутыми по винтовой линии, благодаря чему при вращении вала они не только перемешивают материал, но и перемещают его к центру барабана.

Лопастной вал вращается от электродвигателя 2 через клиноременную передачу 3, приводной вал и пару цилиндрических шестерен 5. Для снижения пускового момента и обеспечения плавного включения лопастного вала служит фрикционная муфта. Разгрузочное устройство представляет собой изогнутую по форме барабана крышку, прикрывающую люк.

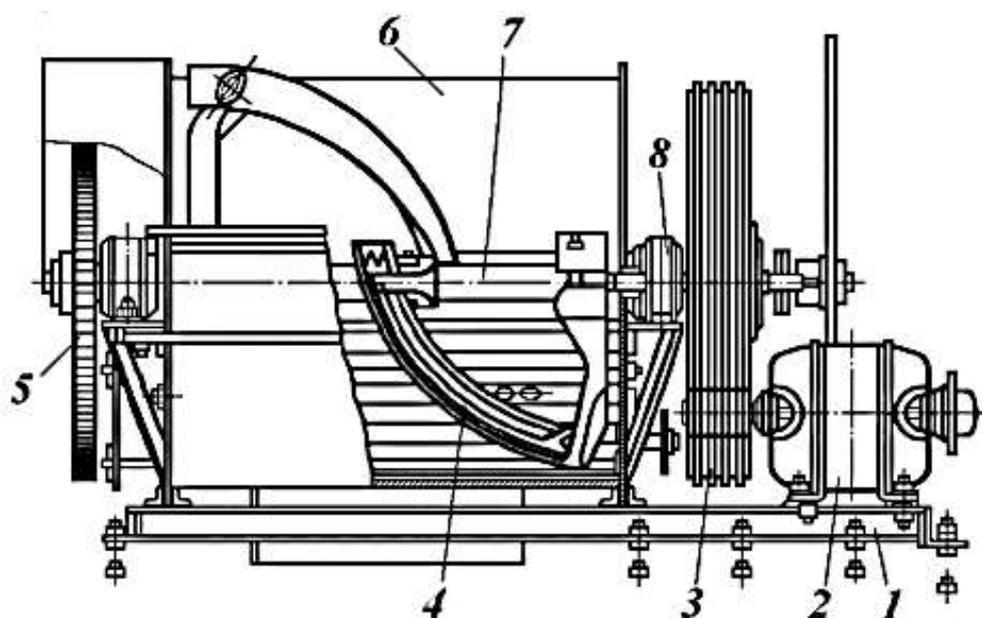


Рис. 18.12. Растворосмеситель периодического действия С-209.

Система рычагов пневмоцилиндром прижимает крышку к люку и удерживает ее в таком положении при перемешивании материала или отодвигает ее при разгрузке. Растворная смесь при разгрузке направляется в люк вращающимися лопастями и по лотку поступает в транспортирующие устройства. Дозированный материал загружается в барабан сверху и увлажняется водой, поступающей по расположенной над растворосмесителем

трубе, имеющей большое количество мелких отверстий. Емкость барабана по загрузке 1000 л, число оборотов лопастного вала в минуту 21,6. об/мин.

Производительность растворосмесителя 15 м³/ч. Аналогичное устройство и принцип действия имеет стационарный растворосмеситель СМ-290 с барабаном емкостью 1500 л.

Растворосмеситель непрерывного действия предназначен для приготовления строительных, цементных, известково-песчаных растворов и беспесчаного керамзитобетона. Растворосмеситель представляет собой одновальный лопастной смеситель, по конструкции и принципу действия имеющий много общего с двухвальными бетоносмесителями непрерывного действия. Перемешивание материала происходит в корытообразном корпусе при помощи вала с укрепленными на нем лопастями. Лопастями перемешивают материал и продвигают его от загрузочного отверстия в крышке корпуса к разгрузочному отверстию в днище корпуса. Угол поворота лопаток можно изменять, регулируя тем самым интенсивность и длительность перемешивания, а также производительность смесителя.

Контрольные вопросы.

1. Из каких компонентов приготавливают бетонные смеси и строительные растворы? Какие типы машин и оборудования используют для этого?

2. Приведите классификацию дозаторов. Чем они различаются между собой по функциональным и конструктивным признакам? Для дозирования каких компонентов и в каких условиях их применяют?

3. Изобразите и объясните функциональную схему весовых дозаторов циклического действия. Какие устройства применяют в этих дозаторах в качестве питателей?

4. Из каких составных частей состоит дозатор непрерывного действия? Объясните схемы устройства и принцип работы дозатора цемента и универсального дозатора для заполнителей.

5. Приведите классификацию смесителей и назовите предпочтительные объекты их применения.

6. Назовите основные типы смесителей циклического действия, опишите их устройство и принцип действия. Как определяют их производительность?

7. Назовите основные типы и объекты применения смесителей непрерывного действия. Как устроен и как работает горизонтальный двухвальный смеситель?

8. Перечислите работы, сопутствующие приготовлению бетонных и растворных смесей. Назовите основные типы бетоно-и растворосмесительных заводов и установок и виды их продукции. Какая технологическая схема используется при большой удаленности строительного объекта от смесительного предприятия?

9. Назовите виды смесительных предприятий и приведите их классификацию. Каковы особенности высотной и двухступенчатой технологических схем? Какими бетоносмесителями комплектуют бетонные заводы и установки?

Глава 19. Машины и оборудование для бетонных работ.

19.1. Бетононасосные установки.

Бетононасосные установки представляют собой комплекты устройств для транспортирования бетонных смесей по трубам к месту укладки и их распределения. В состав установки входит собственно *бетононасос*, комплект *бетоноводов* и распределительные механизмы - *манипуляторы*.

Подача бетонной смеси по трубам нагнетателями позволяет исключить ручной труд при приеме, перемещении и укладке смеси, сохранить ее качество и исключить потери, повысить в 2...3 раза производительность труда и снизить стоимость бетонных работ.

К достоинствам этого способа транспортирования бетонной смеси относятся: возможность подачи смеси в малодоступные и практически недоступные при других способах места, регулирование в соответствии с потребностью интенсивности подачи бетонной смеси, исключение ее расслоения и защита от атмосферных осадков, меньшая загрязненность строительной площадки остатками смеси.

К недостаткам относится относительно большая стоимость оборудования, необходимость очистки и промывки транспортной системы при каждой остановке в работе на время, превышающее время схватывания бетонной смеси, необходимость высокой квалификации обслуживающего персонала.

Бетононасосы классифицируют по режиму работы (с периодической и непрерывной подачей смеси), по типу привода (с гидравлическим и реже механическим приводом), по мобильности (стационарные и передвижные).

Бетононасосы с периодической подачей могут быть *одно* и *двухцилиндровыми*. В последнее время серийно выпускаются преимущественно двухцилиндровые поршневые бетононасосы с гидравлическим приводом.

Каждый из двух бетонотранспортных цилиндров 4 спарен с приводным гидроцилиндром 2 так, что их поршни посажены на общий шток. Между гидроцилиндрами 2 и бетонотранспортными цилиндрами 4 установлена промывочная камера 3, заполненная водой для очистки внутренних поверхностей бетонотранспортных цилиндров, работающих поочередно так, что при всасывающем такте одного второй совершает нагнетание. Различные модели двухцилиндровых бетононасосов различаются между собой, в основном, конструкцией распределительных устройств, одно из которых в виде двух шиберных заслонок 5 и 7, управляемых гидроцилиндром 6, показано на рис. 19.1. Заслонки поочередно соединяют поршневые полости бетонотранспортных цилиндров с бетоноводом и приемным бункером 1.

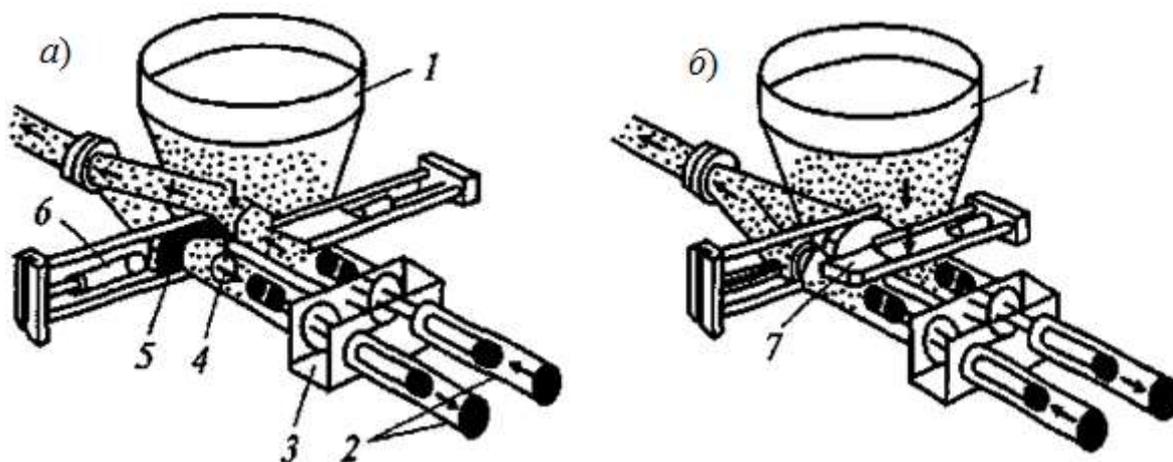


Рис. 19.1. Принципиальная схема работы двухцилиндрового бетононасоса: а - такт всасывания бетонной смеси в левый цилиндр и нагнетания из правого; б - такт всасывания смеси в правый цилиндр и нагнетания из левого.

Поршневой гидравлический бетононасос (рис.19.2) 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 поворотной бетонораспределительного устройства 2, поворот 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.

Промывочную воду сливают в бетонотранспортный цилиндр 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 м³ /ч при максимальной дальности подачи до 400 м по горизонтали и до 80 м по вертикали.

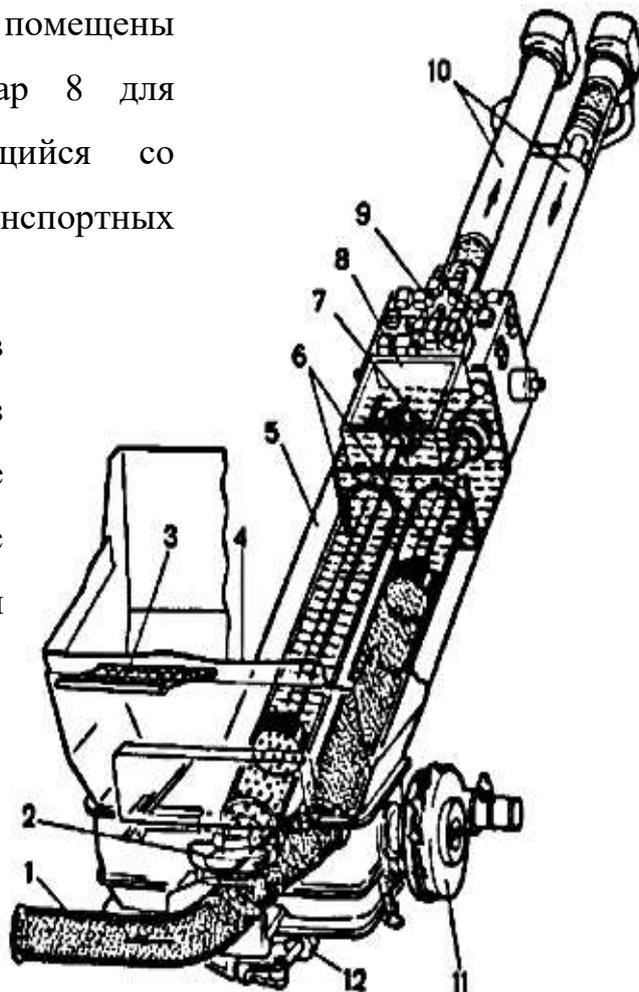


Рис.19.2. Гидравлический поршневой бетононасос.

Эксплуатационная производительность поршневых бетоно и растворонасосов.

$$P_9 = 3600 \cdot \pi r_{\text{ц}}^2 l_{\text{т}} \cdot n \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{в}} \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (19.1)$$

где $r_{\text{ц}}$ —радиус рабочего цилиндра, м; $l_{\text{т}}$ - длина хода поршня, $l_{\text{т}}=0,2...0,4$ и $1,0...1,5$ м, в бетоно-растворонасосах с механическим и гидравлическим приводом; n – частота хода поршня. с^{-1} ; $K_{\text{н}}$ - коэффициент объемного наполнения цилиндра смесью. $K_{\text{н}}=0,7...0,8$ для бетонных смесей; $K_{\text{н}} = 0,80...0,85$ для строительных растворов; $K_{\text{в}}$ -коэффициент использования бетоно-расворонасоса по времени $K_{\text{в}}=0,50...0,75$.

Принципиальная схема *одноцилиндрового противоточного поршневого растворонасоса* с подачей $2...4 \text{ м}^3/\text{ч}$ приведена на рис. 19.3. Насос приводится в действие электродвигателем 1 через клино-ременную передачу 2 и двухскоростной редуктор 4. озвратно-поступательное движение поршню 14 рабочего цилиндра 16 сообщается соединенным с его штоком 6 шатуном 5 от кривошипа выходного вала редуктора. Рабочая камера 15 перекрывается от всасывающего патрубка 8 шаровым клапаном 9, а от нагнетательного трубопровода (растворовода) 10 клапаном 13. При движении поршня вправо в рабочей камере создается разрежение, вследствие чего нагнетательный клапан 13 прижимается к своему седлу, а всасывающий клапан 9 приподнимается, пропуская в рабочую камеру раствор через всасывающий патрубок. При движении поршня влево в рабочей камере создается избыточное давление, вследствие чего клапан 9 закрывается под действием собственной силы тяжести, а клапан 13 приподнимается, пропуская раствор в растворовод. Для снижения пульсации движения раствора служит воздушный ресивер 7, в который систематически подкачивают воздух, контролируя его давление манометром 12. Рабочий цилиндр охлаждается водой в охватывающей его камере 7. Подачу насоса изменяют дискретно переключением передач в редукторе 4. Для предохранения насоса от поломок, например, при образовании в раствороводе пробок, в трансмиссию привода включена

предохранительная муфта 3, которая срабатывает в экстремальных случаях, отключая насос от двигателя.

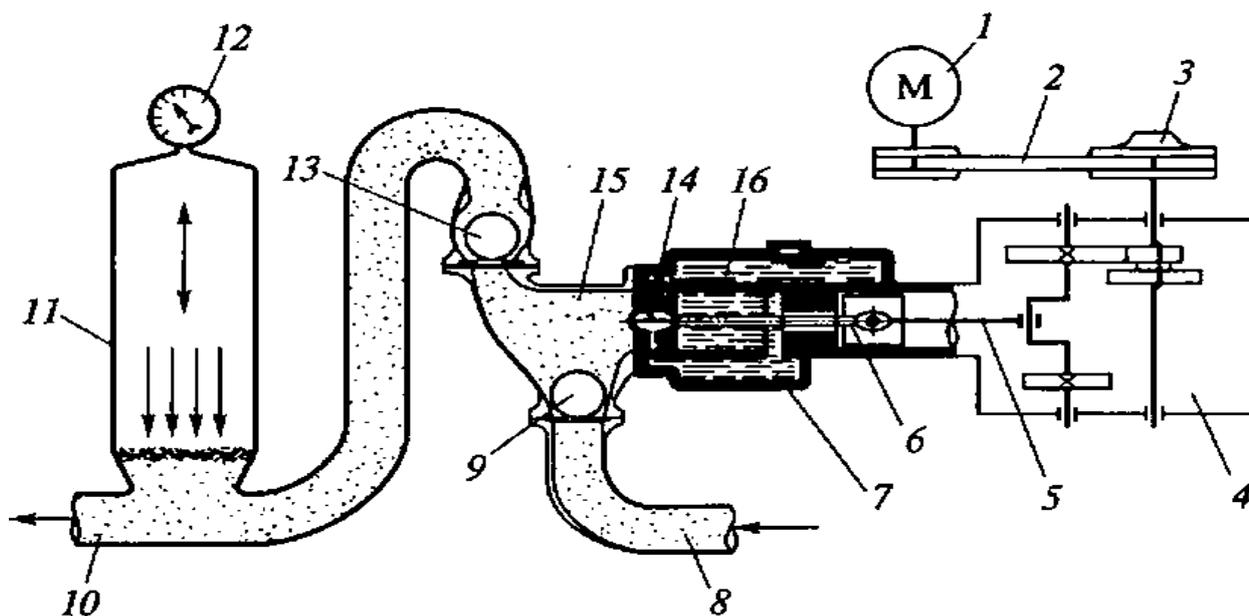


Рис. 19.3. Принципиальная схема одноцилиндрового противоточного поршневого растворонасоса.

В бетононасосах непрерывного действия, называемых также *шланговыми* или *перистальтическими* (рис. 19.4), рабочий процесс всасывания из бункера 1 и нагнетания бетонной смеси в бетоновод осуществляется за счет упругой деформации гибкого шланга 2, уложенного на жесткий ложемент 4, при перекачивании по нему роликов бна цепи 5, приводимой звездочкой 3. При этом бетонная смесь всасывается в шланг вслед за перемещающимся роликом под действием разрежения внутри шланга при его упругом восстановлении после прохода ролика и выталкивается в бетоновод передним фронтом бегущей волны сжатия шланга.

К достоинствам перистальтических насосов относятся: пониженный расход энергии вследствие равномерной подачи бетонной смеси, простое исполнение и обслуживание.

К их недостаткам относятся: высокие требования к составам и подвижности перекачиваемых смесей, небольшое давление, ограничивающее дальность подачи, малый срок службы гибкого шланга на участке рабочей

камеры бетононасоса. Обычно шланг заменяют после перекачки 2000...3000 м³ бетонной смеси. Преимущественная область применения перистальтических насосов - перекачивание тощих бетонных смесей, а также смесей с гравийным заполнителем для устройства бетонных стяжек, покрытий и т. п. в гражданском и промышленном строительстве. Они работают с подачей до 60 м³/ч бетонной смеси на высоту до 30 м с давлением до 3,5 МПа по шлангу диаметром 125 мм.

Подают бетонную смесь от бетононасоса к месту ее укладки по бетоноводу из стальных труб, соединенных между собой замками.

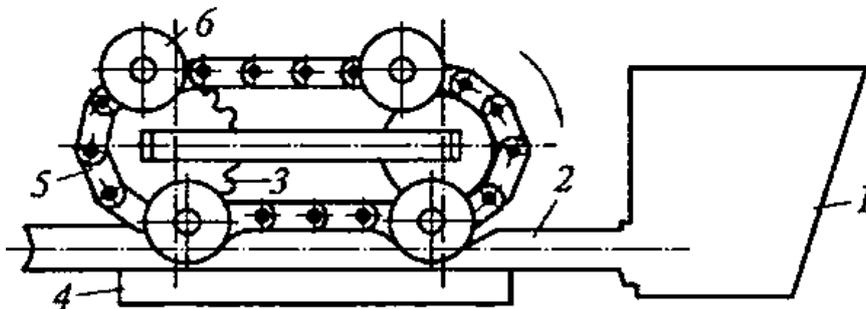


Рис. 19.4. Принципиальная схема перистальтического бетононасоса.

Для расширения сферы применения бетононасосов быстрого перебазирования и повышения коэффициента использования их устанавливают на буксируемых прицепах или автомобилях, оборудованных распределительными стрелами. Стрела служит опорой для бетоновода и концевого раздаточного шланга. Стрелы бывают *сборными, телескопическими и шарнирно сочлененными* из двух и более звеньев общей длиной до 40 м. Шарнирно сочлененные стрелы наиболее просты в монтаже на строительной площадке и маневренны. Звенья стрел могут раскладываться под различными углами, что позволяет без перемонтажа бетоновода направлять концевой шланг в любую точку в пределах зоны обслуживания стрелы.

