



П. В. У С О В

МАШИНОВЕДЕНИЕ

П. В. УСОВ

МАШИНОВЕДЕНИЕ

*ПОСОБИЕ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ
СЕЛЬСКИХ СРЕДНИХ ШКОЛ*

3-е ИЗДАНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОСВЕЩЕНИЕ»

Москва 1965

В третьем издании внесены незначительные
исправления.

ХАРЬКОВСКАЯ КНИЖНАЯ ФАБРИКА ИМ. ФРУНЗЕ

ВВЕДЕНИЕ

Курс машиноведения является общетехническим предметом, который знакомит учащихся с основами устройства и работы современных машин, применяемых в различных областях народного хозяйства. В курсе даются сведения о конструкции и назначении общих деталей машин, об устройстве различных механизмов, а также принципах работы и конструкциях машин-двигателей, станков и подъемно-транспортных машин.

Для изучения курса машиноведения необходимо знать курсы физики, химии, математики и черчения в объеме восьми классов средней школы.

Курс машиноведения в сельских школах подготавливает учащихся к изучению сельскохозяйственных машин и электрификации сельскохозяйственного производства.

Развитие машины и ее роль в облегчении труда человека и повышении его производительности можно показать на примере развития токарного станка.

Первоначально, в станке простейшей конструкции, человек сам приводил его в действие, сам держал резец и следил за правильностью обработки изделия. Труд был тяжелый, производительность низкая.

В процессе совершенствования станка человек в качестве двигателя начал использовать водяное колесо, приводившее в движение станок и обрабатываемое изделие. Человек держал только резец и следил за правильностью обработки изделия. Труд облегчился, ра-

бочая скорость увеличилась, производительность повысилась.

В последующем развитии токарного станка для держания резца был изобретен суппорт. Применение суппорта облегчило человеку выполнение функций контроля и управления работой станка. В дальнейшем вместо водяного колеса стали применять сначала паровой, а затем электрический двигатель с групповым приводом станков при помощи ременной передачи от общего вала. В этих условиях труд еще более облегчился, производительность резко возросла.

При более широком использовании в промышленности электроэнергии получил развитие индивидуальный привод, благодаря чему токарный станок превратился в совокупность машин (агрегат), включив в себя машину-двигатель, исполнительный орган (в нашем примере суппорт с резцом) и трансмиссию, передающую движение и энергию от двигателя к шпинделю и суппорту станка. В этих условиях производительность труда человека на токарном станке стала во много раз выше по сравнению с прежней.

На современном этапе развития техники токарный станок с ручным управлением заменен автоматом, в который входят не только исполнительный орган, двигатель и передаточные механизмы, но и система управления технологическим процессом обработки детали. Физический труд человека целиком переложен на станок-автомат. Роль человека в работе такого станка сводится лишь к выдаче станку задания-программы, наблюдению за его работой и наладке.

Производительность труда человека при работе на станке-автомате и особенно на автоматической линии получает дальнейший колоссальный рост. Его труд все более и более превращается в труд умственный.

Усовершенствование любого станка связано с уве-

личением его производительности, характеризуемой количеством продукции, которое изготавливается на станке за единицу времени. Иначе говоря, для повышения производительности станка следует уменьшить время изготовления единицы продукции. Время, затрачиваемое на обработку единицы продукции, состоит из рабочего времени, в течение которого происходит обработка изделия, и вспомогательного времени, необходимого для установки и снятия изделия со станка, на холостой ход резца, на контроль размеров изделия и т. д.

Уменьшение рабочего времени возможно за счет увеличения рабочих скоростей машины, а вспомогательного — за счет применения специальных приспособлений, ускоряющих установку изделия на станке и контроль его размеров, или за счет автоматизации всего процесса обработки изделия. Таким образом, автоматизация станков не только облегчает труд рабочего, но и увеличивает производительность труда, она является основным условием роста экономической мощности страны.

В сельскохозяйственном производстве, так же как и в промышленности, протекал процесс постепенного перехода от примитивных орудий труда к совершенным машинам, процесс облегчения труда и повышения его производительности. Например, в течение многих веков вспашка земли производилась деревянной сохой на конной тяге, а урожай собирался вручную серпом. Труд был тяжелый, производительность труда (урожайность) низкая.

С течением времени деревянная соха была заменена железным плугом на конной тяге, а серп — уборочной машиной (сначала жаткой-лобогрейкой, а затем жаткой-сноповязалкой на конной тяге). Труд земледельца облегчился, а производительность (урожайность) увеличилась.

В первой половине XX века конная тяга была заменена тракторной, а жатки — комбайнами. Труд земледельца еще более облегчился, а производительность еще более повысилась. По своему существу труд земледельца превратился в разновидность промышленного труда.

В настоящее время в сельском хозяйстве применяется очень сложная техника — мощные почвообрабатывающие и посевные машины, дизельные тракторы, самоходные комбайны и разнообразные кормоприготовительные машины. Расширяется применение электроэнергии для привода машин в сельскохозяйственном производстве, решаются задачи его комплексной механизации и автоматизации.

Наряду с совершенствованием орудий труда совершенствовались и машины-двигатели. Водяное колесо заменено гидротурбиной, развивающей мощность в сотни тысяч лошадиных сил. Широко используются паровые и газовые турбины, двигатели внутреннего сгорания.

Новые конструкции двигателей отличаются большими мощностями и быстроходностью. Механическая энергия, вырабатываемая гидравлическими и другими двигателями, с помощью генераторов превращается в электрическую энергию, которая по проводам передается на фабрики, заводы, в города, совхозы и колхозы, расположенные на большом расстоянии от электростанций.

В новой Программе Коммунистической партии Советского Союза, принятой на XXII съезде партии, поставлена задача построения материально-технической базы коммунизма. Основными предпосылками выполнения этой задачи являются:

1. Полная электрификация страны и совершенствование на этой основе техники, технологии и организации

производства в промышленности, в сельском хозяйстве и других отраслях народного хозяйства.

Производство электроэнергии к 1981 году достигнет 2700—3000 миллиардов киловатт-часов в год. Увеличение производства электроэнергии обеспечивается строительством ряда мощных гидравлических, тепловых и атомных электростанций с применением для тепловых станций более эффективных видов синтетического топлива.

2. Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов в промышленности и в сельском хозяйстве. При комплексной механизации будут механизированы не отдельные виды работ, а все процессы, связанные с производством какого-либо изделия или сельскохозяйственного продукта. Комплексная автоматизация предусматривает автоматизацию всех операций, связанных с производством изделия.

Примером автоматизации производственных процессов в сельском хозяйстве является автоматизированный ток артели «За мир и труд» Краснодарского края. Все процессы на току: сортировка, сушка, загрузка в бункер, взвешивание, транспортировка внутри тока и нагрузка автомашины — автоматизированы. На току в день перерабатывается 500 *T* зерна. Ток обслуживается пятью рабочими.

Другим примером автоматизации может служить приготовление кормов в животноводческих фермах. При автоматизации процессов размолла, дозировки, смешивания и раздачи кормов затраты труда в кормоцехе снижаются более чем в два раза по сравнению с кормоцехами, где основные процессы механизированы.

Полная электрификация страны и комплексная механизация и автоматизация обеспечат нашей стране невиданное по своему могуществу развитие производительных сил.

Советское машиностроение в период перехода от социализма к коммунизму направлено на развитие производства средств автоматизации, телемеханики и электроники, на создание автоматических линий, цехов и предприятий, на конструирование машин с высокими техническими показателями (высокая производительность и экономное расходование сырья и энергии).

Развитие химической промышленности обеспечит замену в машинах металлических и деревянных деталей частями из более экономичных, практичных и легких синтетических материалов.

ГЛАВА I.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНАХ И ИХ ДЕТАЛЯХ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНАХ

Условия работы и назначение машин значительно влияют на их внешний вид и конструкцию. Возьмем, например, токарно-винторезный станок (рис. 1), служащий для обработки металлических заготовок и нарезания резьбы в деталях.

Станок состоит из массивной чугунной станины 1, установленной на фундаменте. На станине крепятся коробка подач 2, гитара 3, передняя бабка 4 со шпинделем и планшайбой 6, суппорт 9 с резцедержателем 8, задняя бабка 12 со шпинделем и планшайбой 14, суппорт 9 с резцедержателем 8, суппорт 9 с резцедержателем 8,

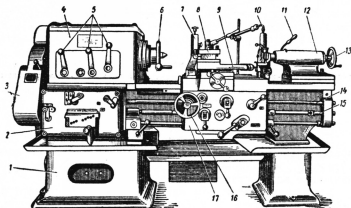


Рис. 1. Токарно-винторезный станок:

1—станина; 2—коробка подач; 3—гитара; 4—передняя бабка; 5—рукоятки перемены скоростей; 6—планшайба; 7—подвижный люнет; 8—резцедержатель (резцовая головка); 9—суппорт; 10—неподвижный люнет; 11—рукоятка зажима скалки; 12—задняя бабка; 13—штурвал подачи скалки задней бабки; 14—ходовой винт; 15—ходовой вал; 16—штурвал ручной подачи суппорта; 17—фартук.

люнеты 7 и 10, задняя бабка 12. Обрабатываемое изделие устанавливается в центрах и соединяется с планшайбой с помощью хомутка. Если деталь короткая, она закрепляется в патроне, соединенном, как и планшайба со шпинделем, резьбой.

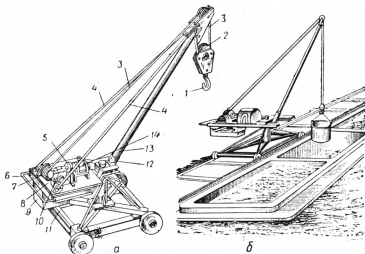


Рис. 2. Полноповоротный передвижной кран «Пионер»:

а—общий вид; б—использование на выемке силоса; 1—крюк; 2—блок; 3—канат; 4—растяжки; 5—тормоз; 6—скоба для рук при передвижении крана и повороте платформы; 7—барабан; 8—поворотная платформа; 9—противовес; 10—червячная передача (закрывается кожухом); 11—рама; 12—шарнир стрелы; 13—стрела; 14—электродвигатель.

Для обработки заготовки необходимо привести во вращательное движение шпиндель с планшайбой или патроном и одновременно сообщить поступательное движение вдоль станины суппорту с резцом.

Шпиндель с патроном или планшайбой и суппорт с резцом приводятся в движение от электродвигателя. Электродвигатель передает движение ведущему валу передней бабки станка с помощью ременной передачи. Шпиндель приводится в движение от ведущего вала через систему зубчатых передач, заключенных в передней бабке. Суппорт с резцом получает движение от

шпинделя станка через зубчатые передачи гитары или коробки подач.

Таким образом, основными частями станка являются:

а) двигатель, приводящий в движение рабочие органы; б) рабочие органы — резец с суппортом и шпиндель с патроном (или планшайбой), выполняющие полезную работу (снятие стружки с заготовки); в) трансмиссия — механизмы, передающие движение от двигателя к рабочим органам (зубчатые передачи передней бабки, коробки подач и гитары, ременная передача).

Такие же части можно найти и в других машинах. Для примера возьмем кран «Пионер» (рис. 2). Этот кран применяют для подъема строительных материалов, для разгрузки силосных ям и других работ.

В качестве станины в этом кране служит рама 11, установленная на колесах. Груз подвешивают к крюку 1 и с помощью каната 3, навиваемого на барабан 7 лебедки, поднимают на высоту до 5 м. Барабан получает движение от электродвигателя 14 посредством червячной передачи 10.

Стрела 13 крана выполнена из стальной трубы. Она вместе с противовесом 9, крюком 1 и лебедкой может поворачиваться вокруг вертикальной оси, укрепленной в колонне крана. Стрела удерживается на поворотной платформе 8 с помощью растяжек 4 и шарнира 12. Поворот стрелы с платформой осуществляется от руки с помощью скобы 6 или от электродвигателя. При помощи этой же скобы кран вручную перемещают с места на место.

Кран «Пионер» по внешнему виду совершенно не похож на токарный станок, но состоит из тех же основных частей:

а) электродвигателя, приводящего в движение крюк с грузом; б) рабочего органа — крюка с блоком; в) трансмиссии — механизмов (включая и систему подвижного блока), передающих движение к рабочему органу — крюку.

Такие части машин, как передняя бабка токарного станка или лебедка крана, состоят из отдельных деталей. Например, передняя бабка состоит из корпуса, зубчатых колес, валов, шпинделя и других деталей.

Детали, встречающиеся только в машинах специального назначения, называют

ся специальными деталями машин. Например, отвал и стойка плуга, семяпровод сеялки, лапа культиватора и пр. называются специальными деталями сельскохозяйственных машин. Специальными деталями пружиноподъемных машин являются канат и грузовой крюк; в станках — суппорт, патрон, шпиндель и др.

Детали, которые встречаются в машинах любого назначения, называются общими деталями машин. К ним относятся зубчатые колеса, валы, подшипники, болты, заклепки, шкивы и др. Размеры и качество таких деталей, как болты, заклепки, шкивы, подшипники и т. п., устанавливаются Государственным общесоюзным стандартом (ГОСТом).

ГОСТы определяют единые требования к размерам, типам и качеству не только деталей, но и отдельных изделий, узлов и целых машин.

Применение стандартных деталей уменьшает стоимость производства машин, так как они изготавливаются в массовом порядке на специализированных заводах, которые в высокой степени автоматизированы. Это значительно повышает производительность труда и соответственно снижает стоимость изделия. Кроме того, стандартные детали и узлы взаимозаменяемы и они не требуют дополнительной обработки и пригонки при замене их или при сборке новой машины.

В народном хозяйстве СССР насчитываются десятки тысяч различных наименований машин для изготовления орудий труда и средств потребления. Для производства сельскохозяйственных продуктов машиностроительная отрасль народного хозяйства СССР производит тракторы, плуги, сеялки, комбайны для уборки зерна, кукурузы и других культур, машины для приготовления кормов на животноводческих фермах, для механического доения коров, для стрижки овец и т. д.

§ 2. ОСНОВНЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Наиболее распространенными материалами для изготовления деталей машин являются сталь и чугун. Широко применяют в машиностроении алюминиевые сплавы, а также неметаллические материалы.

Выбор материала для изготовления деталей производят в зависимости от условий, в которых они работают, и требований, которые к ним предъявляются. Например, ряд деталей двигателя трактора работает при высоких температурах, и они должны быть жаростойкими, а такие детали, как валы, болты и заклепки, должны обладать прочностью; ремни для ременных передач должны быть гибкими. В соответствии с этим выпускные клапаны двигателей делают из жаропрочной стали, валы и болты — из прочных сортов стали, а ремни — из гибких материалов: хлопчатобумажной ткани или кожи.

Сталь. Из курса химии известно, что сталь различают по ее химическому составу, способу получения и области применения.

По химическому составу она делится на углеродистую и легированную; по способу получения — на мартеновскую, бессемеровскую, томасовскую и электро-сталь; по применению — на конструкционную, предназначенную главным образом для изготовления деталей, инструментальную — для изготовления инструмента и специальную, обладающую особыми свойствами (нержавеющая, кислотостойкая, жаростойкая, износостойкая, высокого электросопротивления и т. п.). По качеству сталь делят на сталь обычного качества, на качественную и высокого качества.

Разные виды и сорта стали различают по маркам, установленным ГОСТом. Каждая марка имеет определенный химический состав и механические свойства.

Углеродистая сталь обычного качества имеет следующие марки: Ст. 0, Ст. 1, Ст. 2, Ст. 3, Ст. 4, Ст. 5, Ст. 6, Ст. 7. Буквы «Ст.» обозначают сталь, а цифры от 0 до 7 указывают номер стали. Чем выше номер стали, тем больше в ней содержится углерода и тем она прочнее.

Углеродистая качественная сталь, применяемая в машинных деталях, имеет марки 10, 15, 20, 25 и др. Двухзначная цифра обозначает среднее содержание углерода в сотых долях процента. Например, сталь марки 15 содержит в среднем 0,15%, сталь марки 85 — 0,85% углерода.

Стали марок Ст. 2 и Ст. 3 или сталь марки 15 и 20, содержащие мало углерода, хорошо обрабатыва-

ются резанием на станках, хорошо гнутся и куются. Эти стали служат для изготовления болтов, заклепок, крюков и других подобных деталей.

Стали марок Ст. 5 и Ст. 7 или стали марок 50 и 70 более прочны и тверды, хорошо закаливаются. Их применяют для изготовления валов, зубчатых колес, рес-сор и других деталей такого же назначения.

Легированные стали обладают такими свойствами, как жаростойкость, износостойкость, нержаве-ние, повышенная прочность и т. п. Для получения этих свойств к углеродистым сталям добавляют легирую-щие элементы: хром, молибден, никель и другие.

Легированные стали имеют такие марки: 15ХР, 15Х, 25Н, 30Г2, 20Х, 35ХМЮА, 33ХС, 18ХГТ, 25Х2МФА, 40ХНВА и т. д. Цифры слева в этих марках указы-вают на примерное содержание углерода в сотых до-лях процента, а буквы справа от цифр — на легирую-щий элемент: Р — бор, Ю — алюминий, С — кремний, Т — титан, Ф — ванадий, Х — хром, Г — марганец, Н — никель, М — молибден, В — вольфрам. Цифры после этих букв указывают примерное содержание со-ответствующих легирующих элементов в процентах.

Цифра 1 или отсутствие цифры после буквы указы-вает, что содержание данного элемента в стали при-мерно равно или менее 1%. Буква А справа показыва-ет, что сталь является высококачественной и имеет повышенную чистоту. Например, легированная сталь марки 25Х2МФА является сталью высокого каче-ства, содержащей 0,25% углерода, 2% хрома и при-близительно по одному проценту молибдена и ван-адия.

Кроме рассмотренных марок стали, которые при-меняют для прокатки, в машиностроении используют литейную сталь для отливки деталей в формы. Литьем из стали изготавливают детали, имеющие слож-ную форму.

Марки литейной стали имеют такие обозначения: 15Л, 25Л и др. Двухзначные цифры слева указывают на примерное содержание углерода в сотых долях про-цента, а буква Л означает, что сталь предназначена для литья.

Чугун. Чугун является наиболее распространенным материалом для получения отливок. Станины, корпу-

са, шкивы, некоторые зубчатые колеса и многие другие детали лют из чугуна.

Различают серый и белый чугун.

В сером чугуне значительная часть углерода находится в свободном состоянии в виде графита. Детали из серого чугуна можно обрабатывать на станках резанием.

В белом чугуне почти весь углерод находится в связанном состоянии и только незначительная его часть (0,03—0,3%) содержится в виде графита. Белый чугун отличается очень большой твердостью и хрупкостью.

Для литья в формы применяют серый и ковкий чугун.

Серый чугун имеет следующие марки: СЧ 12—28, СЧ 32—52 и т. д. Буквы СЧ означают «серый чугун», а цифры указывают на механические свойства чугуна: первые две цифры соответствуют пределу прочности при растяжении, а вторые две — при изгибе. Чем выше значение чисел, тем прочнее чугун.

Детали из серого чугуна хорошо обрабатываются на станках резанием.

Ковкий чугун получают из белого чугуна путем его обезуглероживания — отжига. Заготовки и детали, отлитые из белого чугуна и подвергнутые отжигу, теряют хрупкость, свойственную белому чугуну, и приобретают пластичность.

Из ковкого чугуна изготовляют ряд деталей сельскохозяйственных машин, таких, как звенья крючковых цепей, пальцы режущего аппарата жаток и комбайнов и др.

Ковкий чугун имеет марки: КЧ 30—6, КЧ 50—4 и т. д. Буквы КЧ означают «ковкий чугун», цифры характеризуют его механические свойства: первые две соответствуют пределу прочности на растяжение, последняя — относительному удлинению в процентах.

Цветные металлы. Кроме черных металлов (стали и чугуна), в машиностроении применяют цветные металлы, главным образом алюминиевые сплавы, бронзу, латунь и баббиты.

Алюминиевые литейные сплавы, из которых детали получают путем литья в формы, маркируются так: АЛ1, АЛ2, АЛ3 и т. д. до АЛ18В, где цифры

означают порядковый номер марки. Они подразделяются на пять групп. К первой группе относятся сплавы с высоким содержанием магния, ко второй — с высоким содержанием кремния, к третьей — с высоким содержанием меди, к четвертой — с высоким содержанием кремния — меди и к пятой — сплавы, сложные по химическому составу и отличающиеся повышенной жаропрочностью. Например, сплав АЛ2, содержащий от 1 до 13% кремния, относится ко второй группе. Он обладает самыми высокими литейными свойствами и высокой коррозионной стойкостью.

Детали из алюминиевых сплавов отличаются прочностью, малым весом, хорошо обрабатываются резанием.

Имеются алюминиевые сплавы, из которых детали изготовляют ковкой. Эти сплавы маркируют буквами АК.

Бронза представляет собой сплав меди, олова и других элементов, кроме цинка. Оловянистые бронзы применяют для изготовления вкладышей подшипников, зубчатых венцов червячных колес и др.

Бронзы достаточно прочны, хорошо отливаются в форму и обрабатываются на станках. Они обладают антифрикционными и антикоррозийными свойствами, т. е. имеют низкий коэффициент трения и не окисляются от взаимодействия с окружающей средой.

Латунь — сплав меди и цинка. Она дешевле бронзы, хорошо обрабатывается резанием, устойчива против коррозии. Применяется для изготовления радиаторных трубок, прокладок и деталей арматуры (например, водяных кранов).

Бронзы и латуни маркируют следующим образом: Бр.ОЦСН 3-7-5-1, Бр.ОЦС 6-6-3, Бр.АЖ 9-4, ЛМцЖ 55-3-1, ЛКС 80-3-3 и т. д. Буквы слева обозначают название сплава (Бр. — бронза, Л — латунь), а буквы и цифры справа — названия дополнительных элементов и среднее содержание их в процентах. Буквой О обозначают олово, буквой Ф — фосфор, Ж — железо, А — алюминий, Мц — марганец, К — кремний, С — свинец, Ц — цинк, Н — никель и т. д.

Например, марка бронзы Бр. ОФ 10-1 указывает, что это оловянистая бронза, содержащая 10% олова и 1% фосфора; остальное в сплаве (89%) — медь.

Марка латуни ЛАЖМц 70-6-3-1 означает, что это латунь, в состав которой входит 70% меди, 6% алюминия, 3% железа и 1% марганца; остальное в сплаве (20%) — цинк.

Баббиты представляют собою сплавы олова, сурьмы, меди, свинца и некоторых других элементов. Например, баббит марки Б-83, который называют оловянистым, содержит около 11% сурьмы, 6% меди и 83% олова. Баббит является хорошим антифрикционным материалом и служит для заливки подшипников и их вкладышей.

Неметаллические материалы. К неметаллическим материалам, применяемым в машиностроении, относятся пластмасса, древесина, резина, кожа, различные ткани.

Пластмасса очень широко применяется для изготовления деталей машин и многих других изделий. Она состоит из искусственных или природных органических смол и различных наполнителей. В качестве наполнителей (веществ, придающих изделию прочность) применяют хлопчатобумажные нити, жгуты и ткани, асбест, древесные опилки и др.

Пластмассы разделяют на две группы: термореактивные и термопластичные.

Термореактивные пластмассы при одновременном нагреве и давлении сперва размягчаются и слегка плавятся, а затем переходят в твердое неплавкое и нерастворимое состояние. К ним относится, например, текстолит и карболит.

Термопластичные пластмассы при нагревании размягчаются, а при остывании твердеют. Оработанные детали из термопластичных пластмасс могут быть переплавлены в новые детали. К этим пластмассам относятся, например, плексиглас (искусственное стекло), капрон, полиэтилен и поливинилхлорид.

Из пластмасс изготавливают зубчатые колеса, корпуса редукторов, подшипники, прокладки, тормозные колодки, резьбовые детали и многое другое.

Детали из пластмасс легче по сравнению с деталями из других материалов, достаточно прочны, не ржавеют, сохраняют окраску, дешевы в изготовлении. Изготавливают их главным образом горячей прессовкой в формах, литьем в формы под давлением и механи-

ческой обработкой — распиливанием, сверлением отверстий, строганием и пр. Некоторые детали из пластмасс сваривают и склеивают из отдельных частей.

Кроме пластмасс, в машиностроении широко применяется также древесина различных пород деревьев, резина в виде пластин или шнуров и трубок, кожа, хлопчатобумажная ткань и др.

§ 3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЛИТЬЕМ И ДАВЛЕНИЕМ

Основными материалами для изготовления деталей, как мы видели в § 2, являются черные и цветные металлы.

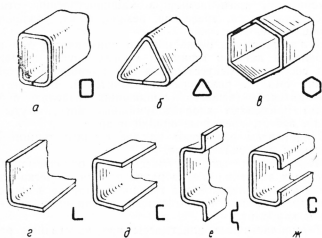


Рис. 3. Гнутые профили из стали:

а—труба прямоугольная; б—труба треугольная; в—труба шестигранная;
г—угольник; д—П-образный; е—корытообразный; ж—С-образный.

Как известно из курса химии, сталь, выплавленная в мартеновских, бессемеровских и других печах, разливают в литейные формы для получения фасонных отливок или в изложницы, из которых остывшие слитки поступают в прокатный цех для получения листовой или профильной стали.

Прокатная сталь различных профилей (уголковая, тавровая, круглая, полосовая и пр.) применяется в ра-

мах машин, фермах мостов, мачтах для электрических проводов и других металлоконструкциях.

В последнее время тяжелые прокатные профили в металлических конструкциях заменяют гнутыми по соответствующему профилю из листовой, ленточной или полосовой стали (рис. 3). Применение тонкостенной стали дает большую экономию металла. Конструкции из тонкостенных гнутых профилей значительно легче конструкций, выполненных из горячекатаных профилей, и вместе с тем они имеют одинаковую с конструкциями из горячекатаных профилей прочность.

1. Изготовление деталей литьем

Изготовление деталей литьем производят заливкой расплавленного металла в специальные формы. Формы могут быть изготовлены из формовочной земли, металла и специальных смесей песка со смолой (корковые, или оболочковые, формы).

Литье в земляные формы применяют для отливки деталей из чугуна, стали и цветных металлов по деревянным и восковым (выплаваемым) моделям.

На рисунке 4 показана опока, подготовленная по деревянной модели звездочки цепной передачи. Но прежде чем подготовить опоку для отливки звездочки, необходимо сначала по чертежу изготовить деревянную модель, представляющую собой копию звездочки и состоящую из двух частей — верхней и нижней. Так как отлитая деталь при остывании уменьшается, то для получения отливки заданных размеров размеры модели соответственно увеличивают.

Приготовление земляной формы производят следующим образом. Верхнюю часть модели звездочки, моделей литника и выпора засыпают формовочной землей в верхней опоке 1, а нижнюю часть — в нижней опоке 2. Землю в опоках уплотняют и выравнивают, модели из опок аккуратно вынимают, следя за тем, чтобы земля не осыпалась, и устанавливают стержень 4. Затем верхнюю опоку точно накладывают на нижнюю и скрепляют их.

Расплавленный металл заливают в форму через литник. После того как залитый металл достаточно остынет, землю из опок выбивают, отлитую деталь вы-

нимают, а лишний металл литника 6 и выпора 7 (рис. 4, б) отрубают.

Литье по выплавляемым моделям относится к методу высокоточного (прецизионного) литья деталей. Суть его заключается в следующем: изготавливают легкоплавящуюся модель детали из материала на восковой или парафиновой основе; модель заформовывают в огнеупорную землю и выплавляют (форму прокаливают до $800-900^{\circ}\text{C}$); затем заливают металл и получают отливку с чистой поверхностью и точными размерами.

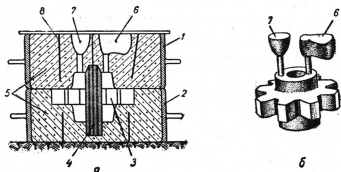


Рис. 4. Литье цепной звездочки в земляную форму:

а—форма (в разрезе); б—отлитая деталь; 1—верхняя опока; 2—нижняя опока; 3—свободное пространство по форме модели звездочки; 4—стержень; 5—формовочная земля; 6—литник; 7—выпор; 8—проволока для укрепления формовочной земли.

Изготовление выплавляемых моделей механизировано. Одновременно можно формовать несколько моделей.

Этим способом отливают детали из различных сплавов, включая легированные, жаропрочные и сверхтвердые, не поддающиеся ковке, штамповке, прокатке и обработке резанием.

Литьем по выплавляемым моделям изготавливают малогабаритные зубчатые колеса, хирургические щипцы, скальпели и ножницы, детали протезов из нержавеющей стали, лопатки турбин и турбокомпрессоров, детали фото- и киноаппаратов, авиационную арматуру и пр.

Литье в металлические формы применяют для литья деталей под давлением и центробежным способом.

Кокильное литье применяют в серийном и массовом производстве отливок из медных, алюминиевых и магниевых сплавов, а также из чугуна и стали. Детали, отлитые этим способом, имеют достаточно чистую поверхность и точные размеры и идут на сборку машин во многих случаях без механической обработки на металлорежущих станках.

Кокили делают из чугуна, стали и меди. Форму детали в кокилях получают путем их обработки на металлорежущих копировальных и других станках. В одном кокиле отливают до 10 тысяч простых по конфигурации деталей из чугуна и до 700 штук из стали.

Литье под давлением применяют для получения отливок с точными размерами из легкоплавких сплавов свинцово-оловянистых, цинковых, алюминиевых и медных.

Этим способом можно отливать детали с резьбой, при этом резьба получается такой точности, что не требует дополнительной механической обработки ее.

Заливку жидкого металла в металлическую форму производят под давлением воздуха, сжатого до нескольких сотен атмосфер.

Формы для литья под давлением изготавливают из легированных сталей обработкой на станках. В одной форме можно отлить до 300 000 штук деталей из цинкового сплава, до 12 000 — из магниевого, до 100 000 — из алюминиевого и до 10 000 — из медного.

Центробежное литье применяют для отливки деталей, имеющих форму тел вращения, например труб. Для этого расплавленный металл заливают во вращающуюся форму. Центробежные силы оттесняют жидкий металл к стенкам металлической формы или формы, изготовленной из специальной формовочной земли, и он равномерным слоем распределяется по ее внутренней поверхности.

Центробежным литьем отливаются специальные заготовки (маслоты) для изготовления поршневых колец, трубы, толстостенные кольца, втулки, червячные колеса и др.

Литье в оболочковые (корковые) формы применяют для получения отливок точных размеров и с высокой

степенью чистоты поверхности. В оболочковой форме отливают детали из стали, чугуна и различных других сплавов.

Этот способ литья заключается в следующем. Под модельную плиту вместе с прикрепленной на ней одной или несколькими металлическими моделями нагревают до $200\text{--}250^{\circ}\text{C}$. Нагретую плиту с моделью покрывают формовочной смесью, состоящей из мелкого песка с порошкообразной термореактивной смолой и растворимым стеклом. Под действием тепла смола в ближайшем к модельной плите слое смеси плавится, в результате чего за $15\text{--}20$ секунд формируется полутвердая песчано-смоляная оболочка толщиной $5\text{--}8$ мм. Излишек смеси удаляют, а плиту с образовавшейся полутвердой оболочкой подвергают дополнительному нагреву в печи до $300\text{--}350^{\circ}\text{C}$, где оболочка твердеет.