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 гидравлическим поршневыми и роторношланговыми бетононасосами.

Автобетононасос (рис.19.5.) 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.

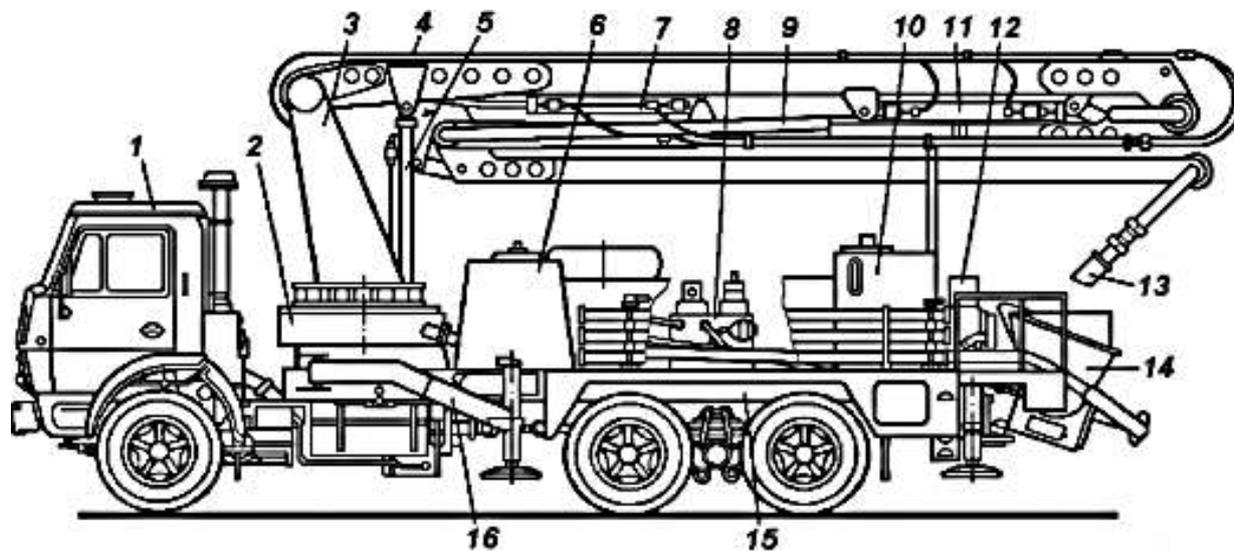


Рис. 19.5. Автобетононасос.

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 дистанционного управления движениями стрелы, расходом бетонной смеси и включением-выключением бетононасоса, что позволяет машинисту находиться вблизи места укладки смеси.

19.2. Машины и оборудование для укладки и распределения бетонной смеси.

Для подачи и распределения бетонной смеси применяют краны, оснащенные бадьями, ленточные конвейеры, виброжелоба, самоходные бетоноукладчики и оборудование трубопроводного транспорта.

Наиболее широкое применение (85% общего объема бетонной смеси) при сооружении строительных объектов из монолитного бетона и железобетона имеют строительные краны с поворотными и неповоротными бадьями (бункерами).

Поворотные бадьи грузоподъемностью 1,25...5 т загружают бетонной смесью из автосамосвалов или бетоновозов, транспортирующих ее с бетонного завода на строительную площадку. Разгружают бадью открыванием затвора.

Неповоротные бадьи грузоподъемностью 1,25...2,5 т загружают смесь в вертикальном положении как на бетонном заводе, так и на строительном объекте. На корпусе некоторых бадей устанавливают вибратор, который облегчает их разгрузку. Неповоротные бадьи оборудованы ручным рычажным приводом. Используют также гидравлический привод от гидроаккумулятора, заряжаемого от нагрузки при подъеме бадьи краном.

Гидрофицированные перегрузочные бункера вместимостью 2...6 м³ применяют для перегрузки бетонной смеси с автотранспортных средств в неповоротные бадьи, тележки, приемные бункеры бетононасосов и другие средства подачи.

Накопительные бункера с боковой или нижней разгрузкой используют для сокращения простоев приобъектных бетоносмесительных установок и

времени загрузки средств приобъектной подачи бетонной смеси. Их устанавливают под бетоносмесителем или вблизи бетонируемых конструкций. Из этих бункеров загружают транспортные средства для подачи смеси к местам ее укладки.

В некоторых случаях (при устройстве плит и полос на грунтовом основании, ленточных и столбчатых фундаментов, бетонируемых в распор и т. п.) смесь подают в опалубку непосредственно из автотранспортных средств без специальных бетоно-укладочных устройств или с использованием неповоротных и поворотных лотков длиной до 3... 4 м. Этот способ подачи смеси самый простой. Его недостатком является возможное расслоение бетонной смеси при скольжении по наклонной поверхности, а также при падении с большой высоты.

Весьма эффективно для этих целей применять *вибрационные установки*, в состав которых входят *виброжелоба, вибропитатели и опорные элементы*. Виброжелоба с полукруглым поперечным сечением, оборудованные автономными вибропитателями, устанавливают под углом к горизонту 5...20° последовательно один за другим, подвешивая их к опорным элементам на пружинных амортизаторах. Последний виброжелоб устанавливают на поворотную телескопическую стойку. Производительность виброжелобов при оптимальной толщине слоя смеси 20...23 см зависит от угла их наклона и подвижности бетонной смеси и составляет 5...45 м³/ч. Во многих случаях оказывается выгодным сочетание виброжелобов с легкими кранами по сравнению с работой тяжелых кранов с большим радиусом действия. Виброжелоба применяют также в сочетании с бетононасосами, сокращая этим объем перекладки трубопроводов в зоне бетонирования. При подаче смеси автосамосвалами с эстакад благодаря виброжелобам можно уменьшить протяженность последних.

Если на строительном объекте уровень подъездных путей значительно превышает уровень блоков бетонирования, то бетонную смесь подают самотеком. При спуске с высоты до 10 м и диаметром проходного сечения 300

мм, способного пропускать заполнитель размером до 100 мм применяют *звеньевые хоботы* длиной звеньев 0,6...1м. При спуске с высоты более 10 м применяют *виброхоботы*, представляющие собой гибкие трубопроводы из звеньев труб диаметром 350 мм с гасителями, снижающими скорость падения смеси.

При бетонировании массивных конструкций для подачи бетонной смеси весьма эффективны *ленточные конвейеры* с лотковым поперечным сечением рабочей ветви ленты, обеспечивающие большую производительность и меньшую стоимость работ, чем при подаче кранами. Ленточные конвейеры располагают последовательно один за другим, образуя любую конфигурацию транспортной системы в соответствии с местной ситуацией. Ленточными конвейерами транспортируют малоподвижные и жесткие бетонные смеси без ограничения крупности заполнителей. В отличие от бетононасосов, при использовании которых технологические перерывы в подаче бетонной смеси нежелательны, ленточные конвейеры могут подавать ее с любыми перерывами. Для защиты бетонной смеси от воздействия ветра, солнечной радиации, дождя, отрицательных температур при ее транспортировании ленточными конвейерами последние монтируют в галереях либо устанавливают над ними защитные кожухи. Зимой, кроме того, предусматривают мероприятия по утеплению и обогреву. Для предотвращения расслоения бетонной смеси при ее перегрузке с одной секции на другую, а также при ее разгрузке используют сужающиеся книзу воронки или хоботы, направляющие смесь вертикально без скольжения. Наиболее распространены три типа ленточных конвейеров: секционные, наклонные передвижные и мостовые с боковой разгрузкой.

Конвейеры, составленные из секций длиной 9...25 м при ширине ленты 400...450 мм применяют для подачи бетонной смеси на расстояния от нескольких десятков метров до 1...2 км. Они состоят из унифицированных элементов с автономным приводом. Известны также конвейерные системы с шириной ленты 720 мм. Для подачи на значительную высоту для сокращения

длины транспортирования используют *наклонные конвейеры* с рифленой поверхностью ленты.

При бетонировании монолитных конструкций подземной части зданий используют *самоходные стреловые бетоноукладчики* на базе гусеничных тракторов, кранов, экскаваторов или специальных самоходных пневмошасси.

Бетоноукладчик (рис. 19.6) состоит из базового шасси 1, надстройки 2 со скиповым ковшом 3 для приема бетонной смеси и загрузки вибробункера 4 и стрелы 6, один конец которой расположен под затвором бункера на поворотном устройстве 7. Вдоль стрелы смонтирован ленточный конвейер. Стрела и ленточный конвейер могут быть одно и двухсекционными или телескопическими. С помощью полиспафта 5 стрела может занимать различные положения по высоте, а с помощью поворотного устройства - также различные положения в плане.

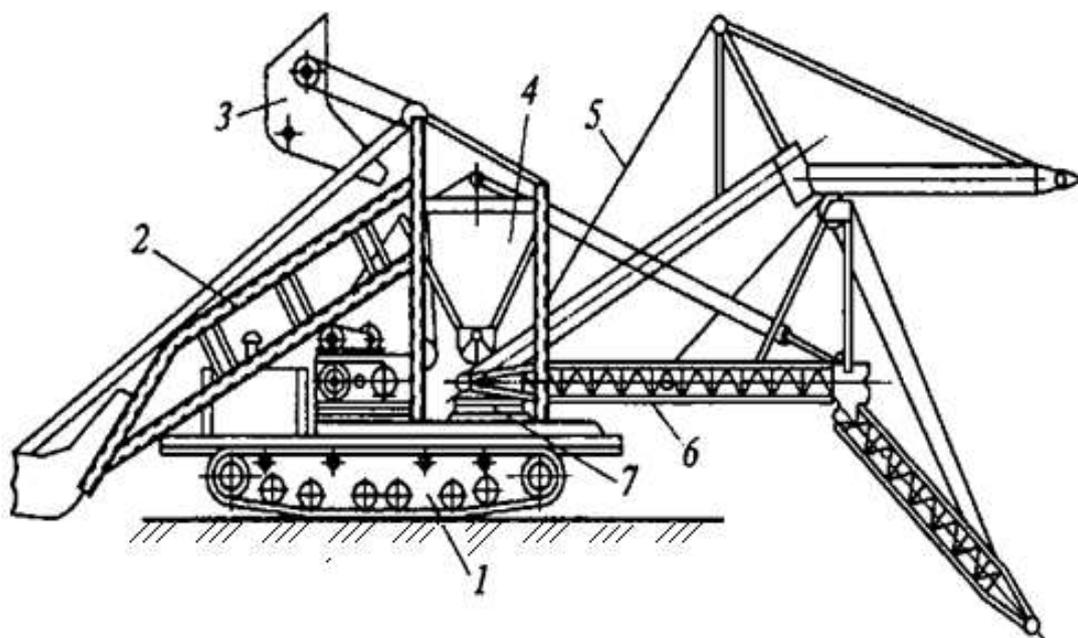


Рис.19.6. Самоходный бетоукладчик.

19.3. Оборудование для уплотнения бетонной смеси.

При укладке бетонную смесь разравнивают и уплотняют для получения бетона с морозостойкой, водонепроницаемой и прочной структурой путем

удаления из смеси воздуха, объем которого в пластичных смесях достигает 10...15%, а в жестких - 40...45%. Наиболее универсальным и эффективным способом уплотнения является *вибрирование*, реже применяют *вакуумирование*.

По способу воздействия на бетонную смесь различают *внутренние (глубинные), наружные и поверхностные вибраторы*. Внутренние вибраторы, погруженные в смесь, передают ей колебания вибронаконечником или корпусом, наружные вибраторы прикрепляют болтами или другими способами к опалубке для передачи через нее колебаний бетонной смеси, поверхностные вибраторы, устанавливаемые на уложенную смесь, передают ей колебания через рабочую площадку. Внутреннее вибрирование наиболее выгодно, так как вся энергия вибровозбудителя передается уплотняемой смеси с минимальными потерями. Наружные вибраторы используют в строительстве редко из-за повышенных требований жесткости и прочности опалубки и больших затрат ручного труда на их установку. Их применяют, в частности, при омоноличивании стыков сборных железобетонных колонн и обетонировании их стальных сердечников. Поверхностные вибраторы применяют для послойного уплотнения плоских монолитных конструкций (плит, полов, и т. п.) при глубине прорабатываемого слоя до 20 см.

Вибраторы различают по способу создания колебаний: *вращающимися дебалансами и возвратно-поспупательным движением массы*.

Дебалансные вибраторы могут быть *одновальными* - для создания круговых колебаний и *двухвальными*-для направленных колебаний. Они приводятся в действие электродвигателями (*электромеханические вибраторы*), пневмодвигателями (*пневматические вибраторы*) или двигателями внутреннего сгорания. Вибраторы с возвратно-поступательным направленным движением массы имеют электромагнитный привод (*электромагнитные вибраторы*).

Наиболее широкое применение в строительстве для работы непосредственно на строительной площадке получили переносные электромеханические вибраторы с круговыми колебаниями. Реже применяют

пневмовибраторы. Строительные вибраторы различают по частоте колебаний их корпуса:

Низкочастотные (2800...3500 колебаний в минуту), *среднечастотные* (3500...9000 мин⁻¹), *высокочастотные* (10000...20000 мин⁻¹). Последние применяют преимущественно для уплотнения мелкозернистых смесей в тонкостенных конструкциях.

Глубинные вибраторы применяют при бетонировании крупногабаритных или густо насыщенных арматурой железобетонных конструкций (фундаментов, стен, массивных плит, колонн, свай и т.п.). Их также используют при стендовом способе производства железобетонных изделий. Глубинные вибраторы бывают *ручными* (массой до 25 кг) и *подвесными* в виде пакетов из 3...15 вибраторов на одной траверсе (рис. 19.7) при бетонировании массивных бетонных и железобетонных конструкций малоподвижными смесями. У ручных вибраторов электродвигатель 2 обычно трехфазный асинхронный с короткозамкнутым ротором встроен в корпус (наконечник 7) вибратора (рис. 19.7,а) или вынесен (рис. 19.7,б) (с соединением с дебалансом рабочего наконечника 7 гибким валом 3). Рабочий наконечник (рис. 19.8.) представляет собой герметически закрытый цилиндрический корпус с дебалансом внутри. Для уплотнения бетонной смеси в тонкостенных и густоармированных конструкциях применяют *планетарные вибраторы*, в которых вибрация создается планетарно обкатывающимся бегунком 7 относительно сердечника 2, или втулки 3.

Вибраторы с пневмоприводом (см. рис. 19.8, в) приводятся в движение пластинчатым пневмомотором, составляющим одно целое с бегунком 7, обкатывающимся по внутренней поверхности корпуса 4. Сжатый воздух подается от компрессора по шлангу 6 в рабочую камеру 12 пластинчатого пневмомотора, а отработанный - через выхлопную камеру 7 по шлангу 5 выводится в атмосферу. Статор 9 с одной лопаткой 10 закреплен неподвижно, а ротор (бегунок) 8 обкатывается вокруг статора.

Основным недостатком пневмовибраторов является повышенный уровень шума и высокая энергоемкость.

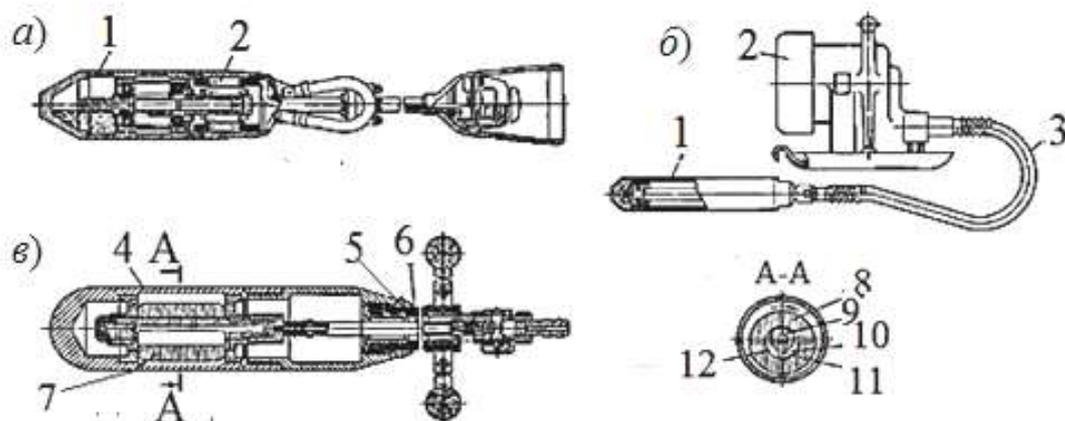


Рис. 19.8. Глубинные вибраторы: *а* - с встроенным электродвигателем; *б* - с вынесенным электродвигателем; *в* - с пневмоприводом.

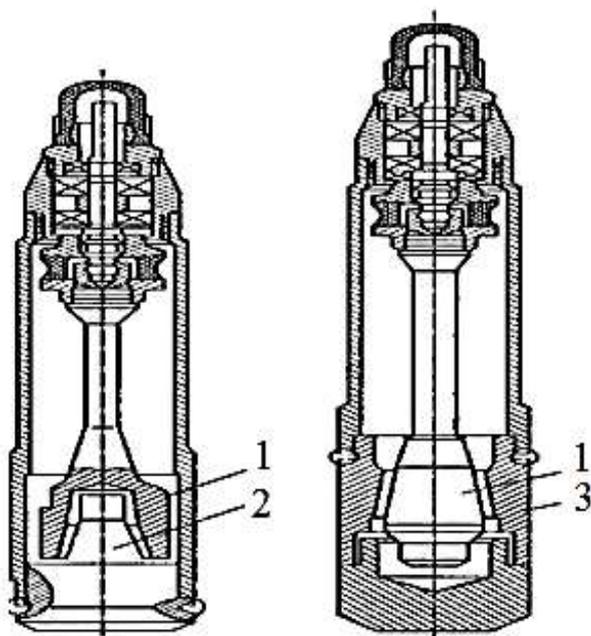


Рис. 19.9. Вибронаконечники планетарных вибраторов с внутренней (а) и наружной (б) обкаткой.

Уплотняют бетонную смесь вертикальным или наклонным погружением вибронаконечника в уплотняемый слой с частичным (на 5...10 см) заглублением в ранее уложенный и еще не схватившийся слой. В зависимости от подвижности или жесткости смеси продолжительность работы вибратора на одной позиции составляет 20...40 с, увеличиваясь с уменьшением подвижности

и увеличением жесткости. Шаг позиционирования назначают не более полуторного радиуса действия вибратора.

Общим недостатком глубинных вибраторов является сравнительно небольшой радиус их действия и, следовательно, небольшая производительность.

Контрольные вопросы.

1. Назовите состав бетононасосных установок. Какими преимуществами и недостатками обладает способ транспортирования бетонных смесей с применением бетононасосных установок?

2. Как устроены и как работают двухцилиндровые бетононасосы?

3. Как определяют производительность поршневых бетононасосов?

4. Как устроены и как работают перистальтические бетононасосы?

5. Для чего применяют распределительные стрелы?

6. Какими техническими средствами подают и распределяют бетонную смесь? Назовите области применения лотков, виброжелобов, звеньевых и вибрационных хоботов, ленточных конвейеров, самоходных стреловых бетоноукладчиков.

7. Какими способами уплотняют бетонную смесь? Приведите классификацию вибраторов для уплотнения бетонных смесей. Каков принцип их действия?

8. Для чего предназначены, как устроены и как работают глубинные вибраторы? Каковы их достоинства и недостатки?

9. Какое оборудование применяют для поверхностного уплотнения бетонных смесей?.

Глава 20. Машины для изготовления арматурных изделий.

20.1. Станки для резки арматурной стали.

Арматурную сталь, поступающую в прутках, целесообразно резать после ее стыкования (наращивания по длине) на стыковых электросварочных машинах. Станки изготавливаются с ручным, механическим и гидравлическим приводами подвижных ножей. Ручные станки предназначены для резки арматурной стали диаметром до 20 мм и применяются при небольших объемах работ, станки с механическим приводом – для стали диаметром до 40 мм и с гидравлическим приводом – до 80 мм.

Станок СМЖ-172Б (рис.20.1) приводится в работу от асинхронного электродвигателя 6 через клиноременную передачу, маховик 7, открытые зубчатые передачи 5 и кулису 9 с подвижным ножом 8. Неподвижный нож 3 закреплен на станине 1. Со стороны, противоположной подвижному ножу, на станине расположен регулируемый упор 4 для разрезаемого арматурного стержня. Он состоит из двух рифленых планок, одна из которых неподвижно закреплена на станине, а вторая, прикрепляемая болтом, имеет прорезь и может переставляться относительно первой.

Станок работает только с непрерывно повторяющимися резами арматуры. Качательные перемещения кулисы относительно оси 12 совершаются вращающимся эксцентриковым валом 11 и передаются через сухарь 10 с плоскими опорными поверхностями. За счет этого уменьшается давление на рабочих поверхностях и, соответственно, их износ. При перемещении к станку арматурный стержень опирается на ролик 2.

В настоящее время выпускается станок СМЖ175А, на котором осуществляется резка стержней с $\sigma_{\text{в}}$ 460 МПа до 80 мм, 590 МПа – до 70 мм, 880 МПа – до 60 мм.

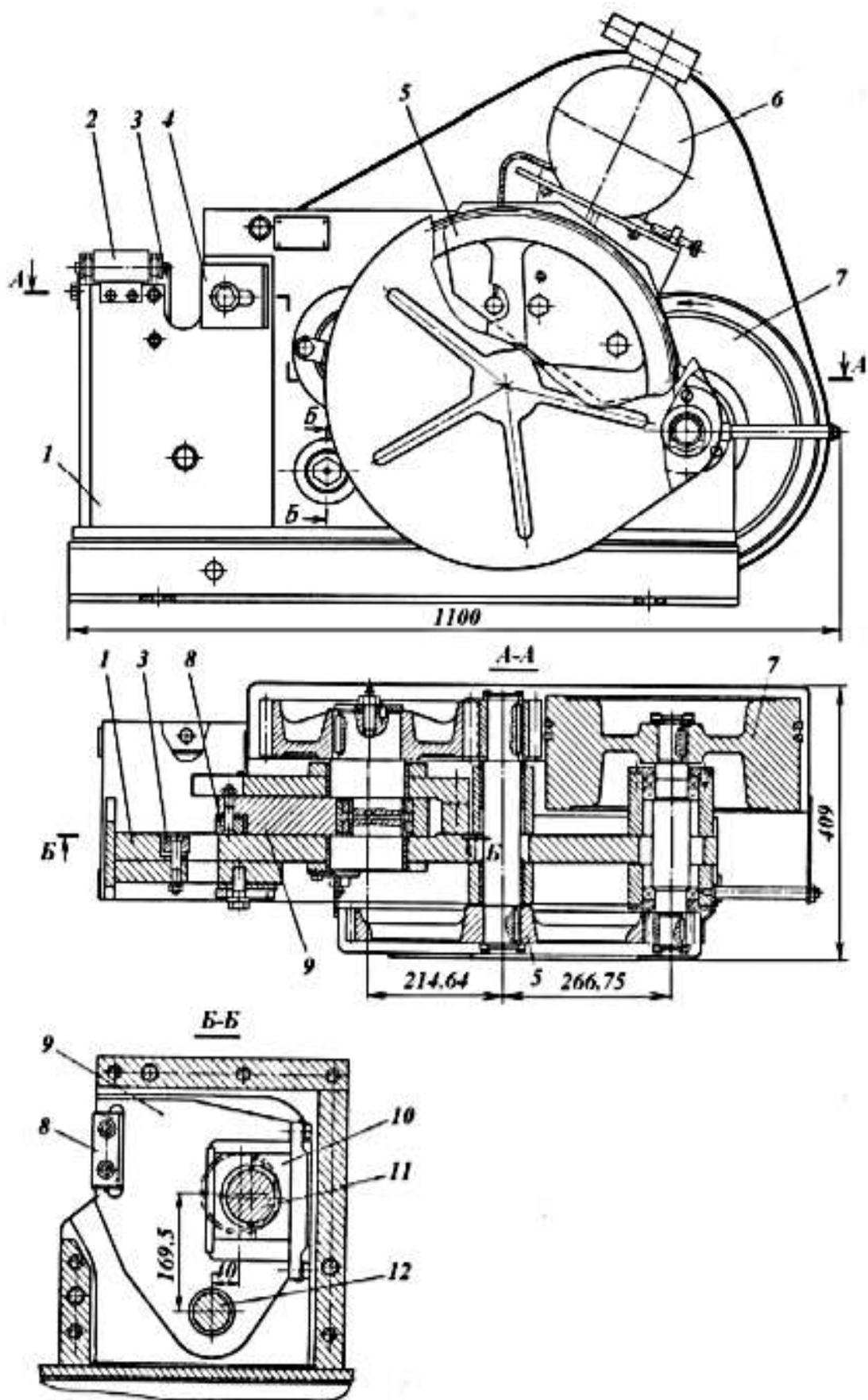


Рис. 20.1. Станок СМЖ-172Б для резки арматурных стержней.

Станок СМЖ-133А (рис.20.2,*а*) включает в себя сварную раму 1, электродвигатель 5, эксцентриковый поршневой насос 6 типа Н401Е с подачей 18 л/мин, развивающий давление до 31 МПа, механизм 3 реза в виде гидроцилиндра с подвижным ножом и держателя неподвижного ножа, гидроаппаратуру 7, гидробак 2 и электрооборудование.

Станок управляется от педали или автоматически с помощью кулачков, соединенных со штоком гидроцилиндра и взаимодействующих с конечными выключателями 4. Подвижный нож (рис.20.2, *б*) закреплен на держателе 10, соединенном со штоком 5 горизонтально расположенного гидроцилиндра 4.

При подаче под давлением масла в гидроцилиндр поршень 3 перемещает нож на рабочий ход, величина которого равна 50 мм. В исходное положение поршень возвращается при подаче масла в противоположную полость гидроцилиндра. Неподвижный нож закреплен на держателе-упоре 11, расположенном в корпусе 15.

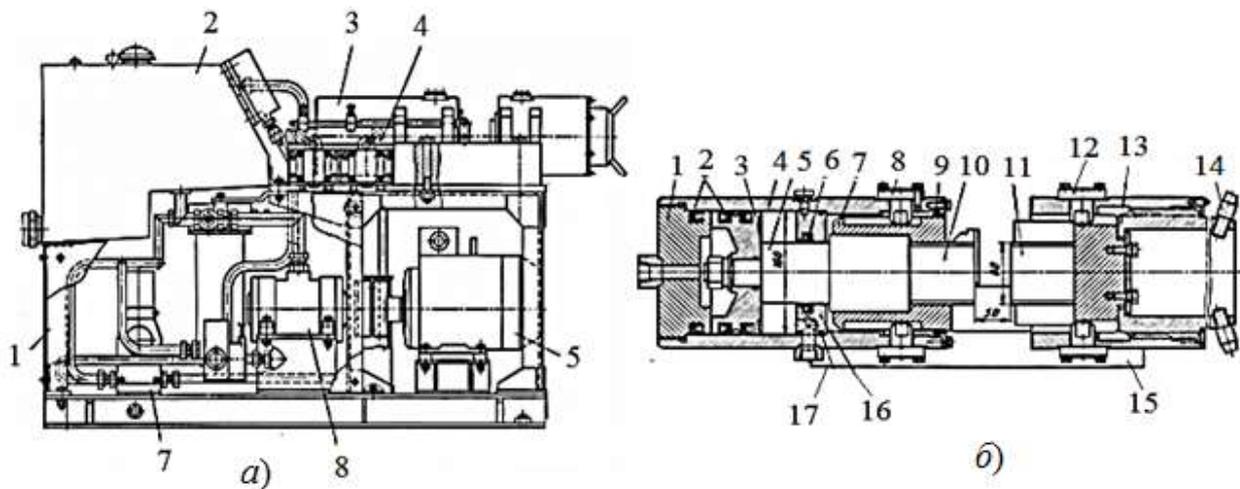


Рис. 20.2. Станок СМЖ-133А для резки арматурных стержней: *а* – конструктивная схема; *б* – механизм реза.

Для регулирования расстояния между ножами при наладке станка на резание арматуры требуемого диаметра держатель перемещают с помощью нажимной втулки 13, вращаемой штурвалом 14. Усилия реза действуют только на основание корпуса 15 и не передаются на раму станка. Поворот втулки 7 и держателей ножей предотвращается шпонками 8 и 12. Крышка 1, поршень и

промежуточная стенка 16 уплотнены манжетами 2 и 6 и кольцом 17. Для удаления загрязнений со втулки 7 служит грязесъемник 9. Гидросистема станка включает в себя гидрораспределитель Р203, предохранительный клапан МКП-12-02, пластинчатый фильтр, гидроклапан давления Г54-23 и манометр. Станок может работать в режиме одиночных и непрерывных резов.

Непосредственно на строительных площадках часто применяют ручные ножницы. (рис. 20.3).

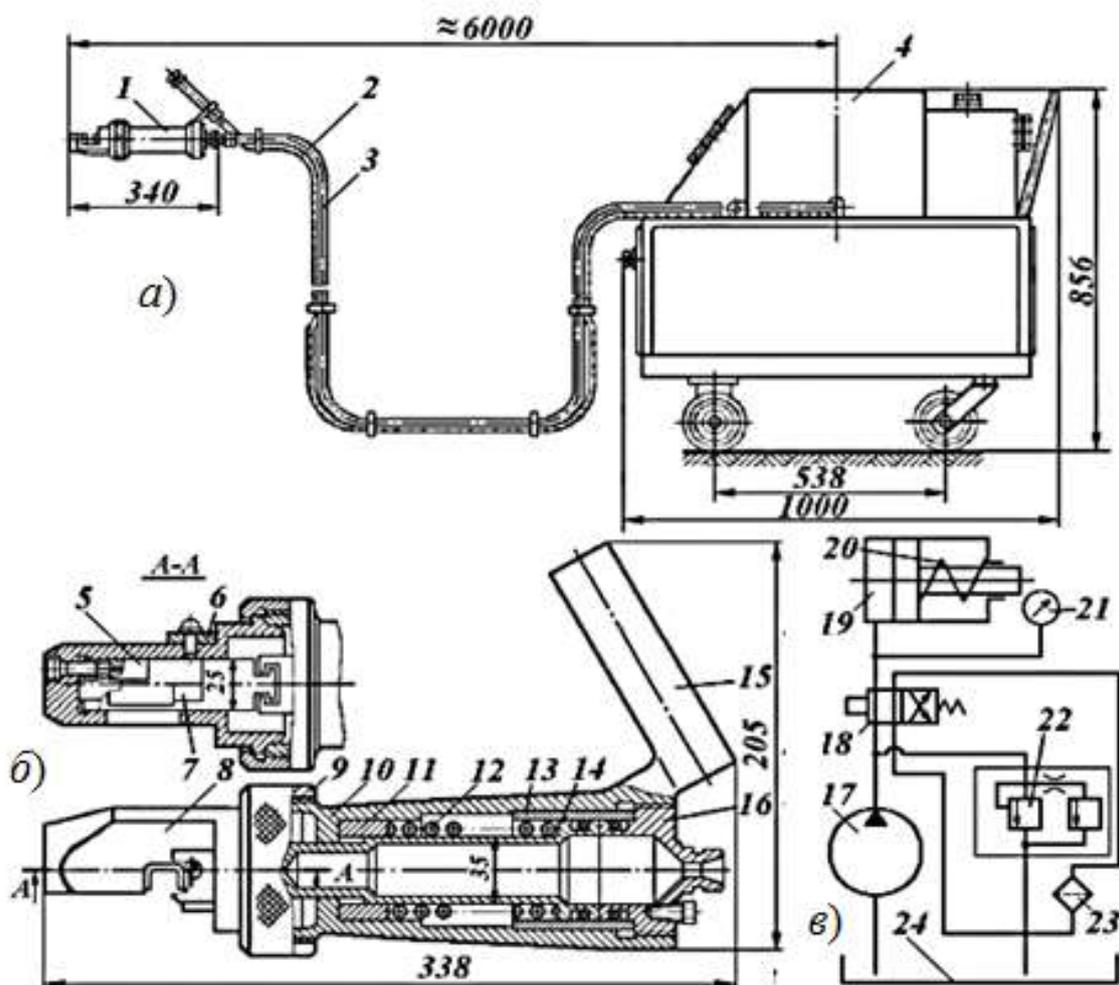


Рис. 20.3. Ножницы СМЖ-214А: а – общий вид; б – режущая головка; в – гидросхема; 1 – режущая головка; 2 – электрокабель управления; 3 – рукав высокого давления; 4 – насосная установка; 5, 7 – неподвижный и подвижный ножи; 6 – опорная планка для стержня; 8 – ножевая головка; 9, 16 – передняя и задняя крышки; 10 – корпус; 11, 13 – втулки; 12 – пружина; 14 – поршень; 15 – рукоятка; 17 – эксцентриковый поршневой гидронасос; 18 – гидрораспределитель; 19 – гидроцилиндр; 20 – пружина; 21 – манометр; 22 – предохранительный клапан; 23 – сетчатый фильтр; 24 – гидробак.

20.2. Правильно-отрезные станки.

Правильноотрезные станки имеют механизмы правки, подачи, отмеривания и резки; они снабжены бухтодержателями и приемными устройствами. На станках различных типов скорость подачи стержней находится в пределах 30...90 м/с, а частота вращения барабана – 1000...3000 об/мин.

Основные виды механизмов различных правильно-отрезных станков представлены на рис.20.4. Схемы охватывают современные и ранее выпускавшиеся станки отечественных и зарубежных моделей. Станки бывают как циклического, так и непрерывного действия. Первые имеют механизмы резания с параллельными ножами и операцию резания чередуют с операциями размотки и правки. Станки непрерывного действия снабжены механизмом резания с вращающимися ножами и режут арматурную сталь в процессе ее размотки и выпрямления, т.е. без остановки.

Работа происходит в следующей последовательности. Стержень разматывается из мотка 1 и протягивается через правильное устройство 2 или 12 посредством механизма протягивания 3 или 14-15, отмеряется на заданную длину мерительным роликом 4 или конечным выключателем 9 и отрезается параллельными (рычажными) ножами 7 или вращающимися ножами 5. Роликовые правильные устройства 12 не обеспечивают качественной правки стержней круглого сечения и на современных отечественных правильно-отрезных станках не применяются, кроме некоторых зарубежных станков для предварительной правки.

В качестве самостоятельных роликовые механизмы применяются в сочетании с машинами для сварки сеток и плоских каркасов в линиях гибки, а также как на зарубежных, так и на отечественных автоматах для резки коротких стержней.

В таких машинах недостаточно качественная правка компенсируется периодической сваркой, дающей шарнир пластичности, или малой длиной

заготавливаемого стержня, или пластической деформацией гибки. Высокое качество правки благодаря объемному многократному пластическому изгибу достигается на барабанных механизмах правки 3, применяемых практически на всех правильно-отрезных станках. Но эти механизмы более энергоемки по сравнению с роликовыми. Совместить достоинства роликовых и барабанных механизмов удалось в вибрационных механизмах правки.

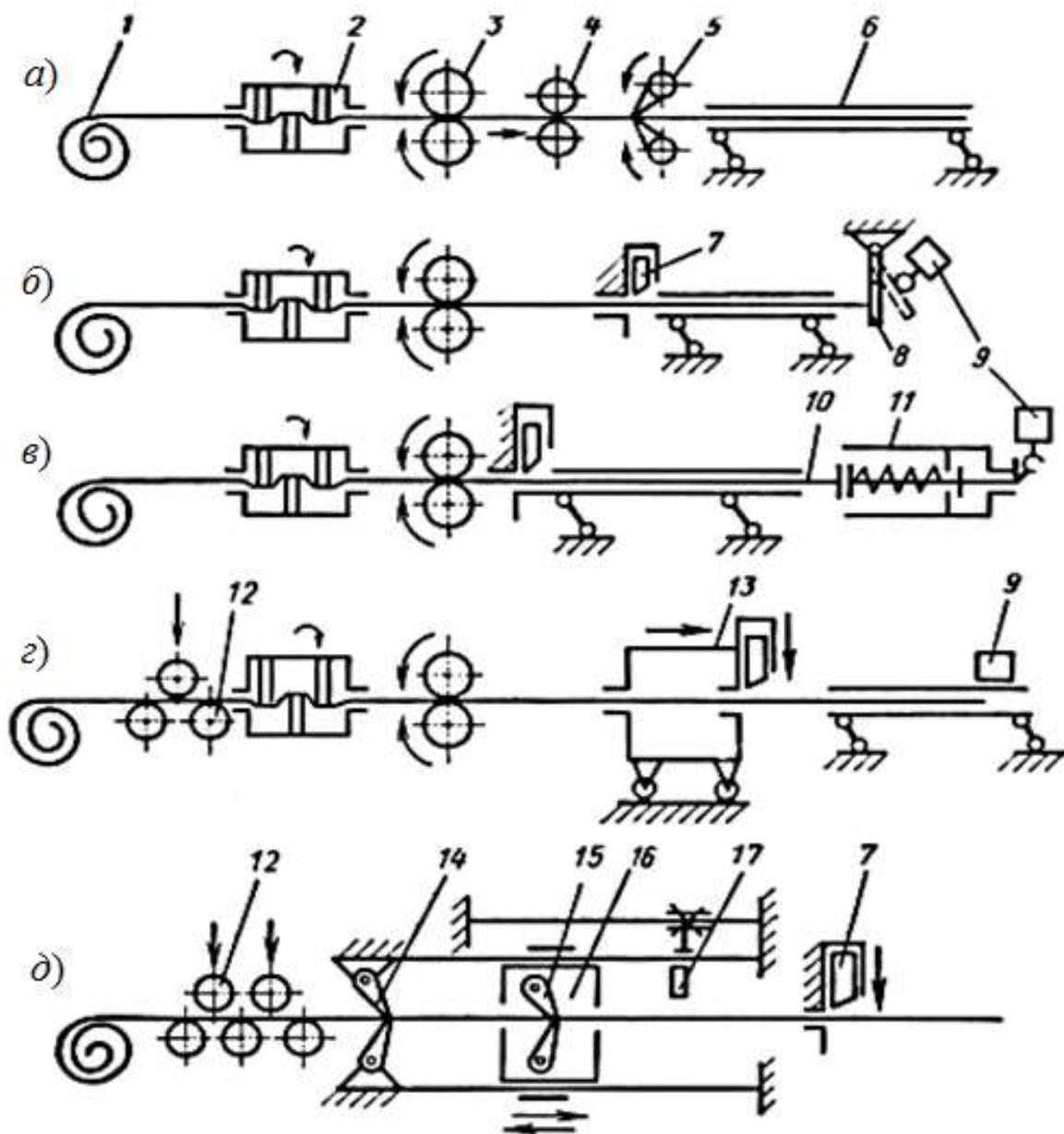


Рис. 20.4. Схемы правильно-отрезных станков: *а* – с непрерывной подачей стержня и резанием вращающимися ножами; *б, в* – с подачей стержня до упора и резанием параллельными ножами; *г* – с непрерывной подачей и резанием летучими ножами; *д* – с циклической подачей стержня и резанием параллельными ножами.