Готовую оболочку (полуформу) при помощи специального механизма снимают с плиты и соединяют с другой полуформой. Их скрепляют оклеиванием или другим способом, предварительно установив в них стержни, как при формовке в земле. В полученную форму заливают расплавленный металл, после остывания которого оболочку разрушают, освобождая отлитую деталь.

Оболочковые формы изготавливают на автоматических установках с производительностью до 200 и более штук за один час.

Литье в оболочковые формы применяется для изготовления деталей главным образом в массовом производстве.

2. Изготовление деталей давлением

Для изготовления деталей давлением применяетсяковка. Ковка относится к горячей обработке металла в прессах и на молотах. Ковкой придают заготовке¹ определенную форму. В процессековки в металле обрабатываемой заготовки происходит изменение структуры, в результате чего

¹ Заготовкой называется необработанный кусок металла, предназначенный для дальнейшей обработки в холодном или горячем состоянии для превращения в деталь.

улучшаются его механические свойства. Изделие, полученное ковкой, называют поковкой.

Процессковки основан на использовании пластических свойств металла, т. е. на использовании способности металла под действием нагрузки (удара мо-

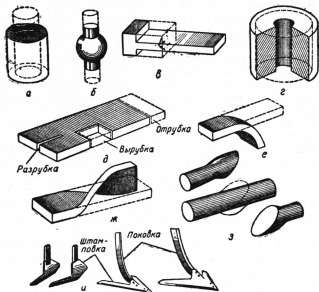


Рис. 5. Операции свободнойковки (пунктиром показана первоначальная форма заготовки):

а—осадка; б—высадка; в—вытяжка; г—прошивка (для показа отверстия чертеж сделан с вырезом); д—рубка; е—гибка; ж—закручивание; з—кузнечная свarka; и—примеры кованых и штампованных деталей (лапы культиваторов).

лота или давления прессы) изменять форму без последующего самовосстановления ее после прекращения действия нагрузки. Такими свойствами обладает сталь. Непластичные металлы, например чугун, обрабатывать давлением нельзя.

Для повышения пластических свойств стали ее перед ковкой нагревают до температуры 1000—1200°С.

Ковку на наковальне с помощью ручного молота—кувалды называют ручной

ковкой, а на паровых, воздушных и других молотах — машинной. В ковочных машинах наковальне соответствует нижний боек, укрепленный на их неподвижной части — шаботе, а кувалде — верхний боек, укрепленный на падающей части — бабе.

Различают открытую (свободную) ковку под молотами и закрытую ковку — горячую штамповку в подкладных штампах, имеющих углубления по форме изготавливаемых деталей.

Свободная ковка. К свободной ковке относится ручная ковка и ковка на молотах с плоскими бойками. Изменение формы заготовки в плоскости бойков происходит свободно, без ограничения какими-либо стенками. Основными операциями, выполняемыми при свободной ковке, являются (рис. 5): осадка, вытяжка, прошивка, рубка, гибка, закручивание и сварка.

Осадка (рис. 5, а) — операция, при которой заготовка увеличивается в поперечном сечении за счет уменьшения высоты.

Местная осадка называется высадкой (рис. 5, б).

Вытяжка (рис. 5, в) — операция, обратная осадке: заготовка удлиняется за счет уменьшения поперечного сечения.

Прошивка (рис. 5, г) — операция, применяемая для получения в заготовке или углубления или отверстия.

Рубка (рис. 5, д) — операция, применяемая для удаления (отрубки) части заготовки, для разрубки заготовки в каком-либо направлении и для вырубки из заготовки некоторой части ее.

Гибкой (рис. 5, е) называют операцию, в результате которой прямая стальная заготовка делается изогнутой по заданной форме.

Закручивание (рис. 5, ж) применяется для получения поволоки специальной формы в результате поворота одной части заготовки относительно другой на некоторый угол.

Кузнечная сварка (рис. 5, з) служит для соединения в одно целое отдельных частей детали. Свариваемым частям перед сваркой придают ковкой специальную форму и после нагрева до 1350—1450° С их соединяют ударами молота.

Ковка в подкладных штампах. Ковка в подкладных штампах применяется для изготовления деталей при малосерийном производстве.

Технология изготовления поковок в штампах состоит из следующих операций: приготовление заготовки, нагрев ее, штамповка, обрезка заусенцев, термическая обработка, очистка от окалины, калибровка или чеканка.

Штампы представляют собой стальные формы, состоящие из двух половин — верхней и нижней. Верхнюю половину штампа крепят к бабе молота, а нижнюю — к штамподержателю, установленному на шаботе.

Нагретую заготовку ставят на нижнюю половину штампа и по ней наносят удары верхней половиной штампа. Под действием удара заготовка заполняет выемки в штампе, принимая форму изделия.

Несмотря на то что стоимость изготовления штампов очень высокая, штампованные детали при серийном производстве значительно дешевле деталей, изготовленных свободной ковкой.

Штамповкой изготавливают коленчатые валы тракторов и автомобилей, шатуны, зубчатые колеса и многие другие детали тракторов и сельскохозяйственных машин.

Ковка на прессах. Ковка с применением прессов производится не путем ударов, как под молотом, а путем давления. Для этой цели применяют кривошипные и винтовые прессы, а также горизонтально-ковочные машины.

На прессах обрабатывают весьма крупные поковки. На них из листовой стали изготавливают, например, отдельные части кабины автомобиля, капот двигателя трактора и т. п. По сравнению с молотами прессы обладают большей мощностью. Вес падающей части современного молота не превышает 10 т. Давление, развиваемое гидравлическим прессом, достигает 15 000 т.

На рисунке 5, и показаны лапы культиваторов, изготовленные свободной ковкой и штамповкой.

Большинство деталей, получаемых отливкой и ковкой, в дальнейшем подвергаются обработке резанием на станках.

§ 4. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Во время работы машины на ее детали действуют силы, которые вызывают изменение их размеров и формы, или, как говорят, детали деформируются. Например, под действием поднимаемого груза канат крана растягивается, валы передней бабки станка от силы резания скручиваются и изгибаются, стойка плуга при пахоте от действия сил сопротивления почвы изгибается и т. д.

Значительные деформации деталей создают ненормальные условия работы передач, опор и других частей машин и вызывают их быстрый износ, а иногда и аварию машин.

Размеры деталей, обеспечивающие неопасные для работы машины деформации, определяют расчетом. Для того чтобы правильно рассчитывать размеры деталей, надо знать физико-механические свойства материалов, из которых они должны быть изготовлены.

Механические свойства материалов, из которых изготовляют части машин, определяют опытным путем на специальных установках. Испытанию подвергают стандартные образцы, изготовленные из исследуемого материала.

Материалы испытывают на растяжение, сжатие и изгиб.

При испытании на растяжение образец нагружают возрастающей растягивающей силой. По мере увеличения растягивающей силы длина образца увеличивается, а затем образец разрушается.

На рисунке 6, а приведена диаграмма растяжения при испытании пластических материалов (металлов и др.) на разрыв.

На прямолинейном участке OA , на котором действует растягивающая сила P , удлинения материала пропорциональны растягивающей силе. При снятии нагрузки удлинения исчезают, т. е. удлинение происходит без остаточной деформации. Точка A этого участка характеризует предел пропорциональности материала σ_n (σ — греческая буква сигма).

На участке ABC диаграммы удлинение материала происходит почти без увеличения нагрузки. Точка C

этого участка характеризует предел текучести материала σ_T , точка B — предел упругости σ_y . При снятии нагрузки в данном случае деформации полностью не исчезают.

На участке CD при увеличении нагрузки материал быстро удлиняется. Когда нагрузка достигнет P_{\max} , произойдет разрыв материала. Точка D этого участка характеризует предел прочности материала σ_B .

При действии на образец (или любое другое тело) внешней силы в нем возникают противодействующие ей внутренние силы, представляющие собой силы сцепления между частицами образца (тела). Внутренние силы, действующие на единицу площади сечения образца (тела), называют напряжениями.

Основными механическими характеристиками материалов, получаемых при испытании на растяжение, являются: предел прочности (временное сопротивление), предел текучести, предел пропорциональности, предел упругости, относительное удлинение и относительное сужение.

Предел прочности (временное сопротивление) σ_B определяют по формуле

$$\sigma_B = \frac{P}{F} \text{ кг/мм}^2,$$

где P — наибольшее значение силы в килограммах, которую испытывает образец, а F — площадь поперечного сечения образца в квадратных миллиметрах.

Предел прочности есть наибольшее напряжение, испытываемое материалом детали перед разрушением. Предел прочности можно обозначить и так: $\sigma_{\text{пч}}$.

Предел текучести σ_T в кг/мм^2 — напряжение, при котором образец удлиняется без увеличения нагрузки. В деталях, работающих с напряжением, равным или превышающим предел текучести, появляются удлинения, не исчезающие после снятия нагрузки. Такое удлинение называют остаточной деформацией.

¹ С 1 января 1963 г. в СССР вводится как предпочтительная новая Международная система единиц (СИ). Здесь и в дальнейшем применены единицы измерения по старой системе МКГСС. Для сопоставления приводимых в книге единиц измерения с единицами измерения Международной системы в конце книги (приложение 1) приведена соответствующая таблица.

Предел пропорциональности $\sigma_{\text{п}}$ в кг/мм^2 — напряжение, в пределах которого удлинение образца пропорционально растягивающей силе. В деталях, работающих с напряжением, не превышающим $\sigma_{\text{п}}$, удлинение после снятия нагрузки исчезает. Предел пропорциональности можно обозначать и так: $\sigma_{\text{пц}}$.

Предел упругости σ_y в кг/мм^2 — напряжение, при котором начинает возникать остаточная деформация. Значения предела упругости и предела пропорциональности почти совпадают.

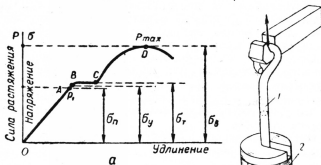


Рис. 6. Деформация растяжения:

a — диаграмма растяжения; *b* — действие растягивающих сил на деталь; 1 — стержень; 2 — гири.

Относительное удлинение при разрыве δ (греческая буква дельта) в % — отношение остаточного удлинения образца (после разрыва) к его начальной длине.

Относительное сужение при разрыве ψ (греческая буква пси) в % — отношение наибольшего уменьшения площади поперечного сечения образца (после разрыва) к его первоначальной площади поперечного сечения.

Для того чтобы детали в машинах не разрушались и не получали остаточных деформаций, нужно, чтобы они испытывали напряжения, величина которых была бы меньше или равна **допускаемому σ_d** .

Отношение величины предельного напряжения (σ_r или σ_b) к величине допускаемого напряжения σ_d называют **запасом прочности** и обозначают соответственно n_r и n . Запас прочности всегда больше единицы.

Запас прочности по пределу текучести равен

$$n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_d},$$

а по пределу прочности

$$n = \frac{\sigma_B}{\sigma_d}.$$

Значения запасов прочности устанавливают в зависимости от условий работы машины, способа изготовления деталей и области применения машины. Например, болты в зависимости от чистоты обработки и характера нагрузки имеют запасы прочности по пределу текучести от 1,6 до 6,5 и выше, валы передач общего машиностроения — 3,5—4. При точном расчете и требовании минимального веса машины запас прочности будет немного более единицы.

Как указывалось выше, детали машин во время работы испытывают деформации. В зависимости от характера действующих на деталь нагрузок возможны следующие виды деформаций: сжатие, растяжение, изгиб, сдвиг (срез) и кручение.

На рисунке 6,6 показано действие сил, вызывающих **деформацию растяжения**. Деформации подвергается стержень 1, удерживающий гири 2. При растяжении внешние силы приложены к концам стержня, действуют вдоль его оси и направлены наружу от стержня.

На рисунке 7 показано действие сил, вызывающих **деформацию сжатия**. В этом случае деформацию вызывают силы, приложенные к концам стержня и направленные навстречу одна другой. При значительной длине сжатый стержень может изогнуться и потерять прямолинейную форму. Такая деформация называется продольным изгибом.

Деформация сдвига (среза) показана на рисунке 8. Эту деформацию вызывают поперечные силы, действующие на заклепки 1 посредством проушины 2, к

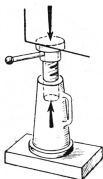


Рис. 7. Деформация сжатия.

которой приложена внешняя сила. Поперечные силы расположены на весьма малом расстоянии одна от другой и направлены в разные стороны.

На рисунке 9 показана деформация изгиба на примере оси кулисы, вызванная также поперечными силами. Деформация изгиба под действием этих сил получилась вследствие наличия зазоров между осью, опорами и кулисой. Если бы не было этих зазоров, произошла бы деформация сдвига (среза).

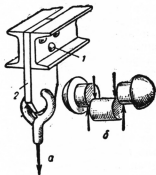


Рис. 8. Деформация сдвига:
а — узел с заклепочным соединением;
б — срез заклепки; 1 — заклепка; 2 — проушина.

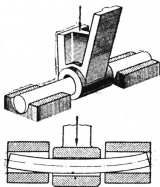


Рис. 9. Деформация изгиба.

Деформация кручения показана на рисунке 10 на примере действия крутящего момента на вал рулевого управления автомобиля. При кручении вала его геометрическая ось остается прямой, но образующие на цилиндрической поверхности вала из прямой линии (рис. 10, а) переходят в винтовую (рис. 10, б).

Деформации растяжения, сжатия, сдвига (среза), кручения и изгиба, вызываемые действием внешних нагрузок (сил и моментов), характеризуются интенсивностью действия внутренних сил в точках сечения, т. е. напряжением. Величина напряжения при той или иной деформации не должна превышать допускаемой.

Одной из существенных механических характеристик машиностроительных материалов является **твердость**, характеризующаяся способностью тела из данного материала сопротивляться проникновению в него другого тела из более твердого материала.

Термическая обработка. Увеличение твердости металла достигается термической и термо-химической обработкой, под которой понимается его специальная теп-

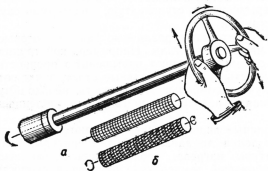


Рис. 10. Деформация кручения. Расположение образующих поверхностей вала:
а—до нагрузки; *б*—во время нагрузки,

ловая обработка, приводящая к изменению физико-механических и физико-химических свойств металла. Эти свойства металла определяют технологию изготовления и условия эксплуатации изделий из него.

При термической обработке металл претерпевает внутренние изменения, при которых изменяется расположение атомов в кристаллах и величина самих кристаллов (зерен), т. е. происходит его перекристаллизация.

Видами термической обработки стали являются: отжиг, закалка, отпуск, нормализация, цементация, азотирование (нитрирование) и цианирование (нитроцементация).

Отжиг стали применяют для понижения ее твердости, увеличения пластичности и ударной вязкости, устранения внутренних напряжений. При отжиге металл

нагревают до 200—700° С и несколько выше, после чего медленно охлаждают. Температура нагрева зависит от цели отжига, например: для возврата потерянных свойств от наклепа, для перекристаллизации, снятия внутренних напряжений.

Закалка представляет собой термическую обработку, при которой нагретую сталь выдерживают более или менее длительное время при высокой температуре, после чего быстро охлаждают. Различают закалку стали прерывистой, ступенчатую, изотермическую, поверхностную и др.

Закалкой решают различные задачи, которые зависят от назначения стали. Например, конструкционным сталям закалкой придают повышенную прочность и износостойкость, инструментальные стали закаляют с целью получить наибольшую твердость, необходимую для повышения ее режущих свойств и сопротивления износу, и т. д.