Счетчик 4 отмеривания длины отрезаемых стержней состоит из мерительного диска и прижимного ролика, между которыми проходит выпрямляемый стержень, и фрикционного вариатора, который настраивается на заданную длину отрезаемых стержней. Механизм резания имеет режущие головки 5 с укрепленными в них кожами, включаемыми по сигналу счетчика отмеривания длины посредством зубчатой муфты. Сочетание счетчика 3 с вращающимися ножами не дает точности отрезаемых стержней по длине. Для обеспечения высокой точности отрезки все современные отечественные станки снабжены конечными выключателями 9 и рычажными ножами 7, но в эксплуатации имеется большой парк станков с вращающимися ножами 5, снабженными как мерительным роликом 6, так и конечными выключателями 7, которыми заменили мерительные ролики. На некоторых таких станках вращающиеся ножи заменены рычажными с пневмоприводом.

Правильно-отрезной станок с непрерывной подачей проволоки (рис. 20.4, а) предназначен для автоматической правки и резки арматурной стали диаметром 3...12 мм. На станке отрезается прутки заданной длины, при этом подвижный нож совершает 0,5 хода в секунду. Мощность электродвигателя 1,7 кВт.

Он состоит из сборной литой станины 6, правильного устройства 5, тянущего 3, режущего 1, счетного 2 механизмов. К станине одним концом прикреплено устройство для приема отрезанных прутков арматурной стали, представляющее собой корытообразную сварную металлическую конструкцию, стойками опирающуюся на фундамент. Пусковая и защитная электроаппаратура смонтирована в металлическом шкафу 4.

Правильное устройство (рис. 20.5, а) имеет правильный барабан 3, электродвигатель 1 мощностью 7 кВт и клиноременную передачу 2. Правильный барабан представляет собой корпус с пятью стаканами с плашками. Вдоль оси корпуса имеется отверстие, через которое проходит арматурная сталь. Тянувший механизм состоит из двух пар дисков 6, 10, двух пар зубчатых передач 7, 9, цепной передачи 8, шестерни 20 и валов 5, 11.

Режущий механизм состоит из двух дисковых ножей 12, зубчатой передачи 13, кулачковой муфты 14, шестерни 15, электромагнита 17 и валов 16. Вращение дискам 6, 10 и ножам 12 сообщается от электродвигателя 22 мощностью 4,5 кВт через клиноременную передачу 23, блок шестерен 21, зубчатую передачу 19 и шестерню 18.

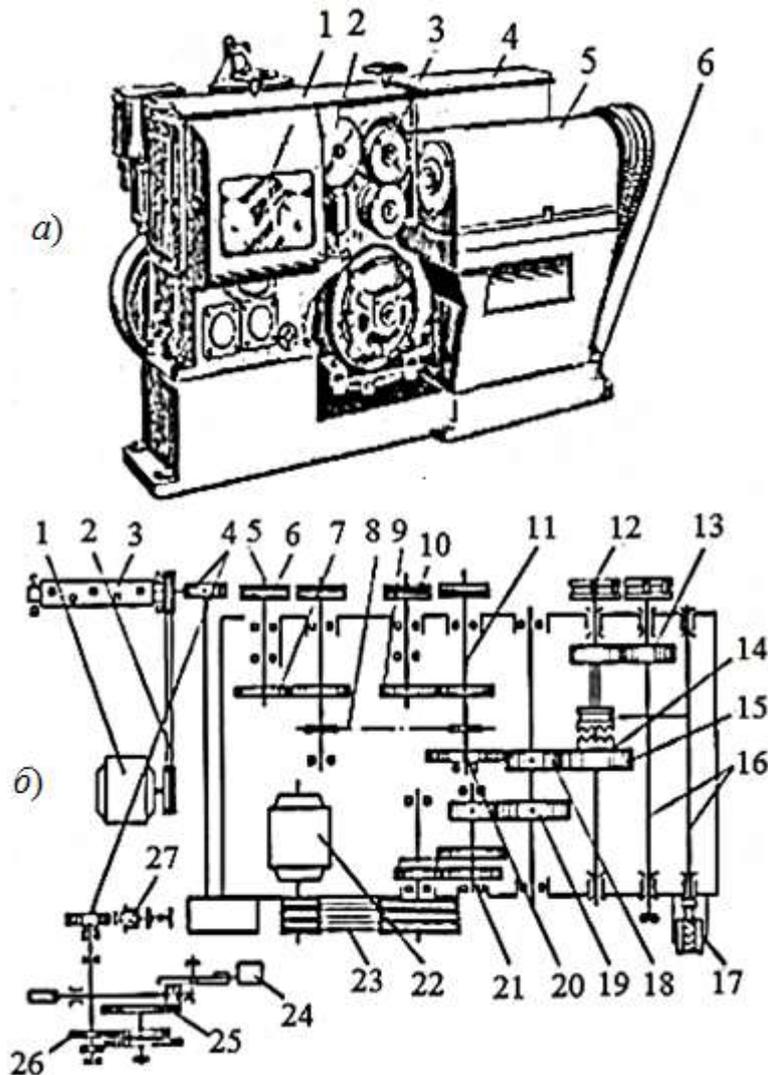


Рис. 20.5. Станок для одновременной правки и резки арматурной стали с непрерывной подачей: *а* – общий вид; *б* – кинематическая схема.

Механизм для отмеривания заданной длины стержня (рис. 20.5, *в*) состоит из мерительного диска 4, опорного ролика 27, блока шестерен 26, вариатора 25 и конечного выключателя 24. При работе станка проволока с мотка, установленного на держателе, заправляется в правильный барабан и тянущие ролики. В процессе вращения барабана и одновременного протягивания

арматуры через центральное отверстие корпуса происходит поочередный изгиб проволоки плашками в различных направлениях, что обеспечивает ее правку и очистку от окалины. Разрезают арматуру на стержни заданной длины дисковые ножи 12. Скорость вращения дисковых ножей несколько превышает скорость вращения тянущих роликов, что предотвращает набегание арматурной стали на ножи. Заданную длину стержня арматурной стали отмеряют следующим образом. Проволока, проходя между опорным роликом 27 и мерительным диском 4, вращает их. От мерительного диска вращение через блок шестерен и вариатор передается кулачку, укрепленному на ведомом диске вариатора. Когда кулачок займет вертикальное положение, замыкается конечный выключатель 24, который включает электромагнит 17. Электромагнит через систему тяг и рычагов включает кулачковую муфту; при этом поворачиваются дисковые ножи и отрезается прут, который укладывается в корыто приемного устройства. Прутки затем транспортируются к сварочным машинам для изготовления арматурного каркаса. Изменение длины отрезаемых стержней регулируют соответствующей установкой блока шестерен 26 и вариатора 25. Пределы регулирования длины отрезанных стержней составляют 188...8000 мм. в случае потребности в стержнях большей длины мерительный диск отводится от протягиваемой арматуры, вследствие чего счетный механизм выключается, а отмеривание и резку стержня осуществляют вручную.

В арматурных цехах применяют отечественные станки нескольких типов И-6118, СМЖ-357, СМЖ-588, И-6022А, работающих с подачей арматуры до упора и резанием гильотинными ножами. Наибольшее применение находит станок СМЖ-357 (рис. 20.6,а). Станок комплектуют размоточным устройством (бухтодержателем) 5, рассчитанным на установку мотков диаметром до 1500 мм и электрошкафом 3. Приемно-выдающее устройство 2 и лоток 1 могут набираться из секций длиной по 2 м. С размоточного устройства арматура подается в станок через ограждение 4, что обеспечивает безопасность работы. Привод станка (рис. 20.6,б) осуществляется от двух электродвигателей. Двухскоростной электродвигатель 8 через клиноременную передачу вращает

валы редуктора 7, на выходных концах которых закреплены тянущие арматуры ролики 12, кулачок 14, взаимодействующий с механизмом реза, и кулачок 13, воздействующий на рычажную систему 16 поворота вала с рейкой приемновыдающего устройства 19. При нажатии концом подаваемой роликами 12 арматуры на шомпол 18 срабатывает конечный выключатель отмеривающего механизма, дающий сигнал на включение электромагнита 6 механизма реза.

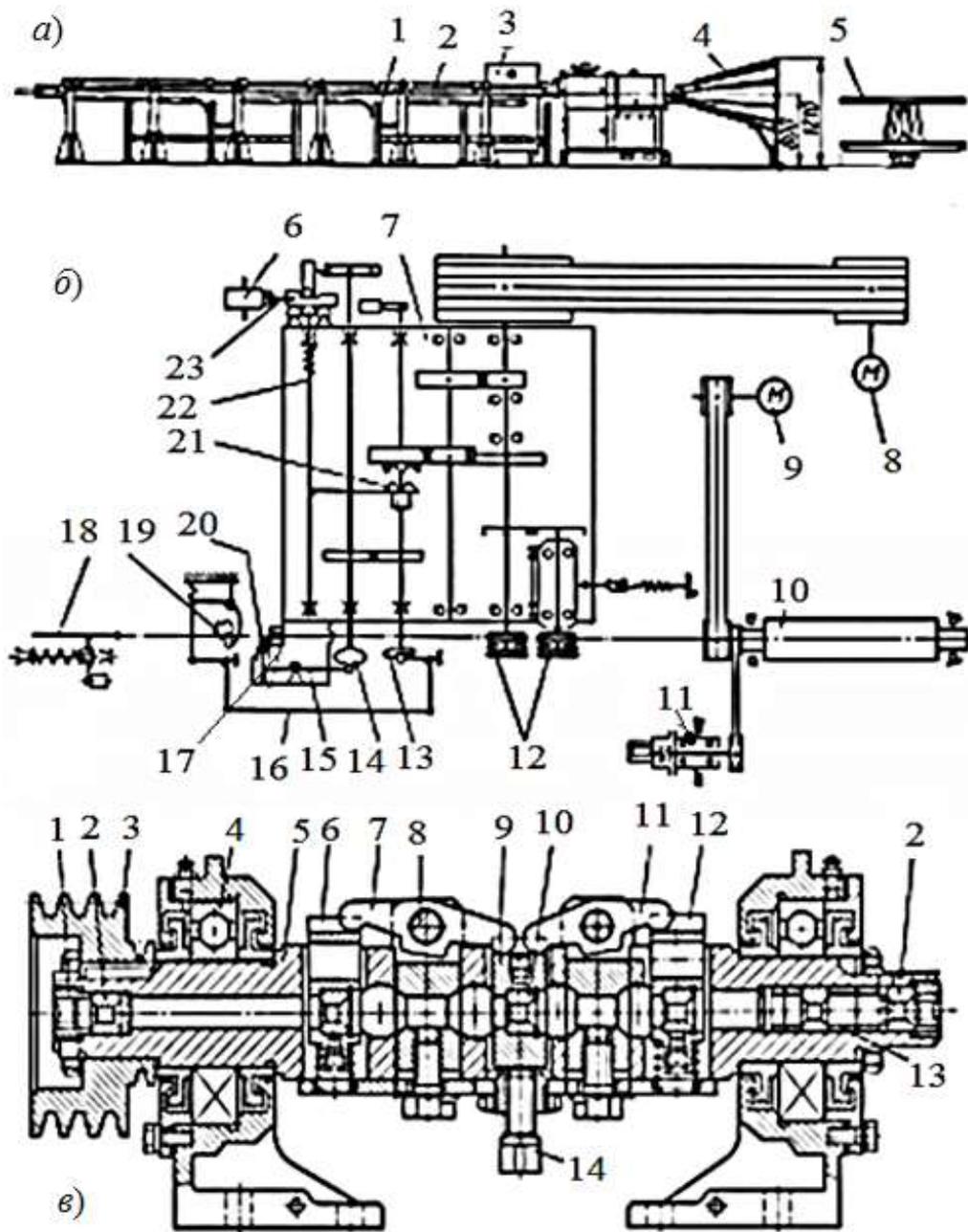


Рис. 20.6. Правильно-отрезной станок СМЖ-357: а – общий вид станка; б – кинематическая схема; в – правильный барабан

За время срабатывания механизма реза шомпол доходит до жесткого упора отмеривающего механизма и останавливается вместе с арматурой. Электромагнит 6 механизма реза выдергивает клин 23 тяги 22, которая, перемещаясь вместе с полумуфтой 21, включает ножевые валы. Полный цикл отрезки происходит за половину оборота ножевых валов, после чего они останавливаются в исходном положении механизмом фиксации. В момент реза кулачок 14, поворачиваясь, нажимает на рычаг 15 с ножом 20, который перерезает арматурный стержень, проходящий через втулочный неподвижный нож 17. Кулачок 13 через рычажную систему 14 с некоторым запозданием поворачивает вал приемно-выдающего устройства. При этом рейка его сдвигается, открывая канал приемно-выдающего устройства 19, и отрезанный пруток выпадает.

В момент фиксации ножевых валов механизм открывания канала приемно-выдающего устройства и шомпол возвращаются в исходное положение под действием пружин.

Двухскоростной электродвигатель 9 через одну клиноременную передачу вращает правильный барабан 10, а другой соединен с механизмом, имеющим реле торможения 11 противотоком, обеспечивающим быструю остановку барабана при отключении электродвигателя 9 с пульта управления. Каждый подающий ролик выполнен с двумя канавками для арматуры различных диаметров. По мере изнашивания канавки перешлифовывают для подачи арматуры большего диаметра, что увеличивает срок службы роликов. Верхний ролик поджимается к нижнему пружиной от штурвала, чем регулируется усилие зажатия арматуры. В направляющей приемно-сбрасывающего устройства выполнены две канавки различной ширины для приема арматуры диаметром 4...6 мм и свыше 6 мм. Перестройка направляющей на требуемый канал осуществляется поворотом ее на 180° и фиксацией стопорными винтами.

При настройке механизма реза меняют неподвижный втулочный нож: для арматуры диаметром 4...6 мм используют нож с внутренним отверстием диаметром 8 мм, а для арматуры диаметром свыше 6 мм - с отверстием

диаметром 11,5 мм. Зазор между ножами должен быть в пределах от 0,05...0,15 мм для арматуры диаметром до 6 мм и 0,1...0,3 мм для арматуры диаметром свыше 6 мм.

Правильный барабан (рис. 20.6,в) представляет собой вал 5, вращающийся в подшипниках 4, с приводом через шкив 3. На концах барабана по оси установлены неподвижные фильеры 2, закрепленные втулками 13 и гайками 1. В средней части барабана в стаканах 6, 9 и 12 установлены регулируемые фильеры 10. Фильеры изготовлены из твердого сплава. Стаканы с фильерами при наладке барабана смещаются в радиальном направлении с помощью рычагов 7 и 11, валиков 8 и одного регулировочного винта 14. Величина смещения фильер зависит от диаметра и марки стали выправляемой арматуры. Так, для гладкой стали диаметром 4 мм прогиб рекомендуется равным 12 мм, для гладкой стали диаметром 6...7 мм, для стали периодического профиля класса А-III – 9 мм, А500С и В500С.

Эти величины прогиба уточняются в зависимости от упругих свойств арматуры, состояния ее поверхности и скорости подачи.

Станки И-6118, СМЖ-357 и И-6022А составляют группу машин, обеспечивающих заготовку прутков всех необходимых диаметров. Наиболее мощный станок И-6022А отличается повышенной жесткостью корпуса. Он имеет толкающие и тянущие ролики, расположенные соответственно перед правильным барабаном и после него. Это облегчает подачу арматуры, особенно большого диаметра, и позволяет меньше повреждать ее поверхность. Верхние ролики поджимают через пружины поворотными рычагами с эксцентриками.

На станке И-6118 при необходимости можно заготавливать короткие прутки длиной от 100 мм, но при этом ограничивается ресурс работы электромагнита и конечного выключателя механизма реза.

Станок СМЖ-588 разработан в двух исполнениях: для заготовки арматурных прутков диаметром 4...8 и 6...12 мм.

Использование таких механизмов правки, например в сочетании с АТМС, вместо набора многороликовых механизмов для правки продольных стержней

существенно ускоряет настройку механизма правки и этим повышает производительность. Возможно создание станков, обеспечивающих одновременную правку нескольких стержней (нечетное количество), что позволяет более полно использовать установленную мощность и этим существенно повышает производительность.

Наиболее эффективно нечетное количество нажимных элементов в каждой секции механизма правки. Например, стержень максимального диаметра обрабатывается один. По мере снижения диаметра можно выправлять 2, 3, 4, 5 стержней. Такие станки наиболее приемлемы для малых, даже мобильных предприятий, например для строительства коттеджей. Объединение всех подвижных (четных) секций в единую виброрамку существенно упрощает конструкцию механизма правки, и обеспечивает необходимую для качественной правки эпюру прогибов с минимальными энергозатратами, так как такая конструкция выполнена в результате расчета минимально необходимых прогибов выправляемого стержня на нажимных элементах.

Дальнейшее снижение энергозатрат достигается возможностью одновременной правки нескольких стержней, что позволяет более полно использовать мощность механизма подачи. Рамка может иметь пары любых вибровозбудителей: эксцентриковых, дебалансных, поводковых.

Станки для гибки арматурной стали придают арматурным стержням заданную форму путем устройства отгибов, крюков на концах стержней, служат для изготовления хомутов, монтажных петель и пр.

Станки с ручным приводом используются для заготовки арматуры из стержней диаметром до 20 мм при небольших объемах работ. На станках с механическим приводом могут обрабатываться арматурные стержни диаметром до 90 мм. Рабочим органом станков является гибочный диск, или сектор.

Для гибки прутков арматурной стали серийно используются отечественные универсальные станки СМЖ-173А и СМЖ-179А. Выпускаемый в настоящее время станок СГА-І практически почти ни чем не отличается от станка СМЖ-173А (рис. 20.7), который включает в себя сварную раму 1,

червячный редуктор 2, установленный на раме, и диск 3, закрепленный на нем. На диске прикреплен гибочный палец 4, который можно вставлять в одно из четырех отверстий диска, и центральный палец 5; на раме – опорный палец 6. Вращение на входной вал червячного редуктора передается через шестерни 7 и клиноре-менную передачу 8 от односкоростного электродвигателя 9. Необходимую частоту вращения диска получают, переставляя шестерни привода.

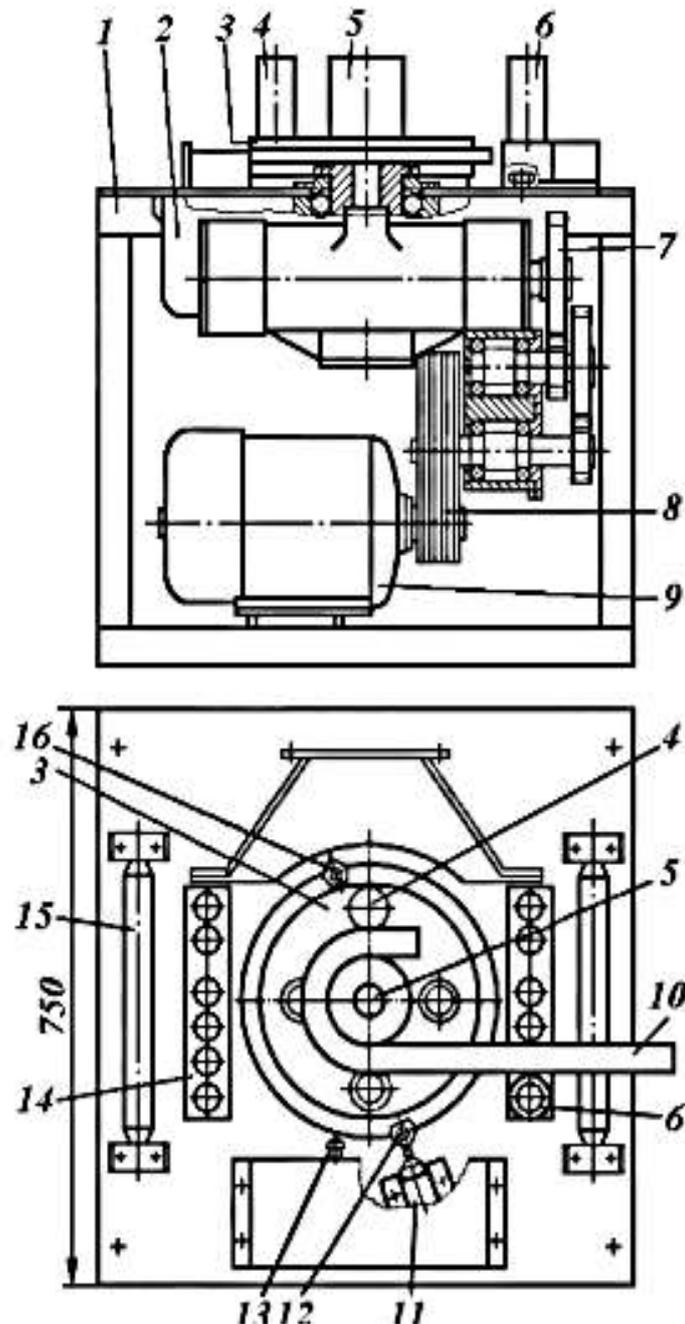


Рис. 20.7. Станок СМЖ-173А для гибки арматурных прутков.

Для получения требуемого угла гибки арматурного прутка 10 с автоматической остановкой гибочного диска в нем имеется 48 отверстий, в два из которых вставляются командные кулачки 12 и 16, а на раме станка установлены два конечных выключателя 11 и 13. При повороте диска на установленный угол один из кулачков воздействует на конечный выключатель, переключающий привод на обратное вращение диска, которое осуществляется до нажатия второго кулачка на другой конечный выключатель, после чего диск останавливается в исходном положении. Для размещения опорных неподвижных пальцев 6 на столе рамы закреплены два бруска 14 с отверстиями, а для опирания прутков ролики 15.

Станок СМЖ-179А настраивают на необходимый угол изгиба прутка настройкой реле времени. Станок имеет двухскоростной электродвигатель, что позволяет легко изменять частоту вращения диска. Универсальные станки для гибки прутков арматурной стали выпускают и зарубежные фирмы.

Фирма Педдингхаус (Германия) выпускает станки, которые по конструкции механической части однотипны и имеют много унифицированных узлов. Механизм привода гибочного диска каждого станка расположен в стальном закрытом корпусе и смазывается с помощью системы централизованного смазывания. В верхней части корпуса размещен гибочный диск с центральным и гибочным пальцами. Неподвижный опорный палец может переставляться в соответствующее отверстие одного из четырех поперечных брусков стола. Положение брусков регулируется винтами. На краях стола закреплены ролики для опирания стержней. Станки выполняют передвижными на колесах или стационарными. Диск приводится во вращение от самотормозящего электродвигателя через предохранительную муфту и многоступенчатый зубчатый редуктор. Станком управляют с пультов, расположенных на его корпусе, а также двумя педалями. Электрооборудование выполнено с использованием печатных электросхем и смонтировано в закрытых шкафах. Станки по заказу комплектуют разными деталями и приспособлениями (роликами различного диаметра, надеваемыми на гибочные

пальцы, гибочными рычагами и др.), позволяющими изготавливать разнообразные арматурные изделия (изгибать прутки с различным радиусом или одновременно несколько прутков, навивать спирали, делать хомуты и др.). Станки различных рядов отличаются один от другого степенью автоматизации их работы и соответствующим оснащением, а также частотой вращения гибочного диска и мощностью.

Станки рядов «Спешиал» и «Перфект К» выполнены со сравнительно малой автоматизацией процесса гибки, позволяющей задавать угол гибки. Станки ряда «Перфект КА» оборудованы потенциометром с предварительным заданием изгибов прутков на три различных угла, которые осуществляются в любой последовательности с управлением рычагом. Кроме того, применен поправочный потенциометр. В машине установлено запоминающее устройство, в котором учитывается частичное выпрямление изгибаемого прутка из-за упругости стали, что позволяет сделать необходимую поправку. При замене электроаппаратуры в цепи управления, имеющей штекерное соединение, создается новая модификация станка «Перфект КА» - станок «Перфект РА», в программном блоке которого заложена возможность предварительного задания гибки на восемь различных углов. Процесс гибки выполняется автоматически без перестановки ручки задания углов гибки. При этом имеется возможность дополнить программу отдельными гибочными углами и направлениями изгиба прутков. В станках ряда «Перфект РЛА» программирование направления, углов и последовательность гибки прутков осуществляется с помощью перфокарт. Со станками поставляются перфорированные карты как со стандартными программами гибки, так и нейтральные, которые могут быть перфорированы на месте эксплуатации согласно коду.

Различные типы станков *фирмы Педдингхаус* позволяют использовать их в зависимости от требований эксплуатации.

Фирма Крупн (Германия) выпускает станки рядов В и ВВ. Станки для гибки прутков диаметром до 40 мм имеют механический привод вращения гибочного диска, а станки В 6000 и В 703 для гибки прутков диаметром

соответственно до 60 и 80 мм – гидравлический привод. Исполнения станков бывают как обычное, так и с программным управлением поворотами на требуемые углы гибочного диска. Для этого используют программный диск или систему программного управления «Футуроматик», с помощью которой можно предварительно задавать до шести различных углов гибки (три влево и три вправо).

Фирма Мубеа (Германия) также выпускает станки с автоматизированным процессом гибки. Станок В032 оборудован цифровым электронным управлением с ротационным датчиком импульсов, с помощью которого предварительно задают гибку прутка на восемь углов четырех размеров, осуществляемую последовательными нажатиями педали. Нажимая кнопку возврата, можно повторить требуемые углы гибки. Каждый переключатель выбора углов имеет контрольную лампочку для визуального контроля процесса гибки.

Фирма Оффисине Мекканихе Эрнесто Сильвестри (Италия) производит универсальные гибочные станки ряда Р в обычном исполнении, а также комбинированные станки ряда РТ, оснащенные ножницами для резки стержневой арматуры. Для гибки спиралей выпускается специализированный станок «Саландра» с тремя дисками. На этом станке можно изготавливать спирали диаметром 150...200 мм из стали диаметром 6...24 мм.

Станок имеет две частоты вращения гибочных дисков 10 и 20 об/мин. Для гибки четырехугольных хомутов из стали диаметром 4...12 мм с минимальной стороной 55 мм фирма выпускает специализированный станок Стафф Велокс СРЧ-12.

Фирма Рема (Италия) также производит как обычные универсальные гибочные станки ряда РА, так и гибочные станки РСА, комбинированные с ножницами. Гибочный диск на станках располагается на горизонтальном столе, а ножницы – консольно у нижней части боковой стенки корпуса. Комбинированные станки, предусматривающие как гибку, так и резку арматуры, целесообразны при небольших объемах переработки ее, когда

универсальность не снижает производительность. При больших объемах переработки арматуры более выгодны специализированные станки и станки с программным управлением.

20.3. Установки для напряженного армирования железобетонных элементов.

Для напряженного армирования железобетонных изделий выпускается разнообразное оборудование, которое можно подразделить по способу натяжения арматуры. Натяжение арматуры может производиться на специальные упоры стендов или упоры форм с последующей передачей усилия натяжения на затвердевший бетон, что имеет место при напряженном армировании большинства изделий. Натяжение арматуры может производиться и непосредственно на затвердевший бетон, например, при изготовлении предварительно напряженных железобетонных труб, резервуаров, сочлененных ферм и пр. Производят натяжение отдельных стержней, пучков или высокопрочной проволоки, разматываемой из бухты (непрерывное напряженное армирование). Натяжение может выполняться механическим, электротермическим и электротермомеханическим способами. Большое распространение получили гидравлические домкраты, работающие от передвижных насосных станций. Основными характеристиками гидравлических домкратов являются их тяговое усилие (2,5...160 т), давление в цилиндре (до 40 МПа) и ход поршня (45...100 мм).

Сварка сеток или каркасов из стержней относительно малых диаметров производится на специализированных машинах с применением точечной контактной сварки. Стержни больших диаметров свариваются на специальных стендах сварочными клещами или электродуговой сваркой. Подвесную машину МТП-806 применяют для сварки арматурных каркасов. В ее состав входят основной блок, токоведущие кабели и сварочные клещи. В основной блок входят сварочный трансформатор, пневмоаппаратура и электрооборудование. В

нижней части трансформатора расположены выводы вторичных витков, к которым прикреплены токоведущие кабели, а в верхней части – шпильки первичной обмотки, к которым подсоединены провода от переключателей ступеней. Обмотки трансформатора залиты эпоксидным компаундом, его охлаждение производится проточной водой. Электрооборудование, расположенное на основном блоке, включает в себя панель аппаратуры и пульт управления. На панели размещены два переключателя ступеней и штекерные разъемы для соединения со шкафом управления, клапаном и кнопкой клещей. На пульте управления имеются сигнальная лампа и кнопка аварийного отключения машины. В шкафу управления расположены регулятор цикла сварки, тиристорный контактор, панель аппаратуры и автоматический выключатель, с помощью которого подается и снимается напряжение сети и осуществляется ее защита от коротких замыканий.

Контрольные вопросы.

1. Каких диаметров и каких марок арматурная сталь поступает в арматурные мастерские в бухтах и прутках.
2. Перечислите технологические операции обработки арматурной стали и соответствующие им оборудование, применяемые в арматурных мастерских.
3. Какие операции последовательно выполняют станки-автоматы для резки и правки арматуры.
4. Начертите принципиальные схемы таких станков как СМЖ-173А.
5. Изложите принципиальную сущность и основные параметры процесса электротермического напряжения арматуры. Дайте схемы применяемой при этом системы анкеровки нагретых стержней.

Глава 21. Ручные машины.

21.1. Общие сведения.

Ручными машинами - называют рабочий орган которых приводится в движение двигателем, а вспомогательное движение (*подача*) - оператором вручную. Ручные машины применяют в строительстве для выполнения самых разнообразных работ. Ради комплексного описания механизации отдельных видов работ некоторые из этих машин были рассмотрены ранее. В целом же ручные машины принято классифицировать следующим признакам:

по принципу действия - различают машины *непрерывно-силовые* и *импульсно-силовые*.

К первым относятся машины с непрерывно вращающимся рабочим органом (*сверлильные, шлифовальные машины, дисковые пилы* т.п.). Возникающий при работе этих машин реактивный момент воспринимается оператором, что является их существенным недостатком и накладывает определенные ограничения на мощность их приводов.

Ко вторым относятся машины, работающие в *прерывисто-импульсном* режиме - *ударном* (молотки, перфораторы, вырубные ножницы) и *безударном* (ножевые ножницы). Машины ударного действия могут работать в *чисто ударном* (молотки, бетоноломы, трамбовки), *ударно-поворотном* (перфораторы) или *ударно-вращательном* (гайковерты) режимах;

по характеру движения рабочего органа - различают ручные машины с *вращательным, возвратным сложным движением*. К первой группе относятся машины как с *круговым вращательным движением* (дисковые пилы, сверлильные машины, бороздоделы и т.п.), так и машины с движением рабочего органа по *замкнутому контуру* (цепные и ленточные пилы, долбежники, ленточные шлифовальные машины и т. п.). Возвратное движение рабочего органа реализуется в машинах с *возвратно-поступательным* (ножницы, напильники, лобзики и т.п.), *и колебательным* (вибровозбудители)

движениями рабочего органа, а также в машинах *ударного действия* (трамбовки, молотки, пневмопробойники и т.п.). К ручным машинам со сложным движением относятся машины ударно-поворотного и ударно-вращательного действия и машины с иными видами движений рабочего органа, не соответствующими приведенным выше характеристикам;

по режиму работы - ручные машины делят на машины *легкого, среднего, тяжелого и сверхтяжелого* режимов. В легком режиме работают сверлильные машины, в сверхтяжелом - все типы машин ударного действия.

Ручные машины могут быть *реверсивными и нереверсивными, одно- и многоскоростным, с дискретными бесступенчатым регулированием рабочих скоростей.*

по назначению и области применения - ручные машины подразделяют на машины *общего назначения* для обработки различных материалов, машины *для обработки металлов, дерева, пластмасс, камня бетона,* машины *для работы по грунту* и машины *для сборочных работ.* Особую группу составляют универсальные машины с комплектом насадок для выполнения определенных видов работ;

по виду привода - ручные машины могут быть *электрическими, пневматическими, гидравлическими,* с приводом от *двигателей внутреннего сгорания,* а также *пиротехнические.*

Электрическим ручным машинам присваивают три *класса защиты* от поражения электрическим током. Машины с номинальным напряжением более 42В имеют I и II класс защиты. У них доступные для прикосновения металлические детали отделены от частей, находящихся под напряжением, только рабочей (машины I класса) или двойной, усиленной (машины II класса), изоляцией. Ручные машины с номинальным напряжением до 42 В, питающиеся от автономных источников электроэнергии, либо от преобразователей или трансформаторов с отдельными обмотками имеют III класс защиты;

по конструктивному исполнению - ручные машины с вращающимся рабочим органом делят на прямые и угловые, соответственно при совпадающих

(параллельных) осях вращения рабочего органа и привода или расположенных под углом друг к другу.

Основными параметрами - ручных машин являются: *потребляемая мощность, напряжение, род, сила и частота тока* (для электрических машин); *рабочее давление сжатого воздуха* (для пневматических машин).

Единой системы индексации ручных машин не существует. Индексы определяют разработчики машин и их изготовители. Наиболее широко используют индексы, состоящие из буквенной и цифровой частей. Первой буквой «И» обозначают все ручные машины («механизированный инструмент»), вторая буква обозначает вид привода: Э - электрический, Г - гидравлический, П - пневматический, Д - от двигателя внутреннего сгорания. Первая цифра цифровой части индекса обозначает группу машин: 1 - сверлильные, 2 - шлифовальные, 3 - резьбозавертывающие, 4 - ударные, 5 - фрезерные, 6 - специальные и универсальные, 7 - многошпиндельные, 8 - насадки и головки инструментальные, 9 - вспомогательное оборудование, 10 - резервная группа. Вторая цифра обозначает исполнение машины: 0 - прямая, 1 - угловая, 2 - многоскоростная, 3 - реверсивная. Последними двумя цифрами обозначают номер модели. Буквы после цифр обозначают очередную модернизацию. Например, индекс ИЭ-1202А расшифровывается как ручная электросверлильная многоскоростная машина второй модели, прошедшая первую модернизацию.

Чаще всего ручные машины используют в строительстве в условиях ограниченного пространства и времени, в связи с чем к этим машинам предъявляются требования компактности и комплектности, обеспечивающие удобство перемещения и быстроту запуска машины в работу. Конструкция машины должна исключать возможность получения оператором травм, поражения электрическим током, шумо и виброболезни, а ее внешний вид должен отвечать требованиям эстетики. Соответственно первому требованию при разработке и изготовлении ручных машин стремятся максимально снизить их массу и габаритные размеры. Желательно, чтобы эти машины работали с

минимальными потерями энергии. Однако в ряде случаев это требование не является обязательным. Так, пневматические ручные машины имеют значительно меньший КПД по сравнению с электрическими, но они легче и безопаснее. Коллекторный двигатель имеет меньший КПД, чем асинхронный, но из-за меньшей массы машин с коллекторными двигателями их применяют чаще. Форма и расположение рукояток, выключателей, а также уравновешенность и внешний вид современных ручных машин обеспечивают максимальное удобство в работе и отвечают современным требованиям технической эстетики. В конструкциях ручных машин широко использован принцип поузловой унификации, обеспечивающий снижение трудоемкости и стоимости их изготовления и ремонта.

21.2. Ручные машины для образования отверстий.

К ручным машинам для образования отверстий относятся ручные сверлильные машины и перфораторы. Ручные сверлильные машины по объему выпуска занимают первое место среди ручных машин. Они предназначены для сверления глухих и сквозных отверстий в металле, дереве, пластмассе, бетоне, камне, кирпиче и других материалах. Эти машины являются базовыми для создания универсальных ручных машин.

Ручные сверлильные машины являются машинами с вращательным движением рабочего органа, работают в легком режиме, могут быть *реверсивными и нереверсивными, одно и многоскоростными с дискретным, бесступенчатыми смешанным регулированием частоты вращения рабочего органа.*

Они приводятся в движение *электрическими, пневматическими или гидравлическими* двигателями. По защите от поражения током электрические машины выпускают всех трех классов.

По конструктивному исполнению эти машины бывают *прямыми* и *угловыми*. Последние применяют для работы в труднодоступных местах.

Основными сборочными единицами ручной сверлильной машины являются заключенные в корпус двигатель, редуктор, рабочий орган - шпиндель и пусковое устройство. На рис. 21.1 показана электрическая ручная сверлильная машина. Статор 4 и ротор 5 электродвигателя встроены в корпус 2.

Движение шпинделю 1 передается через двухступенчатый зубчатый редуктор 3. Электродвигатель, охлаждаемый крыльчаткой 8 вентилятора, посаженной на вал ротора, питается от внешней электросети, с которой он соединен кабелем 7. Его запускают выключателем 6. Чаще выключатель находится во включенном положении, будучи прижатым пальцем руки оператора. При отпускании пальца он размыкает электрическую цепь. При необходимости длительное время удерживать выключатель во включенном положении его фиксируют специальной кнопкой.

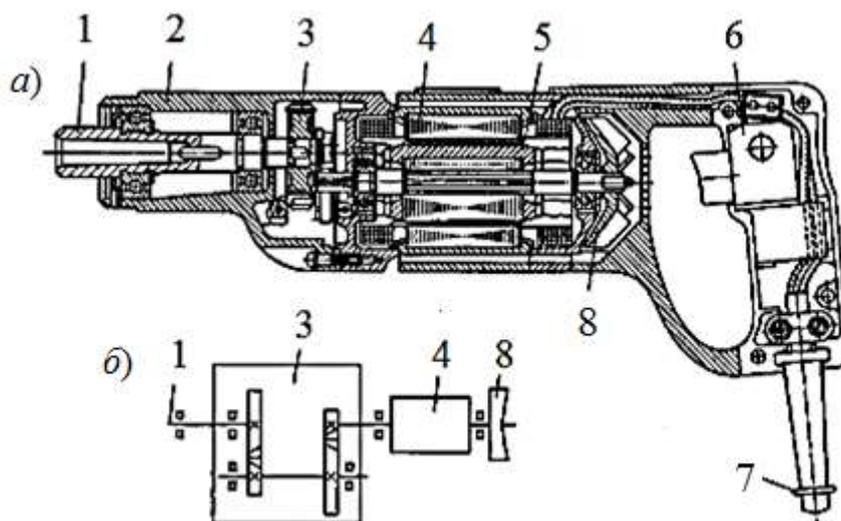


Рис. 21.1. Электрическая ручная сверлильная машина (а) и кинематическая схема ее привода (б).

В пневматической сверлильной машине источником движения является встроенный в ее корпус пневмодвигатель, питаемый сжатым воздухом от

внешнего источника и запускаемый выключателем, открывающим клапан для прохода сжатого воздуха к двигателю.