Различные виды закалки отличаются скоростью нагрева изделия до закалочной температуры, величиной температуры нагрева, продолжительностью выдержки при наибольшей температуре нагрева и скоростью охлаждения.

Скорость нагрева должна обеспечить его равномерность по всей толще. Поэтому на выбор скорости нагрева влияют размеры изделия, сложность его формы, химический состав металла, его теплопроводность и др. Быстрый и равномерный нагрев, особенно мелких деталей, получают при нагреве их в соляных или свинцовых ваннах.

Наибольшая температура нагрева стали зависит от ее химического состава и назначения. Для разных марок стали температура нагрева под закалку колеблется в пределах от 760 до 860° С.

Выдержка нагрева при наибольшей температуре определяется временем, которое необходимо для завершения превращений строения материала изделия во всем объеме закаливания. Закалка изделия на небольшую глубину требует меньшего времени, чем закалка на всю толщу.

Скорость охлаждения при закалке должна обеспечить образование необходимой структуры материала изделия. Выбор скорости охлаждения стали зависит от

содержания в ней углерода. Легирующие элементы в стали также влияют на выбор скорости охлаждения.

Быстрое охлаждение производится различными закалочными жидкостями. Основными охладителями являются вода при $15-20^{\circ}\text{C}$ и минеральное масло. Вода охлаждает закаливаемое изделие значительно быстрее, чем масло, но с повышением температуры ее закалывающие свойства понижаются, в то время как для масла они остаются неизменными в пределах нагрева от 20 до 200°C .

Способность стали закаливаться на большую или меньшую глубину называют прокаливаемостью. Она зависит от химического состава стали. При малой прокаливаемости сталь после закалки приобретает по толщине разную структуру и, следовательно, различные механические свойства. Это является причиной появления в закаленных деталях внутренних напряжений, вызывающих их коробление, а в случаях, когда эти напряжения превышают предел прочности, на изделии появляются трещины.

Для уменьшения внутренних напряжений и получения необходимых физико-механических свойств металла закаленные детали подвергают дополнительной термической обработке, называемой отпуском.

Отпуск представляет собой термическую обработку закаленной стали путем нагрева ее до температуры, не превышающей 723°C , с последующим медленным охлаждением.

По температуре нагрева различают три вида отпуска: низкий, средний и высокий.

Низкому отпуску подвергают режущие и измерительные инструменты, изделия после поверхностной закалки. Этот вид отпуска снижает внутренние напряжения, повышает вязкость стали и незначительно снижает ее твердость. Низкий отпуск производят при температуре $150-250^{\circ}\text{C}$.

Средний отпуск применяют для обработки рессор и пружин, температура отпуска составляет $350-450^{\circ}\text{C}$. При этом отпуске сталь получает высокие упругие свойства и достаточную вязкость.

Высокий отпуск производится при температуре $450-650^{\circ}\text{C}$. Он почти полностью снимает внутренние напряжения и создает наиболее благоприятное соче-

тание в изделиях прочности и вязкости. Высокому отпуску подвергают изделия из конструкционной стали.

Закалку с последующим высоким отпуском называют улучшением, а сталь — улучшенной, так как ее механические свойства значительно повышаются. Например, сталь в литом состоянии с содержанием углерода 0,6% имеет ударную вязкость 0,8 кГ/см². После отжига она повышается до 3,1 кГ/см², а после улучшения — до 16,5 кГ/см².

Различные виды закалок применяют в зависимости от марки стали и назначения обрабатываемого изделия. Например, изотермическую закалку применяют для получения высокой твердости, прочности и вязкости деталей и инструментов из высокоуглеродистой и легированной стали. При этом виде закалки закалочные (внутренние) напряжения и коробление незначительны, вследствие чего отпуск закаленного изделия в этом случае не обязателен.

Ступенчатой закалке подвергают детали сложной формы и изготовленные из средне- и высоколегированной конструкционной и инструментальной стали. Необходимые механические свойства изделия в этом случае получают после отпуска.

Поверхностная закалка применяется в случаях, когда изделие должно иметь поверхность высокой твердости и вязкую сердцевину, например зубья колес, цапфы осей и валов и т. д. Поверхностная закалка производится преимущественно с нагревом деталей токами высокой частоты. Закалке подвергается поверхность изделия на глубину 1—5 мм. Нагретая деталь охлаждается водой на месте нагрева (без переноса в охлаждающую среду).

Закалка с нагревом деталей токами высокой частоты по сравнению с другими видами обладает рядом существенных преимуществ: имеет более высокую производительность, создает возможность автоматизировать процесс закалки, не вызывает окисления и обезуглероживания изделия, коробление и внутренние напряжения незначительны.

Цементация есть химико-термическая обработка деталей путем диффузионного насыщения углеродом их поверхностных слоев при нагреве до 900—950° С с последующей закалкой. Применяется для повышения

твердости (износостойкости) или прочности малоуглеродистых сталей. Цементацию производят в твердых, жидких или газообразных средах (карбюризаторах), содержащих углерод. После цементации деталь под-

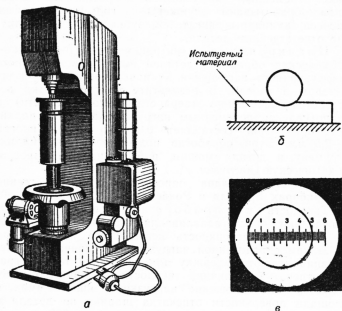


Рис. 11. Прибор Бринеля для определения твердости металла:
а—общий вид; б—схема вдавливания шарика; в—определение диаметра лунки.

вергают низкому отпуску. Твердость поверхностного слоя после цементации повышается до 58—65, а сердцевины — до 28—38 единиц по Роквеллу шкала С.

Азотирование (нитрирование) относится также к химико-термической обработке деталей из легированных сталей путем насыщения их поверхностного слоя азотом, который образует с легирующими элементами устойчивые химические соединения — нитриды. Азотирование производят при нагреве деталей до 500—600°С на глубину до 0,7 мм в специальных печах, в которые подается струя сухого аммиака. Азоти-

рованию подвергают детали после механической и термической обработки. Оно придает деталям высокую поверхностную твердость, сохраняющуюся при нагреве деталей до 500°C , высокое сопротивление истиранию, переменным нагрузкам и коррозии. Азотированием обрабатывают плунжеры и гильзы топливных насосов, цилиндры двигателей, зубья шестерен и другие ответственные детали.

Цианирование (нитроцементация) — химико-термическая обработка деталей путем одновременного диффузионного насыщения их поверхностного слоя углеродом и азотом. В результате этой обработки достигается повышение твердости (износостойкости) и сопротивления переменным нагрузкам. Глубина цианированного слоя составляет 0,02—0,5 мм, а иногда 2—2,5 мм. Этой обработке подвергают режущий инструмент и детали машин, работающие на износ и динамическую нагрузку.

Твердость металлов определяют преимущественно на приборах **Бринеля** и **Роквелла**.

Твердость на приборе **Бринеля** (рис. 11) определяют путем вдавливания стального закаленного шарика в поверхность испытуемого изделия под действием определенной нагрузки. По окончании вдавливания делают выдержку для получения точных границ отпечатка. Величина твердости по Бринелю определяется как отношение нагрузки в килограммах к площади поверхности отпечатка шарика на детали в квадратных миллиметрах. Твердость в 200 единиц Бринеля обозначают **НВ 200**.

Твердость на приборе **Роквелла** (рис. 12) определяют вдавливанием в поверхность детали алмазного конуса или стального шарика под заданной нагрузкой. Алмаз вдавливают сперва под предварительной нагрузкой в 10 кг, а затем — под нагрузкой в 60 или 150 кг в зависимости от твердости испытуемого материала. Твердость определяют по разности глубин проникновения конуса при предварительной и основной нагрузке. Глубина вдавливания указывается стрелкой индикатора прибора по одной из шкал **A** или **C**, каждая из которых соответствует одной из основных нагрузок. По шкале **B** испытывают менее твердые стали вдавливанием стального закаленного шарика под на-

грузкой в 100 кг. Твердость по Роквеллу обозначается соответственно шкалам HRA, HRB и HRC. (Н — начальная буква английского слова Hardness — твердость). Например, твердость по Роквеллу шкала С в 55 единиц обозначают: HRC55.

Многие физико-механические свойства металлов известны из курсов физики и химии, например: темпе-

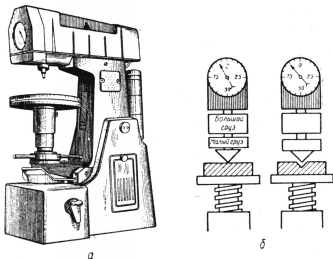


Рис. 12. Прибор Роквелла для определения твердости металла:
а — общий вид; б — схема вдавливания алмазного конуса в испытываемую деталь.

ратура плавления, теплопроводность, тепловое расширение, теплоемкость, электропроводность, магнитные свойства, удельные веса и т. д.

В таблице 1 приведены значения пределов прочности и текучести, а также твердости некоторых металлов в зависимости от их термической обработки.

Детали должны удовлетворять ряду требований, главными из которых являются:

1) прочность — способность детали выдерживать нагрузки без разрушения и без остаточных деформаций;

2) жесткость — способность детали, находящейся под действием нагрузки, получать весьма ограниченные по величине деформации;

Таблица 1

Значения предельных напряжений и твердости некоторых металлов

Марка	Предел прочности при растяжении кг/мм ²	Предел текучести кг/мм ²	Термическая обработка	Твердость по Бринеллю
Сталь:				
20	44—54	26	Нормализация	HB 156
45	64—76	36	то же	HB 187—217
40X	100	85	Отжиг	HB 207
30X H3A	110	90	то же	HB 241
25Л	45	24	то же	HB 112—137
55Л	60	35	то же	HB 166—217
Чугун:				
СЧ15—32	15	—	—	HB 163—229
	32 (при изгибе)			
КЧ 37—12	37	—	—	HB 163
	12 (относительное удлинение в %)			
Бронза:				
Бр ОЦСН				
3—7—5—1	21—18	—	—	HB 60
Латунь				
ЛМцС				
58—2—2	25—35	—	—	HB 80—70

3) долговечность — способность детали не разрушаться в течение длительного времени, установленного расчетом;

4) износостойкость — способность детали противостоять истиранию в течение длительного срока.

§ 5. РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Машины состоят из отдельных деталей. В зависимости от сложности конструкции их собирают из десятков, сотен и даже тысяч различных деталей.

Деталью называют часть машины, выполненную из одного куска металла или другого материала без сборочных операций. К деталям относятся, например, лемех, стойка плуга, заклепка, болт и т. д.

Две (или более) детали, соединенные между собой, называют узлом. Детали узла могут быть соединены неподвижно (например, стойка плуга с лемехом и отвалом) или подвижно (например, вал барабана комбайна с подшипниками).

Детали и узлы соединяют в группы, представляющие собою части машины (например, лебедка крана или передняя бабка станка).

Машины собирают из деталей, узлов и групп, присоединяя их к станине или раме машины или соединяя между собой.

Неподвижные соединения разделяют на разъемные и неразъемные.

Разъемными называют соединения, у которых при разборке машины, детали узла, включая крепежные детали, не разрушаются и они остаются годными для дальнейшего применения.

Наиболее распространенным видом разъемного соединения является резьбовое.

Резьбы подразделяют на цилиндрические и конические.

Конические резьбы применяют почти исключительно в трубных соединениях, где необходима непроницаемость соединения без применения уплотняющих материалов (льняных нитей, пряжи с суриком и т. п.).

Таблица 2

Размеры метрической резьбы для болтовых соединений
(см. рис. 13)

Диаметр резьбы, мм			Шаг резьбы, мм s	Высота профиля, мм t
наружный d_o	средний d_{cp}	внутренний d_1		
12	10,863	10,106	1,75	0,947
14	12,701	11,835	2	1,082
16	14,701	13,835	2	1,082
18	16,376	15,294	2,5	1,353
20	18,376	17,294	2,5	1,353

Цилиндрические резьбы делят на крепежные и специальные. В крепежных деталях применяют цилиндрическую треугольную резьбу. Она бывает мет-

рическая и дюймовая. В машиностроении Советского Союза применяют только метрическую резьбу, а в США, Англии и других странах — дюймовую. В СССР дюймовую резьбу применяют только для изготовления запасных деталей к старым машинам.

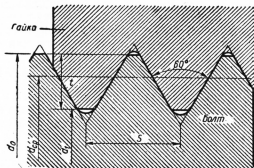


Рис. 13. Профиль крепежной треугольной метрической резьбы.

На рисунке 13 показан профиль крепежной треугольной метрической резьбы, а в таблице 2—ее размеры для болтовых соединений.

К крепежным деталям разъемных соединений относятся: резьбовые детали, шпильки, шайбы, шпонки, зубчатые (шлицевые) соединения и штифты.



Рис. 14. Болт с гайкой.

Резьбовые крепежные детали — болты, гайки, шпильки, винты. Резьбовыми их называют потому, что они имеют винтовую резьбу.

Болт (рис. 14) представляет собою стержень, имеющий на одном конце головку квадратной, шестигранной

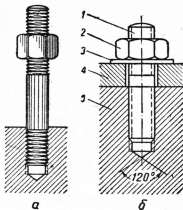


Рис. 15. Шпилька:

а—общий вид; *б*—соединение шпилькой;
 1—шпилька; 2—гайка; 3—шайба; 4—соединяемая деталь с отверстием без резьбы;
 5—соединяемая деталь с резьбовым отверстием.

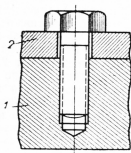
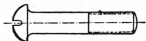
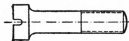


Рис. 16. Винт:

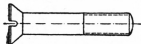
1—соединяемая деталь с резьбовым отверстием; 2—соединяемая деталь с отверстием без резьбы.



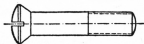
С полукруглой головкой



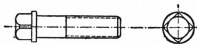
С цилиндрической головкой



С конической головкой



С полуконической головкой



С шестигранной головкой и буртиком



С головкой под отверстием

Рис. 17. Форма головок винтов.

или другой формы, а на другом — резьбу для гайки. Болт вводят в отверстия соединяемых деталей. При навинчивании гайки детали зажимаются между головкой болта и гайкой.

Шпилька (рис. 15) имеет резьбу с обоих концов. Шпильку 1 ввинчивают в одну из соединяемых деталей, в которой нарезано отверстие. Вторую деталь 4 отверстием надевают на шпильку и крепят с деталью 5 навинчиванием гайки 2. Под гайку ставят шайбу 3.

Винт (рис. 16) по конструкции ничем не отличается от болта, но для соединения деталей применяется без гайки. При ввинчивании винта в нарезанное отверстие детали 1 головка винта прижимает к ней деталь 2.

На рисунке 17 показана форма головок винтов.

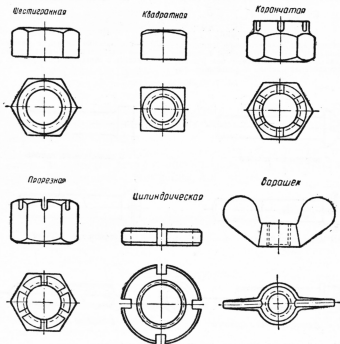


Рис. 18. Форма гаек.

Гайка представляет собой деталь с нарезанным отверстием для навинчивания на болт или шпильку. Ее чаще всего делают в виде шести- или четырехгранной призмы. В ряде случаев гайку выполняют цилиндрической формы. При предохранении гаек от самоотвинчивания с помощью штифтов или шплинтов их делают корончатыми. На рисунке 18 показаны различные формы гаек.

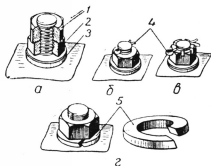


Рис. 19. Крепление резьбовых соединений:
а—контргайкой; *б*—шплинтом обыкновенной гайки;
в—шплинтом корончатой гайки; *г*—шплинтом корончатой гайки;
1—контргайка; *2*—основная гайка; *3*—плоская шайба; *4*—шплинт; *5*—пружинная шайба.

Шайба подкладывается под гайку или головку винта. Плоскую шайбу применяют для предохранения поверхности детали от истирания при навинчивании и отвинчивании гайки или винта, а пружинную или стопорную с отгибными лапками и носками — для предохранения от произвольного отвинчивания (самоотвинчивания) гайки или винта при толчках и вибрации.

Для того чтобы резьбовое соединение не ослабевало вследствие самоотвинчивания гайки, помимо пружинных шайб и шплинтов, применяют контргайки.

На рисунке 19 показаны некоторые способы крепления (стопорения) резьбовых деталей от самоотвинчивания.

Болты обычно используют в соединениях, где к ним обеспечена доступность как со стороны головки, так и со стороны гайки (например, в соединении паль-

па и бруса косилки или в соединении подшипника вала барабана и рамы молотилки).

Шпильки и крепежные винты применяют в случаях, когда доступность к соединению возможна только с одной стороны (например, в соединении колес автомобиля и тормозного барабана или головки и блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания).

Крепежные винты применяют в менее нагруженных соединениях.

Пальцы. Палец (рис. 20) представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и отверстием для шплинта на другом. Шплинт удерживает палец от выпадения. Примером применения пальцев может служить присоединение прицепных машин к серье трактора.

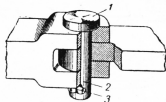


Рис. 20. Соединение пальцем:
1—головка; 2—палец; 3—шплинт.

Шпонки. Шпонки (рис. 21) служат для крепления различных деталей на валу (например, зубчатых колес,

шкивов, муфт, рукояток). Они делятся на клиновые, призматические, сегментные и специальные. Клиновые шпонки создают напряженное соединение, так как они заклинивают деталь на валу, а призматические и сегментные — ненапряженное, так как деталь может свободно смещаться по ним вдоль вала.

Клиновые шпонки (рис. 21, а) делают с головкой и без головки. Наличие головки позволяет забивать и удалять шпонку с одной и той же стороны детали. Клиновые шпонки применяют в механизмах невысокой точности, так как они смещают ось ступицы детали относительно оси вала и приводят к некоторому перекосу соединяемых деталей. Их применяют для крепления шкивов ременных передач, зубчатых колес строительных лебедок с ручным приводом и т. п.

Для установки клиновой шпонки на валу и в ступице детали делают канавки, в каждую из которых шпонка входит половиной своей высоты (врезная

шпонка). Если крутящий момент невелик, то на валу для шпонки вместо канавки фрезеруют плоскость — лыску (шпонка на лыске).

Призматические шпонки (рис. 21, б), как и клиновые врезные, устанавливают в канавки втулки и вала, но без заклинивания. Их применяют в узлах, где требуется точный монтаж, и в узлах, где необходимо деталь перемещать вдоль вала. В последнем случае шпонки называют направляющими. Направляющие шпонки крепят к валу или к ступице винтами. Их применяют для соединения с валом подвижной части муфты сцепления.

Сегментные шпонки (рис. 21, в) по характеру крепления детали на валу аналогичны призматическим шпонкам. Их применяют при малых размерах узла и небольших нагрузках. Сегментные шпонки просты в изготовлении.

Специальные шпонки применяют в тех случаях, когда применение шпонок общего назначения (стандартных) невозможно. Примерами специальных шпонок служат гладкие привертные и ступенчатые закладные шпонки для уста-

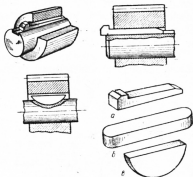


Рис. 21. Шпонки и соединение ими: а — клиновая; б — призматическая; в — сегментная.

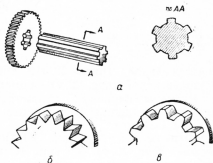


Рис. 22. Зубчатое (шлицевое) соединение:

а — с прямоугольными зубьями; б — с треугольными зубьями; в — с эвольвентными зубьями.

новки приспособлений на столах станков (фрезерного, сверлильного и др.).

Зубчатые (шлицевые) соединения (рис. 22) по своему характеру соответствуют призматическим шпонкам и отличаются от них только тем, что вместо одной применяют несколько шпонок-зубьев, сделанных за одно целое с валом. Зубья входят в соответствующие канавки, сделанные в ступице детали.

Зубчатые соединения применяются в муфтах и коробках передач различных станков, тракторов, комбай-

нов, автомобилей и многих других машин. По сравнению со шпонками зубчатые соединения обладают рядом преимуществ, основным из которых является более точная центровка соединения, а при эвольвентных зубьях — большая прочность при переменных нагрузках. Наибольшее распространение имеют зубчатые (шлицевые) соединения с

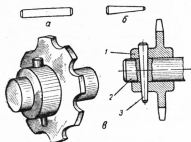


Рис. 23. Штифты:

а — цилиндрический; *б* — конический; *в* — соединение штифтом: 1 — ступица; 2 — вал; 3 — штифт.

прямоугольной (рис. 22, *а*), треугольной (рис. 22, *б*) и эвольвентной (рис. 22, *в*) формой зубьев.

Размеры клиновых, призматических и сегментных шпонок, а также зубьев шлицевых соединений нормированы ГОСТом.

Штифты. Штифты (рис. 23) изготовляют цилиндрической (рис. 23, *а*) и конической (рис. 23, *б*) формы. Их применяют для крепления и установки соединяемых деталей. На рисунке 23, *в* показано применение конического штифта для крепления звездочки к валу.

Кроме того, штифты служат для обеспечения точного взаимного расположения соединяемых деталей. В этом случае штифты называют установочными или контрольными.

В последнее время в технике все более широкое применение находит **бесшпоночное соединение** деталей с валом. Оно хорошо центрирует детали на валу и не

требует канавок на валу и в ступице детали, что увеличивает их прочность.

Бесшпоночные соединения применяют двух видов: профильные и с зажимными кольцами.

В профильном бесшпоночном соединении посадочное место на валу и отверстие ступицы устанавливаемой на нем детали выполняются не круглого, а какого-нибудь другого профиля, например эллипса. При таком профиле посадочного места устраняется возможность проворачивания детали на валу.

Соединение с зажимными кольцами основано на том, что отверстие ступицы имеет больший диаметр, чем диаметр вала. В образованный кольцевой зазор устанавливают конические зажимные кольца, которые при затягивании давят на поверхность ступицы и вала, вызывая на них силы трения, которые и передают нагрузку с вала на деталь (или наоборот).

§ 6. НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Неразъемными соединениями деталей называются такие соединения, при разборке которых необходимо разрушить соединяющую деталь. Например, для отделения сегмента от спинки ножа косилки, соединенных заклепками, последние должны быть разрублены и удалены из отверстий.

Неразъемные соединения выполняют с помощью заклепок, сварки и пайки.

Сварные соединения имеют ряд преимуществ. Они получили очень широкое распространение и там, где технически возможно, применяются вместо заклепочных.

1. Заклепочные соединения

Заклепочные соединения применяются: 1) в конструкциях, работающих под действием вибрационной и ударной нагрузки при высоких требованиях к надежности соединения, когда современная технология сварки этого не обеспечивает;

2) когда нагревание мест соединения при сварке недопустимо вследствие опасности коробления оконча-

тельно обработанных точных деталей или опасности отпуска термически обработанных деталей;

3) в случае соединения деталей из металлов различного вида или неметаллических материалов, для которых сварка неприменима.

Заклепка (рис. 24) представляет собой стальной круглый стержень, имеющий на одном конце головку, называемую закладной головкой. Заклепки

Рис. 24. Формы закладных головок у заклепок:

а — полукруглая; *б* — потайная; *в* — полупотайная; *г* — плоская; *д* — овальная.

изготавливаются из стали и цветных металлов — меди, алюминия и латуни. Материалы заклепок и соединяемых деталей должны быть по возможности одинаковые во избежание нарушения плотности при изменении температуры из-за различия коэффициентов расширения и повышенной коррозии вследствие образования гальванической пары.

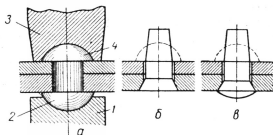


Рис. 25. Соединение заклепкой:

а — полукруглой; *б* — потайной; *в* — полупотайной; 1 — упор; 2 — закладная головка; 3 — обжимка; 4 — замыкающая головка.

Конструкция и размеры заклепок нормируются ГОСТом.

Стандартом предусмотрены заклепки с полукруглой закладной головкой (рис. 24, *а*), потайной головкой (рис. 24, *б*), полупотайной головкой (рис. 24, *в*), пло-

ской головкой (рис. 24, *г*) и овальной головкой (рис. 24, *д*).

Для соединения деталей заклепкой последнюю нагревают и в раскаленном виде вводят в отверстия, просверленные или пробитые в соединяемых деталях. Головку 2 заклепки (рис. 25) прижимают упором 1, а выступающую часть стержня с помощью обжимки 3 ударами молота осаживают, образуя замыкающую головку 4.

Стальные заклепки диаметром стержня менее 12 мм, а также медные, латунные и алюминиевые заклепки расклепывают без предварительного нагревания.

2. Сварные соединения

Сварные соединения осуществляют электродуговой, электроконтактной и газовой сваркой.

Сварку широко применяют при изготовлении металлических конструкций мостов, строительных кранов, рам машин и т. д., а также при ремонте машин. В настоящее время сваривают детали, изготовленные из всех марок углеродистых и легированных сталей, из цветных металлов и чугуна. Производство сварных соединений дешевле клепаных.

Электродуговая сварка была изобретена в России Н. Н. Бенардосом в 1882 г. (сварка угольным электродом) и Н. Г. Славяновым в 1888 г. (сварка металлическим электродом). Широкое применение в промышленности получила электродуговая сварка по методу Славянова. Метод Бенардоса применяется сравнительно редко.

При электродуговой сварке соединяемые детали в месте сварки нагревают электрической дугой, температура которой достигает 5000—6000° С.

При сварке применяют сварочные аппараты постоянного и переменного тока. Наибольшее распространение получили аппараты переменного тока вследствие большей экономичности питания переменным током.

Ток от электросварочного аппарата по проводам 7 (рис. 26, *а*) подводят одновременно к свариваемой детали 5 и электроду 1. При приближении электрода к детали образуется электрическая дуга 3, от которой

нагреваются и плавятся кромки деталей 4 и 5 и электрод. При остывании металла образуется сварной шов 6.

На рисунке 26, а показаны конструкции швов,

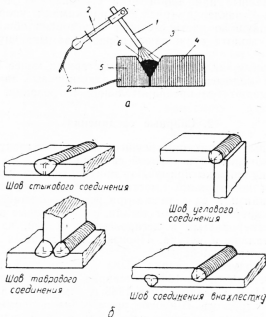


Рис. 26. Электродуговая сварка:

а — схема; б — конструкции швов: 1 — электрод; 2 — электрододержатель; 3 — электрическая дуга; 4 и 5 — свариваемые детали; 6 — шов; 7 — провода.

Во время сварки электрическая дуга испускает ослепительный свет и разбрасывает брызги расплавленного металла. Для защиты глаз от света дуги и тела от брызг металла сварочную работу выполняют в брезентовом костюме, в брезентовых рукавицах и в шлеме с темными стеклами. Вместо шлема применяют также специальный щиток.

Электродуговая сварка может быть ручной и автоматической.

При ручной сварке применяют передвижные аппараты, а при автоматической — стационарные.

Сварочные аппараты на переменном токе называются сварочными трансформаторами.

На рисунке 27 приведена схема сварочного трансформатора типа СТЭ. Основной его частью является понижающий трансформатор 1. Аппарат имеет реактор 2, предназначенный для создания устойчивой сва-

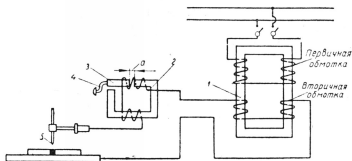


Рис. 27. Схема сварочного трансформатора:

1—трансформатор; 2—реактор; 3—подвижной сердечник; 4—рукоятка для перемещения сердечника при изменении воздушного зазора a ; 5—электрод.

рочной дуги, т. е. чтобы во время работы она не гасла. При помощи реактора регулируется сила сварочного тока, достигающего нескольких сот ампер. Для этого изменяют величину воздушного зазора a , перемещая рукояткой 4 сердечник 3. Трансформаторы понижают напряжение сети до 30—60 в.

Более производительной является автоматическая сварка под флюсом. Она выполняется сварочными аппаратами, приспособленными для серийного производства сварных конструкций — арматуры, труб и других изделий. Институтом электросварки имени академика Патона Академии наук УССР разработаны и внедрены в производство совершенные методы автоматической сварки под флюсом и создана сварочная аппаратура высокой производительности. Работы этого института получили мировую известность.

Для обеспечения качества электросварки необходимо правильно подобрать электроды. Для сварки

деталей из серого чугуна с предварительным нагревом их до 400—500° С применяют электроды ОМЧ-1, изготовляемые из чугунных прутков. Наплавленный металл в этом случае поддается механической обработке. Электроды из монель-металла и меди позволяют сваривать серый чугун без предварительного подогрева и также дают обрабатываемый шов. Для сварки бронзы, латуни и алюминия применяют специальные для каждого из этих металлов электроды. Для сварки малоуглеродистой стали применяется электрод марки Э42, для сварки молибденовой котельной стали — ЭП50, для жаропрочной — ЭЛ4 и т. д. Электроды для сварки покрываются специальной обмазкой.

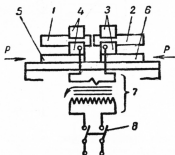


Рис. 28. Схема стыковой контактной сварки:

1, 2—свариваемые детали; 3, 4—зажимные губки; 5—неподвижная плита; 6—подвижная плита; 7—трансформатор; 8—включающее устройство.

Электрическая дуга применяется также для резки металла.

Контактная электро-сварка представляет электросварку металлов без добавления присадочного материала. Сваривание осуществляется путем местного нагрева в зоне соединения при одновременном сжатии соединяемых изделий. Нагрев производится теплом, выделяемым электрическим

током при протекании его в месте соединения свариваемых деталей.

Контактная сварка производится главным образом переменным током и импульсами постоянного тока (сварка аккумулялированной энергией). Последняя применяется сравнительно редко.

Виды контактной сварки: стыковая, точечная, рельефная, роликовая (шовная) и роликостыковая.

Стыковая сварка осуществляется на стыковых машинах. Детали свариваются по их торцовым поверхностям. На рисунке 28 приведена схема этого вида сварки. Сварочный ток подается от вторичной обмотки трансформатора 7, соединенного с сетью переменного

тока с помощью включающего устройства 8. Свариваемые детали 1 и 2 зажимаются в губках 3 и 4, укрепленных в неподвижной 5 и подвижной 6 плитах. При сварке торцы деталей сдвигаются с усилием в 2—3 кг/мм². Плотность сварочного тока в сечении электрода достигает 500—700 а/мм².

Детали можно сваривать без оплавления и с оплавлением их торцов. При сварке без оплавления детали сдвигаются до пуска сварочного тока, а при сварке с оплавлением ток пускается до сдвигания деталей. Стыковая сварка с оплавлением получила большее распространение, так как она не требует той тщательной подготовки торцовых поверхностей свариваемых деталей, какая необходима при сварке без оплавления.

Точечная сварка может быть двухсторонней и односторонней. Она производится на специальных машинах для контактной сварки. При точечной сварке соединяемые детали, обычно накладываемые внахлестку, свариваются в отдельных точках.