Сверлильные машины ударно-вращательного действия более эффективны для работы с хрупкими материалами. В них при непрерывном вращении рабочего органа специальным механизмом наносятся удары по материалу в осевом направлении. Обычно такие машины имеют многоскоростной привод с *дискретным* или *бесступенчатым регулированием рабочих скоростей*. Наиболее распространены машины с четырьмя ступенями скоростей. Две ступени обеспечиваются двухступенчатым редуктором, а две другие - отключением части витков полюсных катушек, вследствие чего снижается магнитный поток двигателя и увеличивается частота вращения его якоря. Диапазон регулирования частоты вращения шпинделя в таких машинах составляет 0...10000 об/мин.

На базе ручных сверлильных машин с регулируемой частотой вращения шпинделя выпускают универсальные ручные машины с комплектом насадок для выполнения различных работ: сверления и резки металлов, снятия фасок, развертывания отверстий, нарезания резьбы и сборки резьбовых соединений и т.п.

Потребляемая мощность двигателя (кВт) электросверлильной машины находится примерно в прямой пропорциональной зависимости от диаметра D (мм) отверстия (сверла): $P = 0,018 D$.

Ручные перфораторы применяют, в основном, для образования отверстий в различных материалах. Некоторые модели могут работать в режимах молотка и сверлильной машины. Перфораторы являются *импульсно-силовыми* машинами со сложным движением рабочего органа — бура, для чего в трансмиссии перфоратора имеются ударный и вращательный механизмы, иногда конструктивно совмещенные. Основными параметрами перфораторов являются *энергия* и *частота ударов*.

По назначению различают перфораторы для образования неглубоких отверстий (300...500 мм) в материалах прочностью 40...50 МПа и глубоких

отверстий (2000...4000 мм и более) в материалах практически любой прочности (200 МПа и более).

По типу привода перфораторы подразделяют на машины с *электрическим* (*электромеханическим* и *электромагнитным*), *пневматическим* приводом и от *двигателей внутреннего сгорания*.

Электромеханические перфораторы с энергией удара до 10 Дж применяют для образования отверстий диаметром 5...80 мм глубиной 600...700 мм и более в бетоне, кирпичной кладке и других строительных материалах и конструкциях. При массе до 16 кг перфоратор может занимать любое положение относительно образуемого отверстия, а перфораторы большей массы работают только в направлении сверху вниз. Перфораторы с коллекторными электродвигателями с двойной изоляцией питаются от сети переменного тока номинальной частоты напряжением 220 В, а перфораторы с асинхронными короткозамкнутыми двигателями, снабженные защитноотключающими устройствами, - от трехфазной сети.

Перфораторы с энергией удара более 10 Дж массой 30...35 кг работают, как правило, от асинхронного электродвигателя. Их применяют для образования отверстий в крепких материалах диаметром 32...60 мм при глубине до 6 м. Без специальных устройств они работают обычно в направлении сверху вниз. Отечественная промышленность выпускает электромеханические перфораторы с энергией удара 1... 25 Дж.

Ударные механизмы перфораторов могут быть *пружинными*, *воздушными* (*компрессионно-вакуумными*) и *комбинированными*.

Наиболее распространены компрессионно-вакуумные механизмы, принцип работы которых показан рис. 21.2. При вращении кривошипа бсоединенный с ним шатуном 5 поршень 3 совершает возвратно-поступательное движение в направляющей гильзе 4. При движении поршня вправо в камере между поршнем и бойком 2 создается разрежение, вследствие чего боек перемещается вслед за поршнем (см. рис. 21.2, а). При возвратном движении поршня за счет повышающегося в камере давления воздуха поршень

перемещается влево (см. рис. 21.2, б) и в конце этого движения наносит удар по буру 1 (см. рис. 21.2, в).

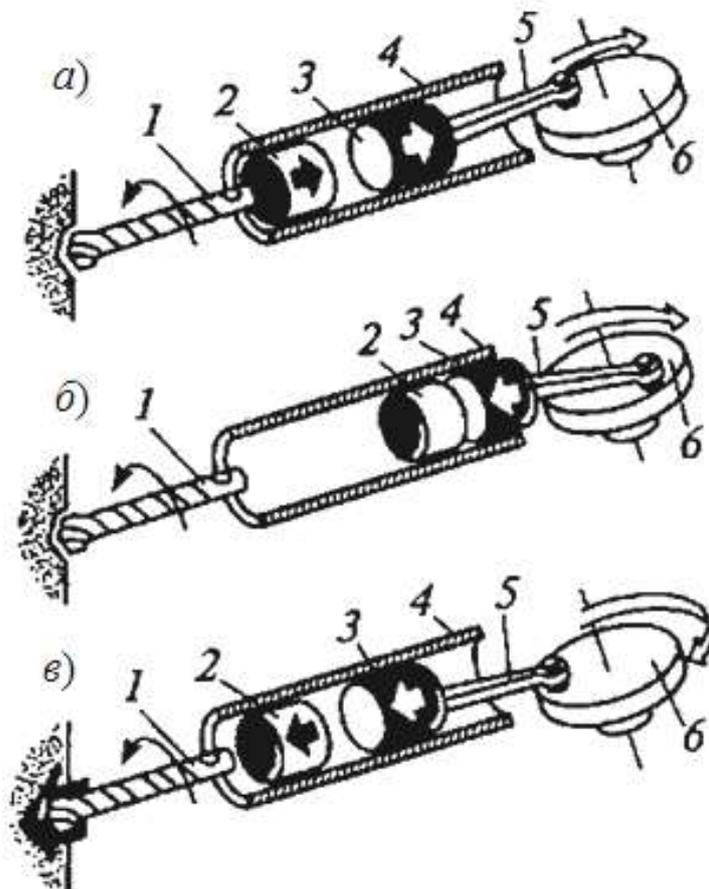


Рис. 21.2. Принцип работы компрессионно-вакуумного ударного механизма.

Перфоратор работает в ударном режиме только после нажатия на его корпус в направлении обрабатываемого отверстия, когда хвостовик бура 4, переместившись в держателе 5 вверх, ограничивает нижнее перемещение бойка 2, перекрывающего окно 3 в поршне (рис. 21.3, а).

После прекращения нажатия на корпус бур вместе с бойком опускается в держателе вниз. При возвратно-поступательном движении поршня 1 камера между ним и бойком сообщается через окно 3 с атмосферой, и разрежения в нем не происходит, а следовательно, боек остается в нижнем неподвижном положении.

Механизмы вращения бура могут быть *кинематическими* и *динамическими*. В кинематическом механизме вращение бура 5 (рис. 21.3, б)

передается от электродвигателя 1 через систему зубчатых передач 2 и 4. Для ограничения крутящего момента, во избежание получения оператором травм при заклинивании бура, в трансмиссию вводят предохранительную шариковую или дисковую муфту 3.

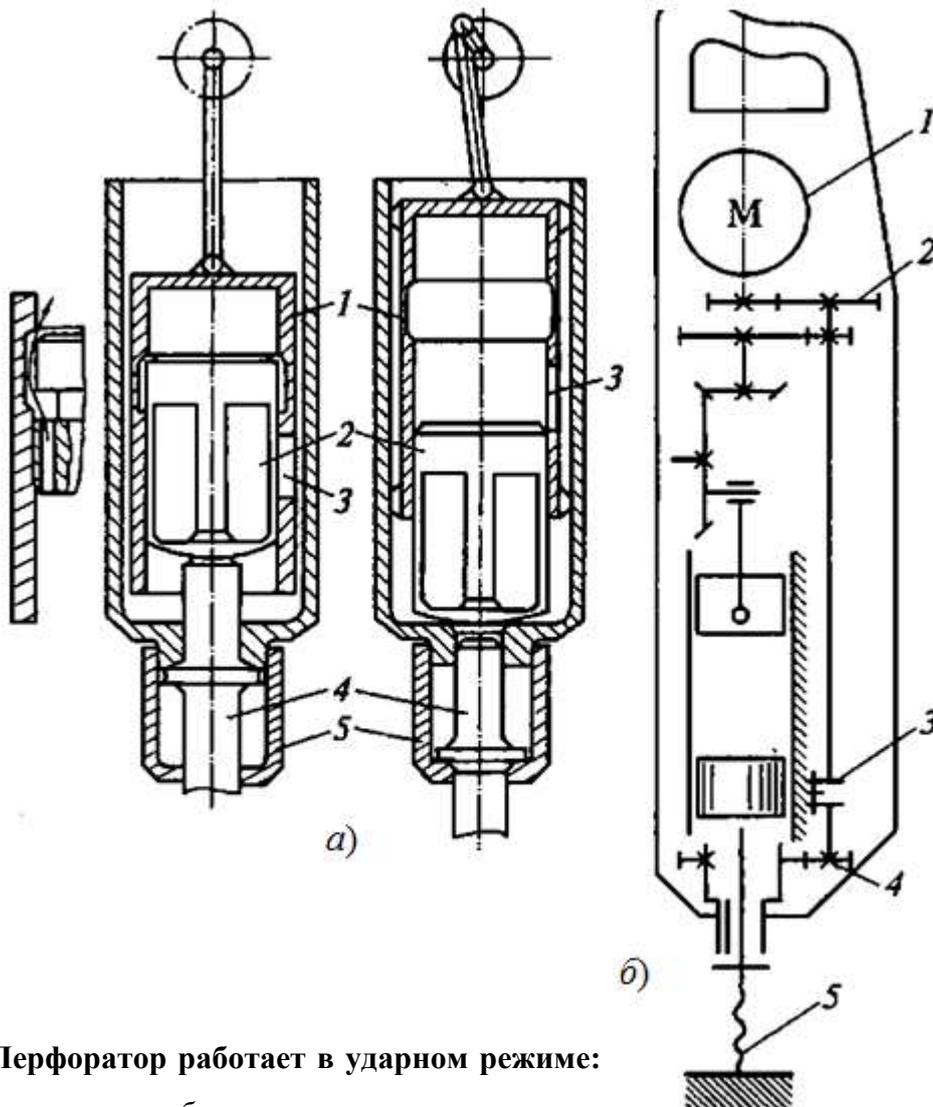


Рис. 21.3. Перфоратор работает в ударном режиме:

а- схема переключения; *б-* кинематическая схема

На рис. 21.4 приведена принципиальная схема динамического поворотного механизма с импульсным поворотом вставленного в буксу 6 бура 7 на некоторый угол во время холостого хода бойка 5. Последний соединен подвижным шлицевым соединением с поворотной буксой 6, свободно посаженной в корпус перфоратора 1, и винтовым соединением со стержнем 4, на конце которого закреплено храповое колесо 2 с собачкой 3. При движении вверх боек вместе с буксой проворачивается на застопоренном храповом

механизмом винтовом стержне 4, при движении вниз срабатывает храповой механизм, позволяя провернуться винтовому стержню вместе с храповым колесом.

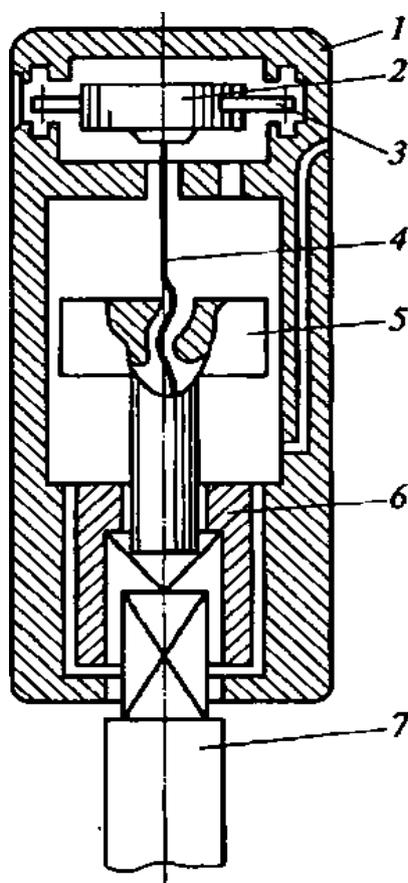


Рис. 21.4. Динамический поворотный механизм перфоратора.

В электромагнитных перфораторах, называемых также *фугальными*, вращение бура 1 (рис. 21.5) с буксой 2 передается от электродвигателя бчерез редуктор 7 с муфтой предельного момента 3, срабатывающей при заклинивании бура. Возвратно- поступательное движение бойка 4с ударами по хвостовику рабочего органа осуществляется переменным магнитным полем от катушек 5.

Пневматические перфораторы отличаются от электромеханических типом двигателя пневмодвигателем, работающим от компрессора. В частности, в перфораторах с динамическим поворотным механизмом основное движение - возвратно-поступательное перемещение бойка-поршня обеспечивается попеременной подачей сжатого воздуха в поршневую и штоковую полости.

Импульсное вращение рабочему органу передается, как и у электромеханического перфоратора, через винтовую пару и храповой механизм.

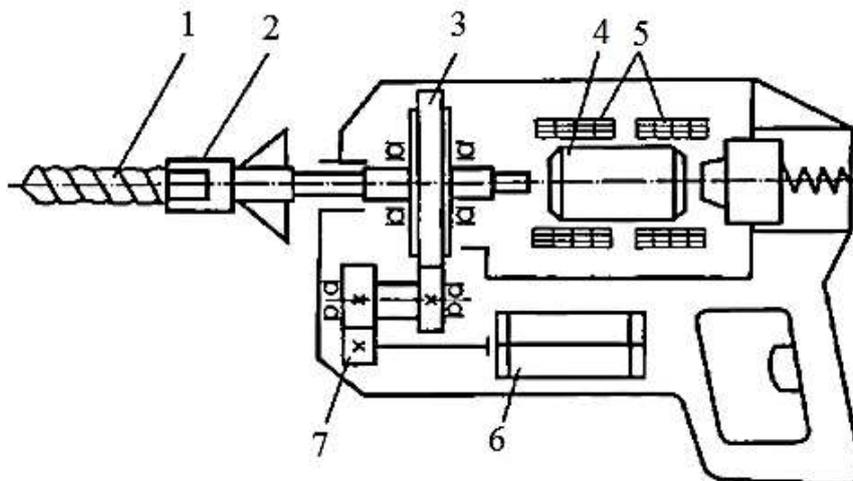


Рис. 21.5. Принципиальная схема устройства перфоратора.

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 частоударной машины. По сравнению с частоударными гайковертами аналогичного класса они имеют меньшую (на 15...35%) мощность двигателя, габаритные размеры, массу машины (на 20...40%), больший (в 2...3 раза) к.п.д. процесса затяжки, пониженный уровень шума и практически вибробезопасны.

Редкоударные гайковерты отличаются от частоударных 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

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.

Редкоударные гайковертыобладают большей точностью. Основным их параметром является энергия удара, составляющая около 25 Дж. По сравнению с частоударными машинами они имеют меньшую массу (на 20...40%) и более высокий КПД. Их применяют для сборки резьбовых соединений диаметром 22...52 мм при тарированном моменте затяжки 400... 5000 Н м. Продолжительность сборки одного соединения составляет 3... 8 с.

В пневматическом редкоударном гайковерте (рис. 21.6) ведущая часть 4 ударного механизма приводится во вращение от пневматического ротационного двигателя. Ведомая часть (ударник) 3 посажена свободно на валик 7 и может перемещаться по нему в осевом направлении. В нерабочем состоянии ударник, отжимаемый пружиной 2, занимает крайнее правое положение. При включенном двигателе контактирующие с ведомой частью шарики (центробежные грузы) бприходят во вращение и за счет возникающих при этом центробежных сил перемещаются центробежно в радиальном направлении, отжимая ударник, который кулачками на его торцовой поверхности ударом входит в зацепление с кулачками шпинделя 1. В начале процесса, когда сопротивление вращению шпинделя невелико, деталь резьбового соединения завинчивается без отключения шпинделя от ударника. В

конце затяжки, с возрастанием сопротивления вращению, скорость шпинделя и ударника уменьшается, вследствие чего снижаются также окружная скорость центробежных грузов и действующие на них центробежные силы, и грузы перемешаются центростремительно.

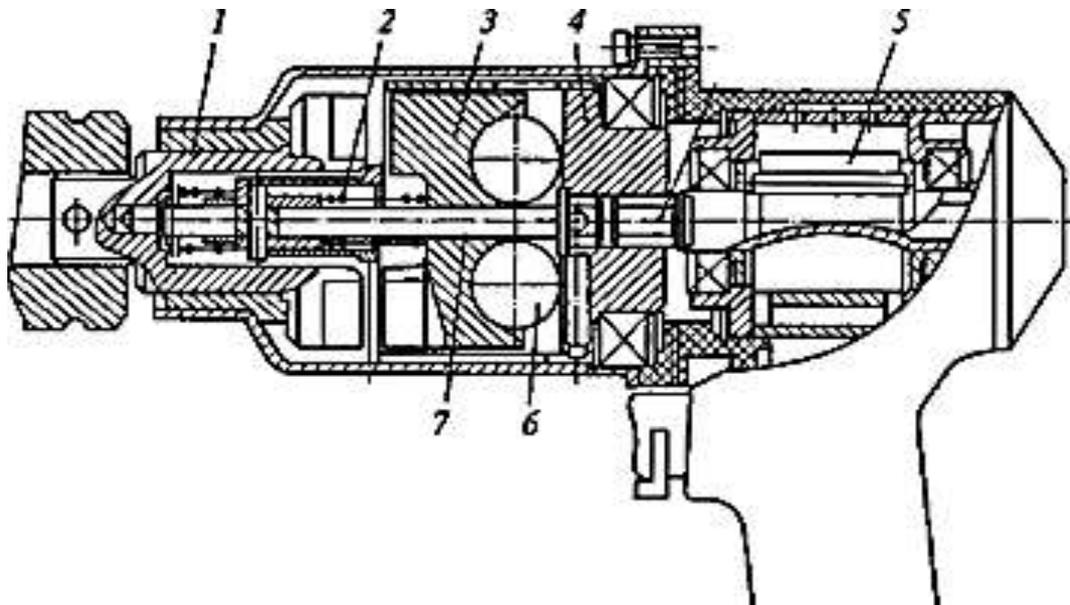


Рис. 21.6. Пневматический редкоударный гайковерт.

При этом пружина 2 перемещает ударник вправо, выводя его кулачки из зацепления с кулачками шпинделя. Освободившись от внешней нагрузки, ударник приходит в ускоренное вращение, и процесс ударного включения и отключения кулачкового соединения повторяется.

Для сборки резьбовых соединений диаметром 100...200 мм, например, при монтаже крупного технологического оборудования, применяют гайковерты с гидравлическим приводом, питаемые централизованно от насосной станции.

Монтажные сборочные молотки или пистолеты применяют для забивки крепежных изделий (гвоздей, скоб, дюбелей). Крепежное изделие вставляют в ствол пистолета и одноразовым воздействием на него поршня-ударника забивают его в деревянное, металлическое, кирпичное или бетонное основание. В зависимости от вида привода различают пороховые, пневматические и электромагнитные молотки.

Пороховые молотки (рис. 21.7) предназначены для забивки дюбелей различного исполнения (дюбель-гвоздь, дюбель-винт с винтовой нарезкой хвостовика) в бетон до марки 400 включительно, сталь с пределом прочности до 450 МПа, кирпич. В работе порохового молотка используется принцип действия огнестрельного оружия.