Основными частями машины для точечной сварки являются станина с двумя плечами, в которых за-

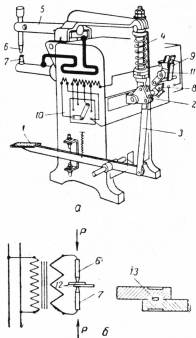


Рис. 29. Контактная точечная электросварка:

а—схема машины педального типа; б—принципиальная схема сварки; 1—педаль; 2—рычаг; 3—тяги; 4—пружина; 5—плечо; 6—верхний электрод; 7—нижний электрод; 8—собачка; 9—контактор; 10—сварочный трансформатор; 11—ролик; 12—свариваемые детали; 13—точка сварки.

крепятся электрододержатели, сварочный трансформатор и механизм для сжатия свариваемых деталей.

На рисунке 29 приведены схема точечной машины pedalного типа и принципиальная схема точечной сварки. При нажатии на педаль 1 рычаг 2 поворачивается тягой 3, при этом пружина 4 сжимается и верхнее плечо 5 опускает верхний электрод 6 до нижнего электрода 7 с необходимым усилием. Одновременно

рычаг 2 при помощи собачки 8 и контактора 9 включает сварочный трансформатор 10. После достижения необходимой степени нагрева производится дальнейшее нажатие на педаль 1, при этом собачка 8 проскакивает мимо ролика 11, контактор 9 размыкается и сварочный ток выключается. Длительность протекания тока при сварке (количество подводимой электроэнергии) устанавливается с помощью автоматических устройств.

В машинах точечной сварки, помимо pedalных, применяются моторные, пневматические и гидравлические механизмы сжатия.

Машины для точечной сварки бывают автоматические и неавтоматические.

Роликовая сварка (шовная) отличается от точечной тем, что соединяемые детали свариваются не в отдельных точках, а непрерывной линией в виде шва. В качестве электродов служат вращающиеся ролики. Применяется для сварки тонких листов (до 1,5—2 мм) из малоуглеродистой и нержавеющей стали, латуни, бронзы и алюминиевых сплавов. При роликовой сварке образуется не только прочное, но и герметическое соединение деталей.

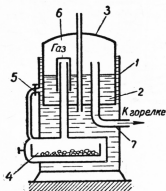


Рис. 30. Устройство ацетиленового генератора:

1—корпус генератора; 2—вода; 3—газовый колпак; 4—реторта; 5—кран для пуска воды в реторту; 6—газовая трубка из реторты; 7—газоотводная трубка из-под колпака к горелке.

Газовая сварка производится путем нагрева соединяемых деталей и присадочного материала теплом, выделяемым при горении газа. Наиболее распро-

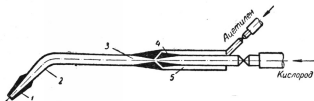


Рис. 31. Устройство сварочной горелки:

1 — муфштук; 2 — трубка наконечника; 3 — смесительная камера; 4 — инжектор; 5 — ацетиленовый канал.

странена газовая сварка, получающая нагрев от горения ацетилена в кислороде, так называемая ацетилено-кислородная сварка.

При ацетилено-кислородной сварке к расплавленной кромке свариваемых деталей добавляют присадочный металл от стального прутка, который вводится в пламя горелки.

Ацетилен получается при помощи передвижного генератора или подвозится к месту работы в специальных баллонах. Кислород также доставляется в баллонах.

На рисунке 30 приведена схема ацетиленового генератора. Основными частями его являются корпус 1 для воды, газовый колпак (газгольдер) 3 и реторта 4 для карбида кальция. Газ образуется при соединении карбида кальция с водой. Вода в реторту подается каплями из корпуса через

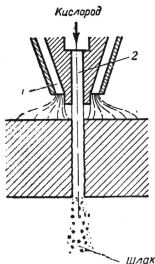


Рис. 32. Схема кислородной резки металла:

1 — кольцевой ацетилено-кислородный канал; 2 — центральный кислородный канал.

кран 5. Газ поступает из реторты в колпак по трубке 6, а из колпака к горелке — по трубке 7. К горелке газ поступает под давлением 0,1—0,5 атмосферы, а кислород из кислородного баллона — под давлением 2—3,5 атмосферы. На рисунке 31 приведена схема горелки.

Ацетилено-кислородное пламя используется также при кислородной резке металла, основанной на способности железа гореть в кислороде с выделением большого количества теплоты и с образованием расплавленных окислов железа. Для возбуждения горения необходим предварительный высокий нагрев места резки и последующее поддержание этого подогрева. Поэтому кислородные резаки состоят из нагревательной кислородно-газовой горелки и соединенной с ней трубки режущего кислорода.

На рисунке 32 приведена схема резки. Ацетилено-кислородная смесь поступает по кольцевому каналу 1 и, выходя из него, образует пламя, которое разогревает металл. По каналу 2 поступает струя чистого кислорода. При равномерном и прямолинейном движении резака кромка среза получается ровной и прямолинейной.

3. Пайка

Пайка применяется для соединения слабонагруженных деталей. Пайка отличается от сварки тем, что соединяемые детали не плавятся. Соединение осуществляется легкоплавким металлом, называемым припоем, заполняющим зазор между деталями.

Различают **пайку твердыми припоями** из сплава меди, серебра и других металлов (медно-цинковые и серебряные припои) и **пайку мягкими припоями** из сплавов олова, свинца и других металлов.

Более прочные соединения дают **твердые припои**. Они плавятся при температуре 720—860° С. **Мягкие припои** плавятся при температуре 200—300° С.

Мягкие припои применяют для получения герметичности или хорошего контакта в соединениях электроприборов.

Для получения качественной пайки поверхности соединяемых деталей должны быть тщательно очищены от грязи и жировых наслоений при помощи канифоли или соляной кислоты с растворенным в ней цинком.

§ 7. ДЕТАЛИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

В технике широко применяется вращательное движение, осуществляемое при помощи валов, осей и их опор.

Валом называется такая деталь машины, которая служит одновременно для передачи крутящего момента и для поддержания вращающихся деталей.

Осью называется деталь, которая служит только для поддержания вращающихся деталей, при этом она может быть закреплена неподвижно или вращаться вместе с сидящими на ней деталями.

Валы бывают общего и специального назначения.

К валам общего назначения относятся такие, которые служат только для передачи крутящего момента и поддержания вращающихся деталей.

Валами специального назначения являются такие, которые, кроме передачи крутящего момента и поддержания вращающихся деталей, служат также для выполнения других важных функций в машинах. К ним относятся, например, коленчатые, кривошипные, эксцентриковые и кулачковые, являющиеся звеньями механизмов для преобразования вращательного движения в прямолинейно-поступательное или наоборот.

Валы общего назначения по своей конструкции делятся на следующие типы:

1) гладкие, имеющие одинаковый диаметр во всей длине;

2) ступенчатые, имеющие участки различного диаметра для удобства надевания и закрепления на них деталей передач и подшипников;

3) шлицевые, у которых на отдельных участках нарезаны зубцы (шлицы) для установки неподвижно сидящих или скользящих вдоль вала деталей;

4) фланцевые, имеющие выполненные заодно с валом фланцы для соединения с муфтами и другими деталями;

5) валы-шестерни и валы-червяки, представляющие собой ступенчатые валы, выполненные заодно с шестернями или червяками; эти валы могут иметь шлицы;

6) гибкие, служащие для привода переносных инструментов (машинки для стрижки волос, абразивных кругов, сверл и т. п.) и других целей.

На рисунке 33 приведен общий вид некоторых валов общего и специального назначения.

Валы общего и специального назначения применяют во многих сельскохозяйственных машинах. К валам общего назначения относится, например, вал барабана молотилок комбайнов, валы в коробке передач

трактора, полуоси заднего моста автомобиля, вал барабана лебедки. К валам специального назначения относится коленчатый вал тракторного двигателя, с помощью которого вращательное движение, преобразованное из поступательного движения поршня, передается на ведущие колеса, которые в свою очередь преобразуют вращательное движение в поступательное движение всего трактора.

В тех случаях, когда необходимо уменьшить вес вала или пропустить через продольное отверстие в нем другие детали, валы изготовляют пустотелыми (трубчатыми).

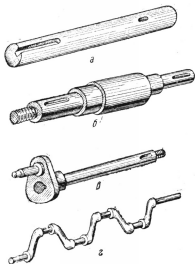


Рис. 33. Валы:

а — общего назначения, постоянного сечения; б — общего назначения, ступенчатый; в — специального назначения, кривошипный; г — специального назначения, коленчатый.

К таким валам относится шпиндель токарного станка.

Режущий аппарат уборочных машин приводится в движение от кривошипного вала (рис. 33, в). Вращательное движение этого вала преобразуется в возвратно-поступательное движение ножа косилки. Этот вал является составной частью кривошипно-шатунного механизма уборочной машины.

Валы всегда подвижны и связаны с рамой машины опорами, в которых они свободно вращаются. Участки вала, лежащие в опорах, называются

цапфами (рис. 34). Усилие, действующее со стороны опоры на цапфу, может быть направлено по радиусу ее поперечного сечения (радиальное усилие) или вдоль оси (осевое усилие). Цапфы 1, воспринимающие радиальные усилия и находящиеся на конце вала, называются шипами. Цапфы 2, воспринимающие радиальные усилия и расположенные в средней части вала,

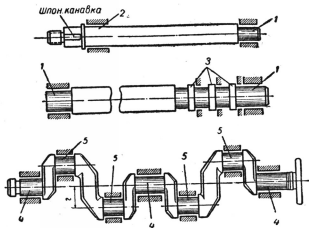


Рис. 34. Опорные части валов:

1—шипы; 2—шейки; 3—пяты; 4—коренные шейки; 5—шатунные шейки.

называются шейками. В коленчатых валах шейки 4, лежащие на неподвижных опорах корпуса двигателя, называются коренными. Шейки 5 коленчатого вала, к которым присоединяют шатуны, называются шатунными. Геометрические оси шатунных шеек движутся по окружности радиусом r .

Цапфы 3, воспринимающие осевую нагрузку, называются пятями. Они могут быть расположены в конце вала с упором на его торец или в средней части, где упором являются торцы выточенных на валу кольцевых выступов — гребней. Вал с пятями предназначен одновременно для передачи крутящего момента и восприятия осевого давления. Такой вал устанавливают, например, в гидротурбинах.

В случае, когда в процессе работы взаимное положение вала двигателя и оси вращения рабочего органа меняется, применяют **гибкие валы**. Выполняются они шарнирными и проволочными. Благодаря простоте конструкции и надежности последние получили более широкое распространение. Проволочный гибкий вал скручен из нескольких стальных проволок и заключен в металлическую гибкую броню, служащую опорой

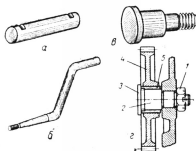


Рис. 35. Оси:

а — прямая; *б* — изогнутая; *в* — ступенчатая;
г — установка деталей на ступенчатой оси;
1 — гайка; *2* — ось; *3* — головка оси; *4* — шестерня; *5* — втулка.

гибкого вала. Вместе с этим броня защищает вал от грязи, сохраняет смазку, а также защищает от захвата валом обслуживающего персонала. Кроме металлической, броня может быть выполнена из ткани и резины.

Гибкие валы применяют, например, в агрегатах для стрижки овец.

Оси, как указывалось ранее, служат только для поддержания вращающихся де-

талей и могут быть закреплены неподвижно или вращаться вместе с посаженными на них деталями. При неподвижном креплении оси деталь вращается в подшипниках или втулках, вмонтированных в ее ступицу.

На рисунке 35 показаны общие виды некоторых осей и крепление вращающейся детали (шестерни) на ступенчатой оси.

Неподвижные оси жестко крепят к частям машины. На рисунке 35, *г* показано крепление оси к раме гайкой.

Вращающиеся оси соединяют с опорами, устанавливаемыми в рамах машин. В этом случае детали на осях закрепляют шпонками или другим подобным способом.

В сельскохозяйственных машинах часто применяют изогнутые оси, например ось колеса прицепного плуга (рис. 35, *б*).

Опоры воспринимают нагрузки, действующие на вал или ось, и обеспечивают их свободное вращение.

По роду трения, возникающего между неподвижной опорой и вращающимся валом или подвижной осью, их делят на опоры скольжения и опоры качения.

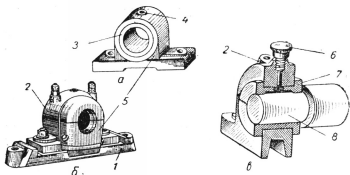


Рис. 36. Подшипники скольжения:

а—неразъемный; *б*—разъемный; *а*—с цапфой; 1—плита; 2—крышка; 3—втулка; 4—отверстие для смазки; 5—корпус; 6—масленка; 7—вкладыши; 8—цапфа вала.

Опоры, воспринимающие радиальную нагрузку, называют подшипниками. На подшипники вал опирается своими шипами и шейками.

Опоры, воспринимающие осевую нагрузку, называют подпятниками. На подпятники валы или оси опираются своими пятнами.

Существуют опоры, одновременно воспринимающие радиальные и осевые силы. Такие опоры называют радиально-упорными подшипниками.

В опорах скольжения (подшипниках скольжения) цапфы вала или подвижной оси скользят по неподвижной поверхности опоры.

На рисунке 36 показаны опоры скольжения. Неразъемный подшипник скольжения показан на рисунке 36, *а*. В неразъемных подшипниках цапфа скользит по втулке, запрессованной в корпус подшипника. На рисунке 36, *б*

изображен разъемный подшипник скольжения, состоящий из корпуса и прикрепленной к нему болтами крышки. В таких подшипниках имеется два вкладыша, один из которых укреплен в корпусе, а другой — в крышке. Разъемные подшипники удобны при сборке и разборке машины.

На рисунке 37 изображен радиально-упорный подшипник, в корпусе 1 которого имеются втулка 3 и подушка 2 подпятника. Радиальная нагрузка передается на втулку с цилиндрической поверхности цапфы 4 вала, а осевая сила действует на подушку с торца вала. В данном случае торец вала является пятой.

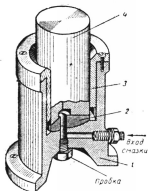


Рис. 37. Радиально-упорный подшипник.

1—корпус; 2—подушка подпятника;
3—втулка; 4—цапфа вала.

Для уменьшения трения между цапфой и опорой вводят смазку. Смазочным материалом опор служит минеральное или растительное масло и густые (консистентные) мази. Смазку к вкладышу подшипника подводят с помощью масленок и других устройств. На рисунке 38 изображены пресс-масленки и колпачковая масленка.

Пресс-масленки запрессовывают или ввертывают на резьбе в корпус опоры. Шарик 2 пресс-масленки прижимается пружиной 3 к отверстию гильзы, препятствуя проникновению в опору грязи. При нагнетании смазки шарик отжимается в глубь гильзы.

Колпачковая масленка (рис. 38, в) состоит из крышки 4 и корпуса 5 с отверстием для подачи смазки. Мазь, заполняющая масленку, подается к вкладышу по мере навинчивания крышки на корпус масленки. Масло выжимается в отверстие 6 и через каналы в крышке подшипника поступает к вкладышу.

Существует много других типов масленок и способов смазки опор.

Материал вкладышей и втулок обычно выбирают менее прочным и износостойким, чем материал цапф вала, так как износившийся вкладыш (или втулку) легче и дешевле заменить новым, чем износившийся вал.

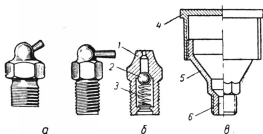


Рис. 38. Масленки:

а—общий вид пресс-масленок; *б*—разрез пресс-масленки; *в*—копачковая масленка; 1—гильза; 2—шарик; 3—пружина; 4—крышка копачковой масленки; 5—корпус; 6—отверстие в корпусе.

Для правильной работы опоры скольжения смазка должна смачивать поверхность вкладыша (прилипать), что ставит выбор материала для вкладышей в зави-

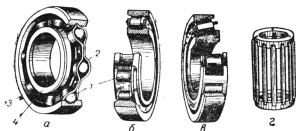


Рис. 39. Радиальные подшипники качения.

а—шариковый; *б*—роликовый; *в*—радиально-упорный роликовый; *г*—роликовый без колец; 1—тело качения; 2—сепаратор; 3—внешнее кольцо; 4—внутреннее кольцо.

симость от рода смазочного материала. Кроме того, комбинация материалов вкладышей и цапф должна быть выбрана с наименьшим коэффициентом трения скольжения.

При смазке, например, опор скольжения на стальных валах минеральными и растительными маслами вкладыши выполняют главным образом из бронзы, чугуна и залитыми баббитом. При смазке водой вкладыши изготовляют из пластмасс и резины.

Опоры качения (подшипники качения) показаны на рисунке 39. Составными частями этих опор являются внешнее кольцо 3, внутреннее кольцо 4, тела качения 1 и сепаратор 2. Внешнее кольцо монтируется в корпус подшипника. При вращающемся вале оно остается не-

подвижным. Внутреннее кольцо укрепляется (напрессовкой) на валу и вращается вместе с ним, как одно целое. Между кольцами располагаются шариковые или роликовые тела качения.

Сопротивление трения качения, возникающее между телами качения и кольцами опоры, значительно меньше сопротивления трения скольжения, возникающего между цапфой и опорой скольжения.

По форме тел качения опоры делят на шариковые и роликовые подшипники. Размеры и типы подшипников качения нормируются ГОСТом.

По конструкции шариковые подшипники делятся на радиальные однорядные, радиальные сферические двухрядные и упорные шариковые однорядные и двухрядные. Размеры радиальных шариковых подшипников, выпускаемых промышленностью, колеблются по внешнему диаметру от 10 до 480 мм, по внутреннему диаметру — от 3 до 220 мм и по ширине — от 4 до 138 мм. Некоторые конструкции радиальных шариковых подшипников допускают вращение вала до 25 000 об/мин.

Роликовые подшипники делятся на радиальные однорядные с цилиндрическими роликами, радиальные двухрядные сферические (самоустанавливающиеся) и радиально-упорные конические. Размеры радиальных роликовых подшипников, выпускаемых промышленностью, колеблются по внешнему диаметру от

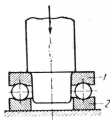


Рис 40. Упорный шариковый подшипник качения;

1 — подвижное кольцо подшипника; 2 — неподвижное кольцо.

35 до 820 мм, по внутреннему диаметру — от 15 до 500 мм и по ширине — от 11 до 167 мм. Некоторые конструкции радиальных роликовых подшипников допускают вращение вала до 16 000 об/мин.

На рисунке 39 показаны радиальные подшипники качения, а на рисунке 40 — упорный однорядный шариковый подшипник.

Подшипники качения смазывают густым или жидким маслом, заполняя им часть полости подшипника. Корпус подшипника в местах выхода вала уплотняют сальниками, которые препятствуют вытеканию смазки и проникновению внутрь корпуса влаги или твердых частиц из окружающего воздуха.

В некоторых сельскохозяйственных машинах применяют упрощенные опоры качения, одна из которых показана на рисунке 39, а. В самоходных комбайнах и других машинах применяют шариковые подшипники разовой смазки. Такие подшипники заправляют смазкой на заводе при их изготовлении. Они не требуют замены или дополнительной смазки в течение всего времени эксплуатации машины. Смазка удерживается в подшипнике специальными уплотнительными кольцами, плотно входящими в проточенные для них канавки во внешнем и внутреннем кольцах подшипника. Уплотнительные кольца предохраняют подшипники не только от вытекания смазки, но и от попадания внутрь его пыли и влаги из воздуха.

Опоры качения имеют более высокий коэффициент полезного действия, чем опоры скольжения обычных конструкций, т. е. работа сил трения и другие вредные сопротивления в них меньше, чем в опорах скольжения.

В последнее время созданы конструкции опор скольжения, у которых при установившемся режиме работы коэффициент полезного действия не ниже, чем у опор качения. К ним относятся, например, **сегментные подшипники и подпятники**, применяемые на валах гидротурбин и гребных винтов теплоходов. На рисунке 41 показан подшипник, имеющий жесткий вкладыш, поверхность которого канавками разделена на четыре сегмента. Каждый сегмент очерчен радиусом R , который больше радиуса r цапфы. Благодаря этому образуется клиновой зазор между цапфой и сегмен-

том, необходимый для создания жидкостного трения в опоре.

В других, более сложных конструкциях сегментных опор клиновой зазор создается самоустанавливающимися сегментами, представляющими собой отдельные детали, шарнирно соединенные с корпусом опоры.

Высокий коэффициент полезного действия усовершенствованных сегментных опор скольжения достигается тем, что в них, при установившемся рабочем режиме

(постоянной скорости вращения вала и нагрузке на опоре) и правильно выбранной марке смазочного материала, между металлическими поверхностями трения опоры и цапфы создается устойчивый слой смазочного масла. Таким образом, трение происходит не между смазанными поверхностями металла (полусухое или полужидкостное трение), как в обычных опорах скольжения, а между частицами жидкого масла (жидкостное трение).

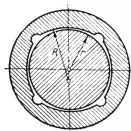


Рис. 41. Сегментный подшипник.

В отличие от опор качения в сегментных опорах в период пуска машины вредная работа сил трения больше, чем при установившемся режиме работы, так как в этот период сегментные опоры работают при полусухом трении. Поэтому сегментные опоры применяют в машинах, работающих длительное время без остановок. В машинах, работающих с частыми остановками (автомобили, тракторы и т. п.), применяют опоры качения.

§ 9. МУФТЫ

Муфты служат для соединения отдельных участков вала или для соединения валов двух машин. Например, муфты применяются для соединения вала электродвигателя с валом насоса или вала двигателя трактора с валом коробки передач.

По своему назначению муфты делятся на постоянные соединительные, управляемые (сцепные) и предохранительные.

1. Постоянные соединительные

Постоянные соединительные муфты служат для долговременного соединения валов. К ним относятся: жесткие простые (глухие) муфты (втулочные, продольно-свертные, поперечно-свертные); жесткие компенсирующие (зубчатые); жесткие раздвижные (втулочные, кулачковые); жесткие плавающие (с промежуточным диском); жесткие шарнирные (универсальные муфты, карданы); упругие компенсирующие (с ленточной змеевидной пружиной и др.); упруго-демпфирующие (пальцевые, с плоскими вкладышами).

Рис. 42. Втулочная муфта:
1, 2—соединяемые валы; 3—втулка; 4—штифты.

(с ленточной змеевидной пружиной и др.); упруго-демпфирующие (пальцевые, с плоскими вкладышами).

Жесткие простые (глухие) муфты применяются для соединения строго соосных валов, они не допускают какой-либо подвижности соединяемых валов. Применяются главным образом для соединения участков составного вала.

На рисунке 42 показана втулочная муфта. Втулочные муфты просты по конструкции и служат для постоянного и неподвижного соединения слабо нагруженных валов. Крепятся на соединяемых валах при помощи штифтов, шпонок и стопорных винтов. Изготавливаются из стали и чугуна.

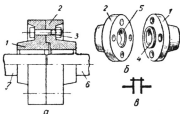


Рис. 43. Поперечно-свертная муфта:
а—муфта в сборе (разрезе); б—полумуфты;
в—схематическое изображение соединения муфтой; 1, 2—полумуфты; 3—болт; 4—центрирующий выступ; 5—центрирующая впадина; 6, 7—соединяемые валы.

Используются для соединения валов при помощи штифтов, шпонок и стопорных винтов. Изготавливаются из стали и чугуна.

На рисунке 43 изображена имеющая широкое применение поперечно-свертная муфта. Она состоит из двух полумуфт 1 и 2, которые на концах валов закрепляются шпонками и напрессовкой, а между собой — болтами 3.

Продольно-свертные муфты имеют ограниченное применение.

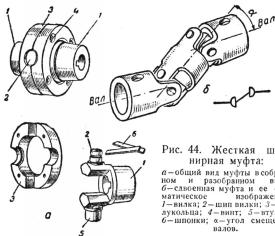


Рис. 44. Жесткая шарнирная муфта:

а — общий вид муфты в собранном и разобранном виде; б — сложенная муфта и ее схематическое изображение; 1 — вилка; 2 — шип вилки; 3 — полуколысца; 4 — винт; 5 — втулка; 6 — шпонки; а — угол смещения валов.

Жесткие компенсирующие (зубчатые) муфты применяются преимущественно в тяжелых машинах для соединения валов, имеющих отклонения от соосности. Допускают небольшое продольное, поперечное и угловое смещение одного вала относительно другого. Состоят из закрепленных на концах соединяемых валов втулок с наружными зубьями и надетой на них обоймы с внутренними зубьями. Работают со смазкой, для чего внутри муфты наливается масло.

Жесткие раздвижные (втулочные, кулачковые) муфты допускают некоторое продольное смещение одного вала относительно другого.

Втулочная раздвижная муфта отличается от втулочной глухой тем, что конец одного вала соединен с ней жестко (штифтом, винтом и т. п.), а конец другого вала соединен с втулкой на шлицах.

Кулачковая муфта состоит из двух половин с кулачками прямоугольной формы и центрирующей втулки.

Жесткие плавающие муфты допускают поперечное смещение одного вала относительно другого и небольшие продольные и угловые смещения.

Жесткие шарнирные муфты допускают поворот одного вала относительно другого в любом направлении, но так, чтобы оси валов всегда пересекались в центре муфты. Эти муфты применяются, например, в карданных передачах автомобилей.

На рисунке 44, а показана жесткая шарнирная муфта. Она состоит из двух вилок 1, укрепленных шпонками на концах соединяемых валов. Шипы 2 вилок соединяют кольцом 3, состоящим из двух частей. Полукольца скрепляют винтами 4. Между шипом и кольцом устанавливают втулки 5. Шарнирные муфты позволяют передавать движение между валами, оси которых пересекаются под углом, достигающим 15° и более. Для получения равномерного вращения ведомого вала применяют сдвоенные синхронные шарнирные муфты (рис. 44, б), так называемые карданы.

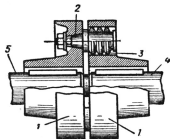


Рис. 45. Упруго-демпфирующая пальцевая муфта.

1 — полумуфты; 2 — палец; 3 — резиновая втулка; 4, 5 — соединяемые валы.

Упругие компенсирующие муфты с ленточной змеевидной пружиной допускают поворот одного вала относительно другого на некоторый угол, а также продольное, поперечное и угловое смещение валов — за счет упругой деформации металлических деталей (пружины). Применяются для передачи больших мощностей, например на электровозах.

Упруго-демпфирующие (от немецкого слова Dämpfer — гаситель колебаний) пальцевые и плоскими вкладышами муфты допускают некоторый поворот одного вала относительно другого, а также продольное, попе-

речное и угловое смещение валов за счет упругой деформации неметаллических деталей (резины и т. п.).

На рисунке 45 изображена упругая пальцевая муфта. Две полумуфты 1 крепят шпонками на концах соединяемых валов. Полумуфты соединены пальцем 2. На палец надета гофрированная резиновая втулка 3, через которую и передается усилие.

Упругие муфты смягчают толчки при неравномерной нагрузке и, кроме того, изолируют электроток, если материалом для упругих элементов муфты служит резина.

2. Управляемые (сцепные)

Управляемые (сцепные) муфты служат для такого соединения валов, которое можно при необходимости во время движения разъединить.

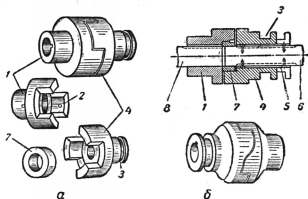


Рис. 46. Управляемые кулачковые муфты:

а — двустороннего действия; *б* — одностороннего действия; 1 — неподвижная полумуфта; 2 — кулачки; 3 — кольцевая выточка для вилки рычага включения; 4 — подвижная полумуфта; 5 — направляющая шпонка; 6 — ведомый вал; 7 — центрующая втулка; 8 — ведущий вал.

К этим муфтам относятся: кулачковые и зубчатые обычные; кулачковые и зубчатые с фрикционным синхронизатором; фрикционные с ручным, пневматическим, гидравлическим и электрическим управлением (постоянно разомкнутые и постоянно замкнутые); электромагнитные, жидкостные, поршневые и др.

Управляемые кулачковые и зубчатые обычные муфты имеют широкое распространение. Существенным недостатком кулачковых муфт является то, что ими нельзя пользоваться для включения на быстром ходу без соответствующих мер предосторожности против удара.

На рисунке 46 показаны управляемые кулачковые муфты двухстороннего (рис. 46, а) и одностороннего (рис. 46, б) действия. Кулачковая муфта состоит из неподвижной 1 и подвижной 4 полумуфт. Неподвижная полумуфта посажена на ведущем валу 8 жестко, а подвижная — на ведомом валу 6 свободно, и она может перемещаться вдоль вала по направляющей шпонке 5. Передача движения от ведущего вала к ведомому осуществляется зацеплением кулачков 2 полумуфт. Для выключения муфты подвижную полумуфту 4 отводят вдоль вала до тех пор, пока кулачки не выйдут из зацепления.

Кулачковые муфты применяют в коробке передач косилки, силосорезки и других сельскохозяйственных машин.

Кулачковые и зубчатые муфты с фрикционным синхронизатором обеспечивают безударное включение на холостом ходу. При включении муфты сначала включаются фрикционные поверхности синхронизатора, под действием которого уравниваются угловые скорости включаемых деталей. После выравнивания этих скоростей включаются кулачки или зубья. Применяются преимущественно в коробках передач автомобилей и в металлорежущих станках.

Фрикционные муфты служат для передачи крутящего момента за счет сил трения, действующих на фрикционных деталях. Наибольшее распространение получили дисковые муфты — постоянно замкнутые и постоянно разомкнутые. Постоянно замкнутые муфты используются в тех случаях, когда требуются кратковременные их выключения, например в автомобилях и мотоциклах. Постоянно разомкнутые муфты используются, наоборот, в тех случаях, когда требуются кратковременные включения муфт. В замкнутом или разомкнутом положении муфты находятся под соответствующим действием вспомогательных пружин.

Фрикционные муфты с ручным (ножным) управлением широко применяются в муфтах сцеплений авто-

мобилей, тракторов, самоходных комбайнов, мотоциклов и других подобных машин.

На рисунке 47 показана однодисковая постоянно замкнутая муфта сцепления трактора ДТ-54. Под действием пружин 4 ведомый диск 5 постоянно зажат между маховиком 1 и нажимным диском 3. При включенном сцеплении крутящий момент от маховика и нажимного диска посредством трения передается ведо-

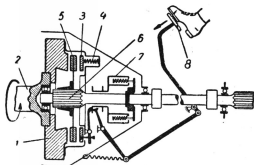


Рис. 47. Однодисковая постоянно замкнутая муфта сцепления трактора ДТ-54 (в разомкнутом состоянии):

1—маховик; 2—коленчатый вал; 3—нажимной диск; 4—пружина; 5—ведомый диск; 6—первичный вал коробки передач; 7—муфта выключения; 8—педаль с рычагами муфты выключения.

мому диску и от него к первичному валу 6 коробки передач. Для увеличения силы трения к ведомому диску приклепаны накладки из фрикционного материала.