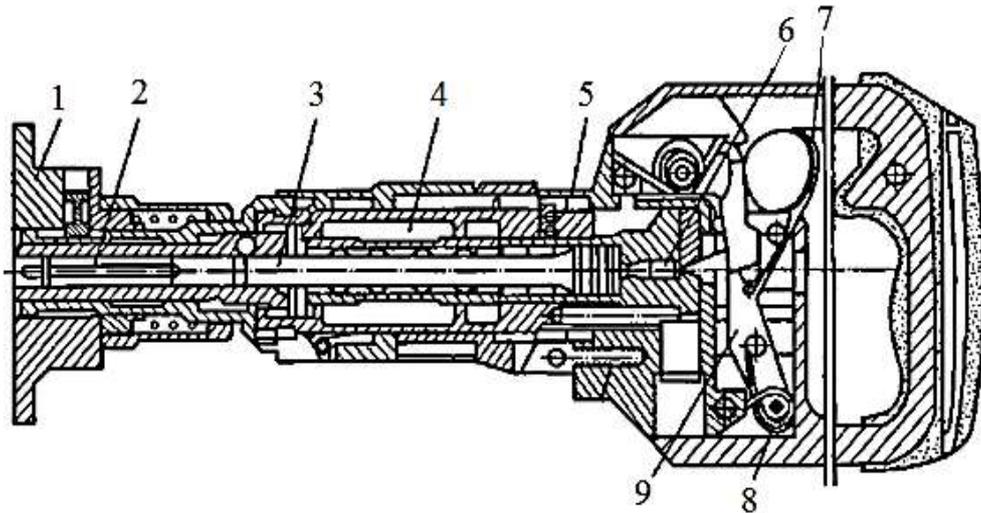


Рис 21.7. Пороховой строительно-монтажный пистолет.

Дюбель 2 и пороховой патрон бзакладывают в ствол 5. Далее молоток прижимают установленным на переднем конце прижимом 1 к основанию, предназначенному для забивки дюбеля, и нажимают на спусковой рычаг 7. Под действием пружины 8 рычаг 9 ударяет острием наконечника в капсулю патрона, вследствие чего находящееся в нем воспламеняющееся от удара вещество поджигает порох. Образующиеся при этом пороховые газы, увеличиваясь в объеме, выталкивают из ствола поршень 3, который ударяет по хвостовику дюбеля, внедряя его в основание. После перемещения поршня в переднюю часть ствола полость последнего соединяется с камерой 4, через которую отработанные пороховые газы выбрасываются в атмосферу.

Тип патронов выбирают в зависимости от размеров забиваемых дюбелей и механических свойств оснований. Пороховые молотки комплектуют сменными стволами и поршневыми группами соответственно размерам дюбелей.

Клепальные молотки предназначены для установки заклепок диаметром до 36 мм в отверстия соединяемых клепкой металлических конструкций и их пластического деформирования (осаживания) в холодном и горячем состояниях с образованием замыкающей головки. В качестве рабочего инструмента используют *обжимки*. Молотки работают в виброударном режиме. Наибольшее распространение получили *пневматические клепальные молотки* (рис.21.8), представляющие собой поршневые двухкамерные машины, обычно с клапанной системой воздухораспределения. Основными параметрами молотков являются: энергия единичного удара, частота ударов, ударная), представляющие собой поршневые двухкамерные машины, обычно с клапанной системой воздухораспределения. Основными параметрами молотков являются: энергия единичного удара, частота ударов, ударная мощность и удельный расход воздуха.

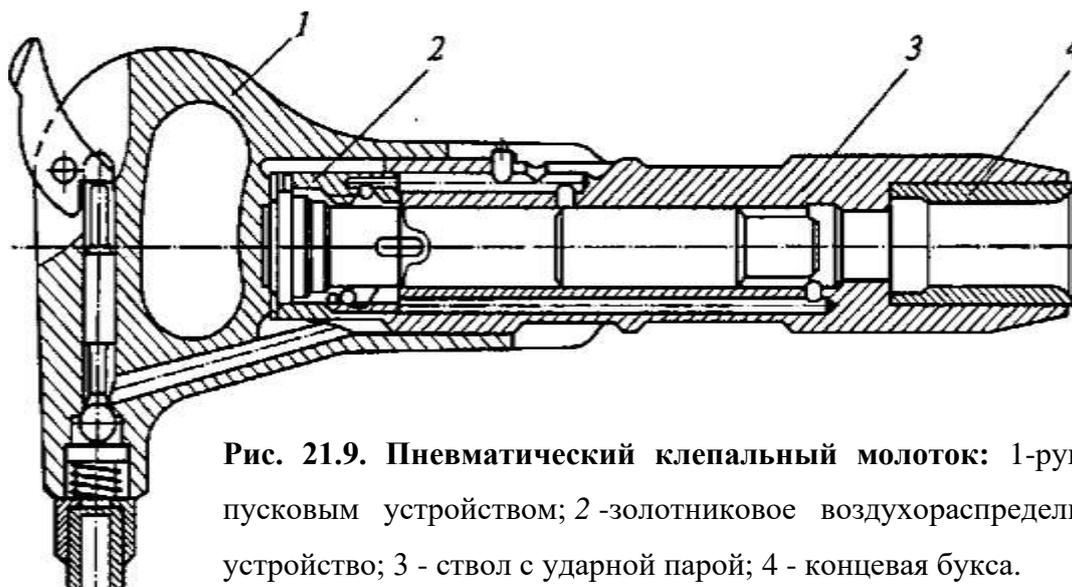


Рис. 21.9. Пневматический клепальный молоток: 1-рукоятка с пусковым устройством; 2-золотниковое воздухораспределительное устройство; 3 - ствол с ударной парой; 4 - концевая букса.

Для молотков холодной клепки с использованием заклепок из алюминиевых сплавов и малоуглеродистой стали Ст1 кп значения этих параметров составляют до 13 Дж; 30...45 Гц; до 400 Вт; 2,45 м³/(мин/кВт); для молотков горячей клепки с использованием заклепок из стали 20кп - соответственно 22,5...70 Дж; 8... 18 Гц; 400...560 Вт; 2,45 м³/(мин/кВт). В последнее время созданы клепальные молотки с гидроприводом.

21.3. Ручные машины для шлифования материалов.

Ручные шлифовальные машины по объему выпуска занимают второе место после ручных сверлильных машин, что объясняется большим разнообразием выполняемых ими операций и возможностью обработки самых различных материалов. Ими зачищают поверхности, сварочные швы, снимают грат после газовой резки металла, режут трубы и профильный металл, снимают фаски под сварку листового металла и труб, удаляют наплывы на металле, шлифуют металлические изделия, а также мрамор, гранит, зачищают ступени лестничных маршей и т. п.

Ручные шлифовальные машины относятся к *непрерывно-силовыми* могут быть с *вращательным, замкнутыми* сложными движениями рабочего органа. В качестве приводов используют пневматические и *электрические* двигатели всех трех классов защиты от поражения электрическим током.

По конструктивному исполнению шлифовальные машины могут быть: с *вращательным движением* рабочего органа *прямыми, угловыми, торцовыми* и с *гибким валом*, машины с *замкнутым движением барабанного типа*, машины со *сложным движением площадочного типа*.

В строительстве используют преимущественно машины вращательного движения. В качестве рабочего инструмента в прямых и угловых машинах и головках (в случае машин с гибким валом) применяют *абразивные круги, эластичные диски, металлические щетки*, а также *войлочные, фетровые и хлопчатобумажные круги*, реже *шлифовальные шкурки* на матерчатой основе. Главным параметром прямых и угловых машин и головок является *диаметр абразивного круга* (40... 160 мм - для прямых и 80...230 мм - для угловых).

Шлифовальная машина с гибким валом (рис. 21.9, а) состоит из вынесенного электродвигателя 7 и двух сменных головок - прямой (рис. 21.9, б) и угловой (рис. 21.9, в). Вращательное движение шлифовальным головкам от электродвигателя передается гибким валом 3, который соединен с двигателем кулачковой муфтой 2 одностороннего вращения. В случае включения двигателя

на реверсивное движение муфта отключает гибкий вал от двигателя, предохраняя его от возможного повреждения при таком включении. Другой конец гибкого вала соединяется с одной из указанных выше шлифовальных головок. Оператор удерживает шлифовальную головку за рукоятку 5 (см. рис. 21.9, б и в), облицованную виброзащитным слоем на резиновой основе.

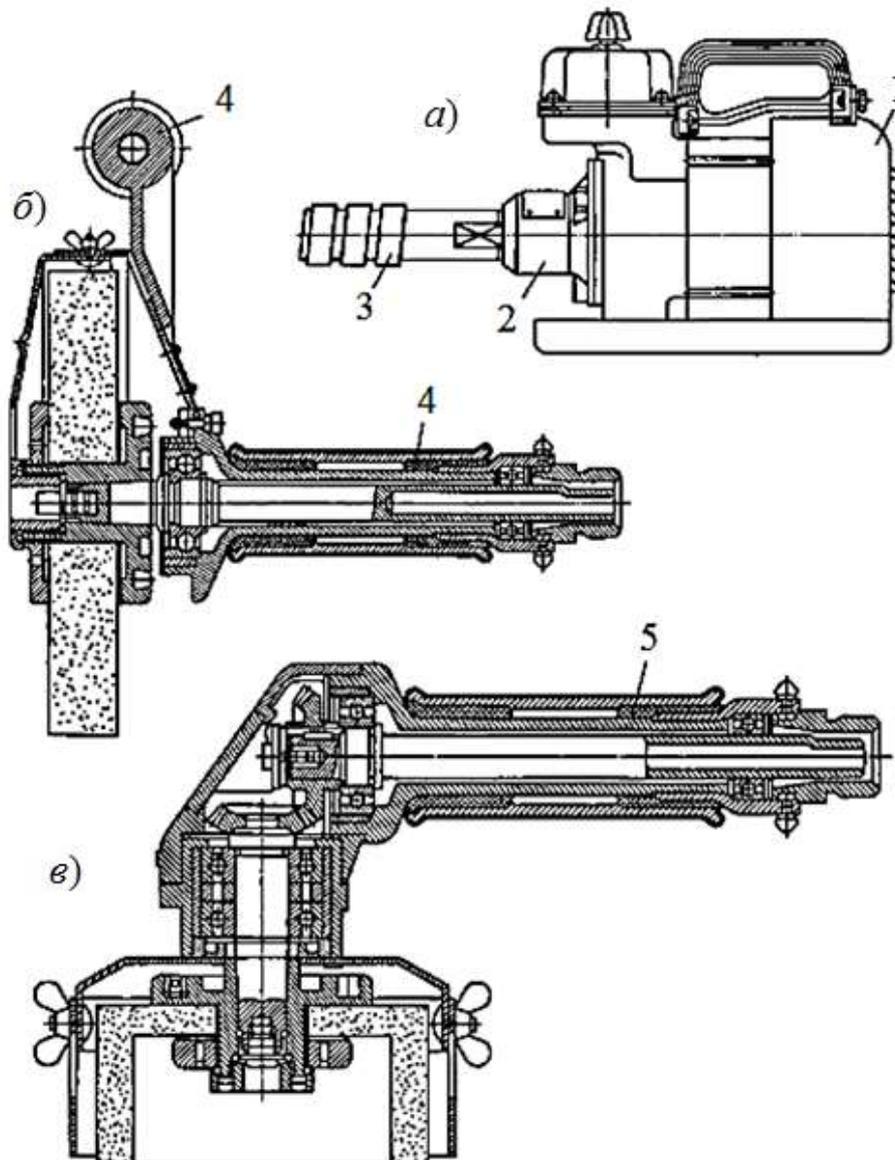


Рис. 21.9. Ручная шлифовальная машина с гибким валом (а) и прямой (б) и угловой (в) сменными головками.

Прямая головка снабжена, кроме того, дополнительной рукояткой 4 для прижатия рабочего инструмента к обрабатываемой поверхности.

Эффективность работы шлифовальных машин в значительной мере зависит от режима работы, прежде всего, от стабилизации частоты вращения рабочего органа при изменении внешней нагрузки, а также от прочности и износостойкости рабочего инструмента. В машинах с асинхронными электрическими двигателями стабильность частоты вращения обеспечивается жесткой механической характеристикой самого двигателя, а в машинах с коллекторными двигателями, имеющими мягкую механическую характеристику, для этой цели применяют электронные регуляторы, дублированные независимыми центробежными предохранительными устройствами. Их устанавливают на валу якоря двигателя. Они отключают питание двигателя от сети при превышении номинальной частоты вращения более чем на 15 %. Эта мера вызвана необходимостью предотвратить разрыв шлифовального круга при предельной частоте его вращения на холостом ходу в случае выхода из строя электронного регулятора.

В машинах с пневматическими двигателями частоту вращения стабилизируют центробежными регуляторами δ , частично перекрывающими входное отверстие для сжатого воздуха, поступающего в двигатель, при повышении его частоты вращения и тем самым уменьшающим последнюю.

Шлифовальные круги используют в качестве основного вида рабочего инструмента при работе шлифовальных машин с вращательным движением рабочего органа. Они состоят из естественных или искусственных абразивных кристаллов высокой твердости и прочности и керамической, бакелитовой или вулканитовой связок. Круги с керамической связкой обладают высокой прочностью и износостойкостью, не засаливаются и легко режут металл, но чувствительны к ударным нагрузкам и нагрузкам на изгиб и не применяются для работы с окружной скоростью более 35 м/с. Крути с бакелитовой связкой обладают высокой прочностью и упругостью, что позволяет изготавливать их толщиной менее 1 мм и работать со скоростью до 75 м/с при выполнении отрезных операций. Круги с вулканитовой связкой более упруги, они

эластичны, обладают высокой режущей способностью, но имеют низкую теплостойкость, из-за чего их рабочие скорости не превышают 18 м/с.

Для резки различных материалов применяют *армированные отрезные круги*, состоящие из электрокорунда или карбида кремния, бакелитовой связки, стеклосетки и металлической втулки для точной посадки круга на шпиндель машины. Допустимая скорость этих кругов 80...110 м/с. Армированные круги обладают повышенной стойкостью на излом при боковых нагрузках. При резке круг подают на разрезаемую деталь так, чтобы плоскость его вращения была перпендикулярна разрезаемой поверхности, а при зачистке угол между плоскостью вращения круга и зачищаемой поверхностью должен быть в пределах 15...40°.

Плоско и ленточно-шлифовальные машины применяют для выполнения доводочных работ. В *плоскошлифовальной машине* рабочий орган в виде платформы с закрепленной на ней шлифовальной шкуркой совершает сложное, возвратно-поступательное или орбитальное плоскопараллельное движение в плоскости обработки. Основными параметрами этих машин являются размер платформы и частота возвратно-поступательных движений.

Рабочим органом *ленточно-шлифовальной машины* является натянутая на два барабана (приводной и натяжной) бесконечная абразивная лента, совершающая движение по замкнутой траектории. Основными параметрами этих машин являются размеры абразивной ленты и скорость ее движения. Оба типа машин оборудуют устройствами для отсоса пыли - продуктов шлифования.

21.4. 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.

Деревообрабатывающая машина (рис. 21.10, а) 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 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°, угол распила без поворота стола может составлять 0...45°. 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.

Машина обеспечивает наибольшую глубину пропила 45 мм, ширину строгания за один проход 200 мм, наибольшую глубину строгания за один проход 2 мм. 581 Распиловочная машина (рис. 21.10, б) 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.

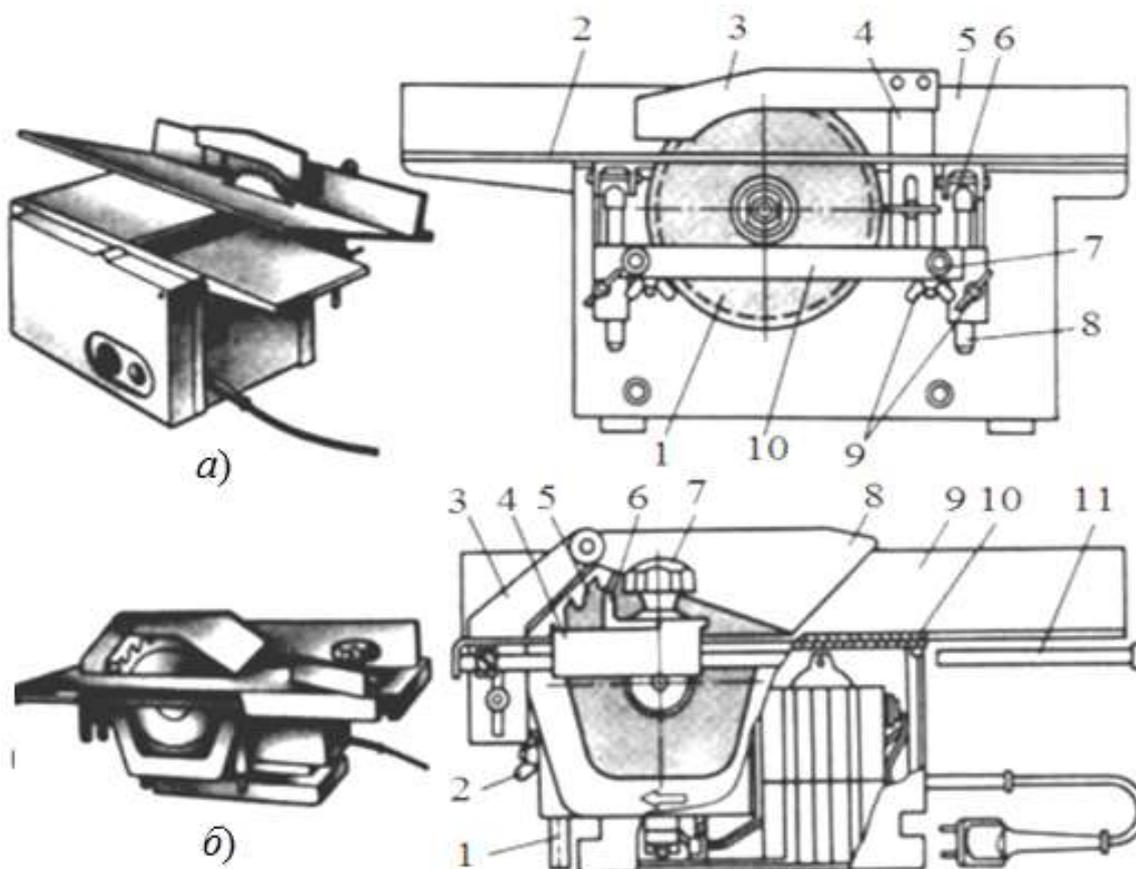


Рис. 21.10. Машины для распиловки и обработки древесины: а – деревообрабатывающая машина; б – распиловочная машина

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 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.

Рубанки (рис. 21.11) предназначены для строгания различных деревянных изделий. Рабочим органом служит вращающийся барабан 8 с закрепленными на его периферии двумя ножами, приводимый в движение электродвигателем 4 через клиноременную передачу или зубчатый редуктор. Корпус 2 рубанка с рукояткой 6 и пусковым устройством 5 в задней части опирается на заднюю плиту 7 и переднюю опору 1. Толщину снимаемой стружки регулируют винтом 3, изменяющим высотное положение опоры 1.

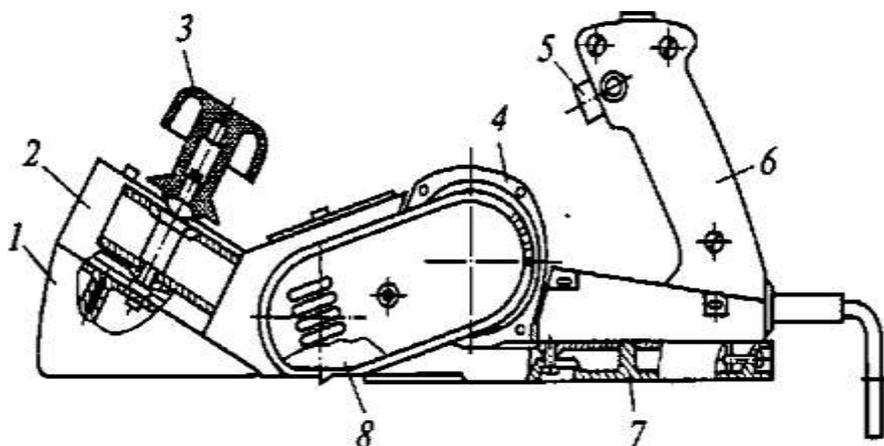


Рис. 21.11. Электрорубанок.

Основными параметрами рубанков являются ширина (75...160 мм) и глубина (1...3 мм) строгания за один проход. Для строгания рубанок перемещают вручную по обрабатываемой поверхности в пределах захватки, после чего его возвращают на исходную позицию для строгания смежной полосы или повторного прохода по прежней полосе. Рубанок можно использовать также в стационарном варианте, установив его неподвижно на верстаке ножами вверх и перемещая вдоль него обрабатываемую деталь. Для этого верстак оборудуют горизонтально установленными плоскими направляющими строго в плоскости опорных плит рубанка.

Рабочие органы машин для обработки древесины имеют множество острых кромок, движущихся с высокой скоростью, в связи с чем эти машины являются средствами повышенной опасности. В числе мер их безопасной эксплуатации органы управления этими машинами выполняют таким образом, чтобы движение рабочему органу передавалось только при удержании пускового устройства (курка, рукоятки) пальцем руки оператора, а при его отпуске машина останавливалась бы. Эта мера исключает возможность работы неуправляемой машины. Защитные кожухи пил и стационарных рубанков закрывают рабочие органы и инструменты на холостом ходу. По окончании процесса резания они автоматически возвращаются в исходное положение.

Эксплуатационная производительность деревообрабатывающих машин определяется по формуле:

$$P_3 = b \cdot h \cdot v_{\text{п}} \cdot K_y \cdot K_b; \text{ м}^3/\text{с} \quad (21.1)$$

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), м; $v_{\text{п}}$ – скорость подачи рабочего органа, м/с; K_y – коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки древесины; K_b – коэффициент использования машины по времени.

Пневматический инструмент. При производстве строительно-монтажных и отделочных работ получили пневматические ручные машины, источником энергии которых 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 к.п.д. (8...16%) и расходуют электроэнергии в среднем в 7...9 раз больше (поскольку для привода компрессора необходим двигатель большой мощности), а также требуют дополнительных эксплуатационных расходов на сооружение трубопроводов – воздухопроводов с приборами для очистки воздуха и на обслуживание компрессорной установки. По принципу действия различают вращательные, ударные и ударно-вращательные пневмомашинны.

Пневматические машины ударного действия. Молотки различного назначения (отбойные, рубильные и клепальные) и ломы аналогичны по конструкции. Принцип их действия основан на преобразовании энергии сжатого воздуха в механическую работу поршня-бойка, движущегося возвратно-поступательно в цилиндре ствола машины и наносящего периодические удары по хвостовику рабочего инструмента. Возвратно-поступательное движение поршня-бойка обеспечивается с помощью воздухораспределительного устройства клапанного или золотникового типа, приводимого в действие сжатым воздухом. Воздухораспределительное устройство осуществляет впуск сжатого воздуха в цилиндр ствола поочередно в камеры прямого (рабочего) и обратного хода поршня-бойка и выпуск отработанного воздуха в атмосферу. Сжатый воздух к воздухораспределителю подается через пусковое устройство. К группе пневматических инструментов ударного действия, рабочий орган которых совершает поступательно-возвратное движение, относятся отбойные, рубильные и клепальные молотки, бетоноломы и т.п. Современные пневмомолотки и ломы – комплексно виброзащищенные машины, у которых ударный узел отделен от корпуса, удерживаемого оператором, упругими

элементами. Они оснащены глушителями для снижения уровня шума. Основными параметрами являются энергия единичного удара и частота ударов. Отбойные молотки используются при разработке карьеров камня и глины, при разработке мерзлого грунта, для пробивки отверстий, проемов, углублений и борозд в стенах и перекрытиях, при разработке старых сооружений, а также для разборки бетонной кладки и дорожных покрытий. Отбойные молотки имеют широкое распространение в угольной и горнорудной промышленности. На рис. 21.12, *a* показан отбойный молоток с автоматическим пусковым устройством и воздушным затвором золотникового типа. При нажатии на рукоятку 1 пружины 2 возврата рукоятки и пружина 4 золотникового затвора сжимаются, и золотник 3 затвора открывается.

Как только нажатие на рукоятку прекратится, рукоятка под действием пружин возврата отжимается, а под действием пружины 4 золотник перекрывает воздушные каналы, прекращая подачу воздуха в инструмент. Рабочий наконечник 8 воспринимает удары поршня-бойка 5 и передает его обрабатываемому материалу.

Наконечник обычно состоит из трех частей: собственно рабочей части наконечника – пики, коронки, зубила и т.п.; хвостовика 6, служащего для закрепления наконечника в буксе 7 и для восприятия удара от бойка. Рабочие наконечники изготавливают из высокоуглеродистых инструментальных сталей.

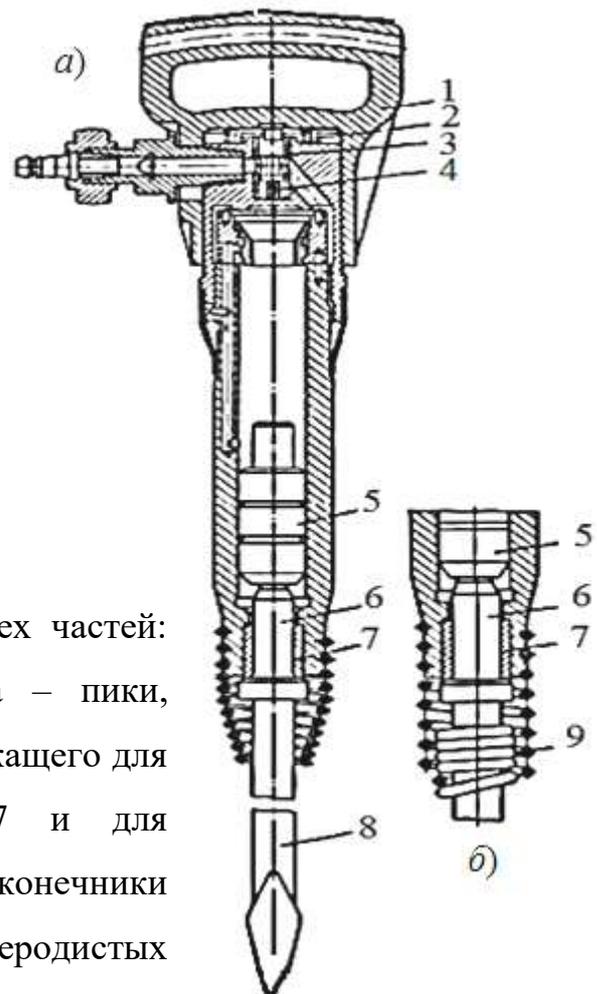


Рис. 21.12. Отбойный молоток (бетонолом):
a – общее устройство; *б* – приспособление для удержания наконечника.

Наконечники, работающие в тяжелых условиях (например, при обработке весьма крепких камней), изготавливают из легированных инструментальных сталей с последующей специальной термообработкой. С целью увеличения стойкости и уменьшения износа наконечников применяется электроискровое упрочнение острия наконечника твердыми сплавами. Концевые буксы и удерживающие приспособления (рис. 21.12,б) служат для закрепления рабочего наконечника в инструменте и создания ему определенного направления при работе. Наиболее простым удерживающим приспособлением является пружина 9 специальной навивки. Отбойные молотки рассчитаны на рабочее давление воздуха 0,5...0,6 МПа; ударник молотка делает 700...2400 ударов в 1 мин, причем более мощные и тяжелые инструменты имеют меньшее число ударов. Работа одного удара составляет 30...50 Н·м, а расход свободного воздуха – 1,3...1,4 м³/мин; масса молотка 8...10 кг.

Лопаты-ломы (бетоноломы). По конструкции и принципу действия бетоноломы сходны с отбойными молотками, но мощнее их и предназначены для выполнения более тяжелых работ. Лопаты-ломы снабжаются двумя следующими сменными рабочими инструментами: лопатой и ломом. Рабочее давление воздуха – 6 ат, число ударов – 900...1200 в 1 мин, работа одного удара – 70...80 Н·м, расход свободного воздуха – 1,2...1,6 м³/мин, масса лопатылома – 18...30 кг

Выбор компрессора и расчет воздухоподводящей сети. Расчетная производительность компрессора для питания группы пневмомашин

$$P_k = \sum Q_i \cdot n_i \cdot k_1 \cdot k_2, \text{ м}^3/\text{с} \quad (21.2)$$

где $\sum Q_i = Q_{1C_1} + Q_{2C_2} + Q_{3C_3} + Q_{4C_4} \dots + Q_{nC_n}$ – суммарный расход воздуха машинами; $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, \dots, Q_n$ – расход воздуха одной машиной, м³/с; $C_1, C_2, C_3, C_4, \dots, C_n$ – количество однотипных машин; k_1 – коэффициент одновременности работы машин; при изменении количества одновременно работающих машин с 2 до 30 k_1 уменьшается от 0,9 до 0,53; k_2 – коэффициент, учитывающий потери воздуха в магистралях, шлангах и машинах ($k_2 = 1,2 \dots 1,35$).

Минимально допустимый диаметр питающего трубопровода или шланга:

$$d = 88^2 \sqrt{Q_{\text{ЭКВ}}^2 \cdot L_{\text{ЭКВ}} / \Delta_p}, \text{ мм} \quad (21.3)$$

где $Q_{\text{ЭКВ}}$ – расход воздуха на данном участке, м³ /мин; $\Delta_p = 15,0 \dots 1,0$ – минимально допустимые потери давления, Па; $L_{\text{ЭКВ}} = l_{\text{Г}} + l_{\text{М}}$ – эквивалентная длина участка, м; $l_{\text{Г}}$ – геометрическая длина участка, м; $l_{\text{М}}$ – местные потери давления в арматуре, м.

Контрольные вопросы.

1. Какие машины относятся к ручным? Приведите их классификацию по принципу действия, характеру движения рабочего органа, режиму работы, назначению и области применения, виду привода, конструктивному исполнению. Как индексируют ручные машины?

2. Охарактеризуйте классы защиты ручных электрических машин. Каким требованиям должна отвечать ручная машина?

3. Какие машины применяют для образования отверстий в различных материалах? Как устроены, как работают и каковы основные параметры ручных сверлильных машин вращательного и ударно-вращательного действия; ручных электромеханических, электромагнитных и пневматических перфораторов.

4. Какие машины применяют для крепления изделий и сборки конструкций? Как устроены, как работают и каковы основные параметры частоударных и редкоударных гайковертов, шуруповертов, резьбонарезных машин; пороховых, пневматических гвоздезабивных, электромагнитных и клепальных молотков?

5. Какие машины применяют для шлифования материалов? Как устроены, как работают и каковы основные параметры пневматических и электрических шлифовальных машин, машин с гибким валом, плоскошлифовальных и ленточно-шлифовальных машин? Для чего и как стабилизируют частоту вращения рабочего органа шлифовальной машины? Какими рабочими инструментами комплектуют шлифовальные машины? Охарактеризуйте их.

6. Каковы особенности управления деревообрабатывающими машинами, связанные с обеспечением их безопасной работы?.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Борисов Ю. М., Соколов М.М. Электрооборудование подъемно-транспортных машин: Учеб. для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1971. - 376 с.
2. Вайнсон А. А. Подъемно-транспортные машины: Учеб. для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1989. - 536 с.
3. Васильев А. А. Дорожные машины: Учеб. для техникумов.-3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1987. - 416 с.
4. Волков С.А., Евтюков С.А. Строительные машины. Учебник. Изд. ДНК. Санкт-Петербург. 2012 г.
5. Волков Д.П., Крикун В.Я. Строительные машины и средства малой механизации. Учебник для вузов. Изд. Мастерство. Саратов. 2002 г.
6. Vafoyev S.T. Qurilish mashinalari. Darslik. Tashkent-2014 y.
7. Давидович П. Я., Крикун В. Я. Траншейные роторные экскаваторы. - М: Недра, 1974. - 320 с.
8. Добронравов С. С. Строительные машины и оборудование: Справочник. - М.: Высш. шк., 1991. — 456 с.
9. Дроздов А. Н. Ручные машины для строительно-монтажных работ: Учеб. пособие. - М.: МГСУ, 1999. - 252 с.
10. Евдокимов В. А. Механизация и автоматизация строительного производства: Учеб. пособие для вузов. - JL: Стройиздат. Ленингр. отд. 1985. - 195 с.
11. Колесниченко В. В. Справочник молодого машиниста бульдозера, скрепера, грейдера. - М.: Высш. шк., 1988. - 224 с.
12. Мартынов В.Д., Алешин Н.И., Морозов Б. П. Строительные машины и монтажное оборудование: Учеб. для вузов. - М.: Машиностроение, 1990. - 352 с.
13. Невзоров Л.А., Гудков Ю.И., Полосин М.Д. Устройство и эксплуатация грузоподъемных кранов: Учеб. для нач. проф. образования. - М. Изд. центр «Академия», 2000. - 448 с.

14. Панкратов Г. П. Двигатели внутреннего сгорания, автомобили, тракторы и их эксплуатация. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1984. 296 с.
15. Раннеев А. В. Одноковшовые строительные экскаваторы: Учеб. - М.: Высш. шк., 1991.
16. Раннеев А. В., Полосин М.Д. Устройство и эксплуатация дорожно-строительных машин: Учеб. для нач. проф. образования. - М. Изд. центр «Академия», 2000. - 488 с.
17. Сидоров В. И. Автоматизация работы строительных машин: Учеб. для техникумов. - М.: Стройиздат, 1989. - 240 с.
18. Строительные машины: Учеб. для вузов / Д.П.Волков, Н.И.Алешин,
19. Хархута Н.Я. Машины для уплотнения грунтов. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд.1973- 176 с.
20. Шкундин Б. М. Оборудование для гидромеханизации земляных работ. - М.: Энергия, 1970. - 240 с.
21. Экскаваторы непрерывного действия: Учеб. пособие 3. Е. Гарбузов, В. М.Донской и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк.,1980. 303 с

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава 1. Общие сведения о механизации и автоматизации строительства	6
1.1. Основные виды строительных работ, их механизация и основные показатели оценки ее уровня.....	6
1.2. Основные термины и определения.....	9
Глава 2. Общие сведения о строительных машинах и оборудовании	12
2.1. Исторические сведения о развитии строительных машин.....	12
2.2. Определения строительных машин и оборудований.....	15
2.3. Параметры машины. Типоразмер и модель.....	17
2.4. Общая классификация строительных машин.....	18
2.5. Устройства строительных машин и оборудований.....	22
2.6. Производительность строительной машины.....	24
2.7. Общие требования к строительным машинам.....	27
2.8. Пути развития и повышения качества строительных маш.....	29
Глава 3. Приводы и силовое оборудование строительных машин	33
3.1. Общие понятия и определения.....	33
3.2. Двигатели внутреннего сгорания.....	35
3.3. Электрические двигатели.....	40
Контрольные вопросы	42
Глава 4. Системы управления строительных машин	43
Контрольные вопросы	53
Глава 5. Гидравлические и пневматические приводы	54
5.1. Гидравлические приводы.....	54
5.2. Пневматический привод.....	69
Контрольные вопросы	73

Глава 6. Ходовое оборудование строительных машин.....	75
6.1. Виды ходового оборудования и их характеристики.....	75
6.2. Гусеничное ходовое оборудование.....	78
6.3 Пневмоколесное и рельсовые ходовое оборудование.....	81
6.4. Тяговые расчеты.....	88
Контрольные вопросы.....	91
Глава 7. Транспортирующие машины и оборудование.....	93
7.1. Ленточные, пластинчатые конвейеры и элеваторы.....	93
7.2. Пневмотранспорт сыпучих материалов.....	96
Контрольные вопросы.....	100
Глава 8. Машины для земляных работ, общие сведения.....	102
8.1. Виды земляных сооружений.....	102
8.2. Способы разработки грунтов.....	103
8.3. Свойства грунтов, влияющие на трудность их разработки.....	107
8.4. Взаимодействие рабочих органов землеройных машин с грунтом.....	112
8.5. Общая классификация машин и оборудования для разработки грунтов.....	123
Контрольные вопросы.....	125
Глава 9. Одноковшовые экскаваторы.....	126
9.1. Общие сведения.....	126
9.2. Строительные экскаваторы.....	129
9.3. Гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием обратная лопата.....	135
9.4. Гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием прямая лопата.....	148
9.5. Погрузочное рабочее оборудование.....	150
9.6. Гидравлические грейферы.....	151
9.7. Экскаваторы-планировщики.....	155
9.8. Оборудование для рыхления грунтов.....	158

9.9. Неполноповоротные гидравлические экскаваторы.....	160
9.10. Экскаваторы с гибкой подвеской рабочего оборудования. (канатные экскаваторы).....	163
Контрольные вопросы.....	174
Глава 10. Экскаваторы непрерывного действия.....	177
10.1. Общие сведения.....	177
Контрольные вопросы.....	186
11. Землеройно-транспортные машины.....	188
11.1. Общие сведения.....	188
11.2. Скреперы.....	189
11.3. Бульдозеры.....	197
11.4. Автогрейдеры.....	209
Контрольные вопросы.....	216
Глава 12. Бурильные машины.....	218
12.1. Способы бурения. Буровой инструмент.....	218
Контрольные вопросы.....	227
Глава 13. Машины для разработки прочных и мерзлых грунтов.....	228
13.1. Общие сведения о машинах и оборудований для разработки прочных и мерзлых грунтов.....	228
Контрольные вопросы.....	242
Глава 14. Машины для уплотнения грунтов.....	243
14.1. Общие сведения о грунтоуплотняющих машинах.....	243
Контрольные вопросы.....	261
Глава 15. Технические средства для гидромеханизации.....	263
15.1. Общие сведения.....	263
Контрольные вопросы.....	276
Глава 16. Машины и оборудование для погружения свай.....	278
16.1. Способы устройства свайных фундаментов.....	278

Контрольные вопросы.....	307
Глава 17. Машины и оборудование для переработки каменных материалов.....	308
17.1. Общие сведения.....	308
17.2. Машины для измельчения (дробления) каменных материалов.....	309
17.3. Сортировочные машины.....	324
17.4. Гидравлические классификаторы и моечные машины.....	330
Контрольные вопросы.....	332
Глава 18. Машины и оборудование для приготовления бетонных смесей и строительных растворов.....	334
18.1. Дозаторы.....	334
18.2. Смесительные машины для приготовления бетонных смесей и растворов.....	340
Контрольные вопросы.....	356
Глава 19. Машины и оборудование для бетонных работ.....	358
19.1. Бетононасосные установки.....	358
19.2. Машины и оборудование для укладки и распределения бетонной смеси.....	365
19.3. Оборудование для уплотнения бетонной смеси.....	368
Контрольные вопросы.....	372
Глава 20. Машины для изготовления арматурных изделий.....	373
20.1. Станки для резки арматурной стали.....	373
20.2. Правильно-отрезные станки.....	377
20.3. Установки для напряженного армирования железобетонных элементов.....	390
Контрольные вопросы.....	391
Глава 21. Ручные машины.....	392
21.1. Общие сведения.....	392
21.2. Ручные машины для образования отверстий.....	395

21.3. Ручные машины для шлифования материалов.....	407
21.4. Электрические машины для обработки древесины.....	410
Контрольные вопросы.....	418
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	419

Учебное издание

КАРИМОВ МАКСУД САМАДОВИЧ

МИРЗАЕВ БАХОДИР СУЮНОВИЧ

ВАФАЕВ САФО ТУРАЕВИЧ.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