Выключение муфты производят нажатием ноги на педаль 8, от которой с помощью системы рычагов муфта выключения 7 приводится в движение и отводит нажимной диск от ведомого, как показано на рисунке 47.

3. Предохранительные

Предохранительные муфты делятся на прерывающие соединения с неавтоматическим его восстановлением (со срезным штифтом, рычажные) и прерывающие соединения с автоматическим его восстановлением

(кулачковые, шариковые, фрикционные, дисковые и конусные).

Муфты со срезным штифтом применяются для предохранения от маловероятных перегрузок. Для восстановления соединения требуется замена срезанного штифта новым. Штифты изготавливаются из закаленной или улучшенной углеродистой стали и имеют проточку в ожидаемом месте среза.

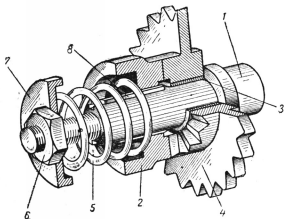


Рис. 48. Предохранительная муфта:

1—ведомый вал; 2—храповая муфта (штулка с зубцами); 3—штулка звездочки; 4—звездочка; 5—пружина; 6—гайка; 7—шайба; 8—шпонка.

Кулачковые муфты применяются при малых мощностях и скоростях вращения. Во время перегрузки муфта прощелкивает, что служит сигналом неполадки.

На рисунке 48 показана кулачковая предохранительная муфта, соединяющая ведомый вал 1 со свободно сидящей на нем звездочкой 4. Пружина 5 прижимает храповую муфту 2 к храповым зубьям звездочки, передавая тем самым вращение от звездочки к ведомому валу. Муфта свободно перемещается вдоль вала по направляющей шпонке 8. Пружина затягивается гайкой 6 с таким расчетом, чтобы при нормальной нагрузке на валу зубья муфты и звездочки из

зацепления не выходили. При перегрузке вал останавливается, муфта отходит от звездочки, сжимает пружину и, скользя по зубьям звездочки, прощелкивает.

Такие муфты устанавливают на валах автоматов картофелесажалок, в зерновых комбайнах и других сельскохозяйственных машинах.

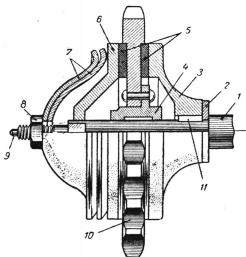


Рис. 49. Предохранительная муфта самоходного комбайна:

1—вал; 2—упорная шайба; 3—неподвижный диск; 4—ступица; 5—фрикционные кольца; 6—подвижной диск; 7—пружины; 8—гайка; 9—масленка; 10—звездочка; 11—шпонка.

На рисунке 49 показана предохранительная муфта, применяемая на самоходных комбайнах. На конце вала 1 шпонкой 11 неподвижно закреплен диск 3. Диск 6 посажен на вал 1 на лыски и может смещаться в осевом направлении. Звездочка 10, приклепанная к ступице 4, сидит на валу свободно. Между дисками и звездочкой помещены фрикционные кольца 5, которые свободно лежат в проточках звездочки. Все детали муфты сжаты сферическими пружинами 7. Сила нажатия пружин регулируется гайкой 8, навинчиваемой на вал.

При нормальной нагрузке силы трения, возникающие между звездочкой, дисками и фрикционными кольцами, достаточны для передачи крутящего момента и все части муфты вращаются как одно целое с валом. При перегрузке вал с дисками останавливается, а звездочка проворачивается вхолостую.

Предохранительные (центробежные) муфты, регулирующие число оборотов вала, применяются в сепараторах, некоторых грузовых лебедках, приводах от асинхронных электродвигателей и др. Работа этих муфт основана на действии центробежных сил. Центробежные силы прижимают вращающиеся вместе с ведущим валом фрикционные колодки к ведомой части муфты, вызывая на ее поверхности силы трения. При определенном числе оборотов ведущего вала с колодками сила трения достигает такой величины, которой достаточно для преодоления нагрузки на ведомом валу и приведения его в движение.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Тема. Конструкции и область применения общих деталей машин.

Цель работы. Ознакомление с конструкцией и применением деталей разъемных и неразъемных соединений и других общих деталей машин, разборка и сборка опор и муфт.

Оборудование. Объектами для проведения работы могут служить сельскохозяйственные и другие машины и орудия (зерновые комбайны, картофеле- и кукурузоуборочные машины, загрузчики зерна, автомобильные краны, транспортеры, станки и др.), а также отдельные узлы машин (валы с опорами, муфты, подшипники различных типов и др.) и плакаты.

Инструмент, необходимый при выполнении работ: молоток, отвертка, гаечный ключ, бородок, напильники, масштабная линейка, кронциркуль, нутромер.

Примерное содержание практических работ

1. Ознакомление с общими и специальными деталями машин. Экскурсия к самоходному комбайну СК-3 (или другой машине).

Порядок работы:

а) ознакомление с общим устройством машины и ее назначением;

б) найти на машине общие детали: болты, шпонки, заклепки, сварные швы, валы, оси, опоры, предохранительные и другие муфты;

в) записать названия найденных общих деталей машин (по одному примеру на каждый вид детали) с указанием, к какому узлу эта деталь относится, например: «болты, крепящие планку мотовила», «кривошипный вал режущего аппарата», «шарнирная муфта кривошипного вала», «шпонка звездочки привода верхнего шнека»;

г) записать названия нескольких специальных деталей комбайна.

2. Изучение конструкций валов и способов соединения с ними деталей. Работа проводится в кабинете с узлами машин или отдельными деталями.

Порядок работы:

а) ознакомиться с конструкцией коленчатого вала и ведущей полуосью трактора ДТ-54 (ДТ-24 или других марок тракторов);

б) сделать эскиз (без размеров) валов и назвать цапфы этих валов, например: «шатунная шейка», «коренная шейка», «шейка опор качения»;

в) с помощью плаката выяснить назначение масляных каналов, трубок и полостей в шатунных шейках и маслосгонной резьбы на коленчатом валу;

г) используя плакат, назвать детали, которые крепятся к переднему концу (носку) и фланцу на заднем конце коленчатого вала, и детали, присоединяемые к нему, например: «к переднему концу коленчатого вала трактора ДТ-54 крепят храповик и распределительную шестерню с помощью сегментных шпонок»;

д) используя плакат, сделать такие же записи для ведущей полуоси трактора ДТ-54 (или другого вала с опорами качения и шлицевым соединением деталей).

3. Изучение опор качения. Работа проводится в кабинете с узлами машин.

Порядок работы:

а) разобрать коренной подшипник качения коленчатого вала механизма привода очистки комбайна СК-3 (или какого-либо другого узла машины); отвинтить гайки болтов, снять крышку, вынуть из корпуса упорное кольцо (если подшипник проходной) и подшипник качения;

б) определить тип подшипника и конструкцию уплотнения; измерить внутренний и наружный диаметры подшипника, ширину кольца подшипника;

в) описать подшипник по следующим признакам: тип подшипника, какое кольцо вращается, конструкция уплотнения (фетровое кольцо, манжетное и т. д.), способ смазки, способ соединения колец с валом и корпусом подшипника, способ регулировки;

г) собрать подшипник.

4. Изучение конструкций муфт. Работа проводится в кабинете с использованием муфт комбайнов, тракторов и других машин или непосредственно у машины по изучению, например, предохранительной муфты мотовила комбайна СК-3.

Порядок работы:

а) ознакомиться с назначением предохранительной муфты мотовила комбайна СК-3 и определить, к какому типу она относится (фрикционная, храповая и т. п.);

б) разобрать муфту: отвинтить контргайки и гайки и снять колпачок, фрикционный диск муфты, пружины и вынуть болты;

в) выяснить, как соединен с валом ведомый диск муфты (назвать конструкцию шпонки) и диск с втулкой и звездочкой;

г) измерить диаметр пружины, внутренний и наружный диаметры фрикционного диска и диаметр вала; измерить шаг цепи и подсчитать число зубьев звездочки; определить диаметр начальной окружности звездочки по формуле:

$$D = \frac{t}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z}\right)},$$

где t — шаг цепи и z — число зубьев звездочки;

д) описать назначение и принцип работы муфты и записать ее размеры;

е) собрать муфту.

Контрольные вопросы к первой главе

1. Из каких основных частей состоит машина?

2. Какие материалы применяют в машиностроении? Их маркировка.

3. Какие существуют способы отливки деталей?

4. Какие операции выполняют свободной ковкой?

5. Какие требования предъявляют к машиностроительным материалам?

6. Что называют напряжением и деформацией тела?

7. Привести пример разъемного соединения: болтового, клинового, шпоночного.

8. Какие преимущества имеет сварной шов по сравнению с клепаным?

9. Каково назначение вала и оси?

10. Какие типы опор осей и валов вам известны? Какие преимущества имеют опоры качения?

11. В каких случаях применяют муфты постоянные соединительные, управляемые (сцепные) и предохранительные?

ГЛАВА II.

МЕХАНИЗМЫ, ИХ УСТРОЙСТВО И РАБОТА

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Как было указано в первой главе, все машины состоят из отдельных частей — деталей. Одни детали могут быть соединены неподвижно, а другие — подвижно.

Несколько деталей, соединенных неподвижно (рис. 50, а), которые движутся как одно целое тело, называются **звеном**.

Два звена, соединенные между собой подвижно, например шатун и поршень (рис. 50, б), называются **кинематической парой**.

Кинематические пары бывают вращательные (вал и опора — рис. 50, в), поступательные (задняя бабка и станина токарного станка — рис. 50, г), винтовые (гайка и винт — рис. 50, д) и т. д.

Кинематические пары делятся на высшие и низшие. Высшей кинематической парой называется такое подвижное соединение, соприкосновение звеньев в котором происходит по линиям или точкам. Примером высших пар является кулачок и толкатель (рис. 50, ж).

Низшей кинематической парой называется такое подвижное соединение, соприкосновение звеньев в котором происходит по поверхностям. Примером низших пар служат вращательные, поступательные и винтовые пары.

Кроме этого, различают плоские и пространственные кинематические пары. В плоских парах движение звеньев происходит в одной плоскости (рис. 50, б, в, г), а в пространственных — в пространстве (рис. 50, д, е).

В приведенных на рисунке 50 примерах звеньев и кинематических пар стрелками показаны возможные направления движения их звеньев.

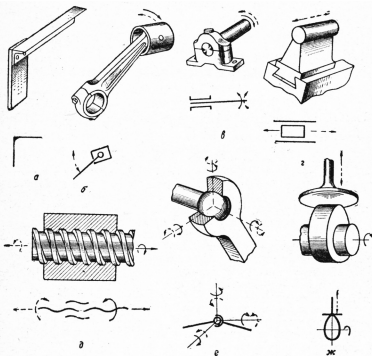


Рис. 50. Звенья и кинематические пары (общий вид и схематическое изображение):

а—звено; *б, в*—вращательные пары; *г*—поступательная пара; *д*—винтовая пара; *е*—пара со сферическим шарниром; *ж*—высшая кинематическая пара.

Несколько подвижно связанных между собой звеньев, соединенных в кинематические пары, образуют **кинематическую цепь**.

Кинематическая цепь называется **простой**, если каждое ее звено входит не больше чем в две кинемати-

ческие пары, и сложной, если хотя бы одно ее звено входит более чем в две кинематические пары.

Если в кинематической цепи имеются звенья, которые входят только в одну кинематическую пару, то такая цепь называется *н е з а м к н у т о й*. Если же каждое звено кинематической цепи входит в две или более кинематические пары, то такая цепь называется *з а м к н у т о й*.

Примером кинематической цепи является поршень, шатун и коленчатый вал, подвижно соединенные между собой.

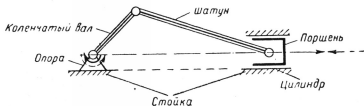


Рис. 51. Схема замкнутой кинематической цепи.

Практическое значение имеют главным образом замкнутые цепи.

Присоединив кривошипный вал к опорам рамы, а поршень — к цилиндру, неподвижно закрепленному на раме, получим замкнутую кинематическую цепь из четырех звеньев: коленчатого вала, шатуна, поршня и рамы (рис. 51).

Неподвижное звено кинематической цепи называют *стойкой*. В нашем случае стойкой является станина (рама) машины.

Механизмом называется замкнутая кинематическая цепь, у которой одно звено обращено в стойку, а движение ведомых звеньев определяется заданным движением ведущих. Например, в кривошипно-шатунном механизме (рис. 51) вращение кривошипного вала (ведущее звено) вызывает возвратно-поступательное движение поршня (ведомое звено).

Звено, которое приводит звенья механизма в движение, называют *ведущим*. Остальные звенья, получающие движение от ведущего, называют *ведомыми*.

В некоторых механизмах ведущее и ведомое звенья могут взаимно меняться. Например, в кривошипно-шатунном механизме двигателя внутреннего сгорания ведущим звеном является поршень, а ведомым — коленчатый вал. В поршневых насосах, наоборот, ведущее звено — коленчатый вал, а ведомое — поршень.

§ 2. МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕДАЧИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Механизмами передачи вращательного движения называются такие, у которых вращающее ведущее звено передает вращательное движение ведомому звену. Передача движения происходит с изменением угловых скоростей и крутящих моментов.

Эти механизмы называются также механическими передачами вращательного движения или просто передачами.

В механизмах передачи вращательного движения вал, передающий движение, называют ведущим, а приводимый в движение — ведомым.

Отношение чисел оборотов в минуту ведущего вала n_1 к числу оборотов ведомого n_2 называется передаточным числом и обозначается буквой i .

Величина передаточного числа определяется по формуле:

$$i = \frac{n_1}{n_2}. \quad (1)$$

В механических передачах движение передается силами трения или зацеплением. На принципе передачи движения силами трения работают ременные и фрикционные передачи, а на принципе зацепления — зубчатые, червячные и цепные передачи.

1. Ременная передача

Ременные передачи применяются, главным образом, с плоскими и клиновыми ремнями и соответственно называются плоскоременными и клиноременными передачами. Могут применяться для передачи ремни круг-

лого сечения. Такие передачи устанавливаются, например, в швейных машинах (шнуровая передача).

Ременная передача по сравнению с другими видами передач обладает рядом преимуществ, а именно: возможность установки передачи при больших расстояниях между шкивами; сравнительная простота ухода и обслуживания; небольшая начальная стоимость установки передачи; плавность хода и бесшумность работы; эластичность привода, смягчающая колебания нагрузки и предохраняющая от значительных перегрузок за счет проскальзывания.

Вместе с тем она имеет ряд существенных недостатков: менее компактна, особенно при передаче больших мощностей; некоторое непостоянство передаточного числа из-за проскальзывания ремня на шкиве; большое давление на валы и опоры из-за натяжения ремня; невозможность применения во взрывоопасных помещениях из-за электризации ремней во время работы.

Ременные передачи применяются в установках мощностью до 2000 л. с. Наиболее распространены в установках мощностью до 50 л. с. Максимальная скорость на этой передаче берется в пределах 1500 об/мин и редко в пределах 3000 об/мин.

Плоскоременная передача обычно состоит из двух шкивов и надетого на них ремня. Ремень надевают на шкив с натягом. Это необходимо для создания силы трения между ремнем и ободом шкива.

Плоский ремень изготавливают преимущественно из хлопчатобумажной и шерстяной ткани. Для увеличения износостойкости хлопчатобумажные ремни покрывают слоем резины (такие ремни называются прорезиненными). Шерстяные ремни, изготавливаемые преимущественно из верблюжьей шерсти, применяются в сырых помещениях. Ширина и толщина плоских ремней нормирована ГОСТом.

На рисунке 52 приведены схемы различных плоскоремennых передач.

В открытой передаче (рис. 52, а, б) валы расположены параллельно и направление их вращения одинаково.

В перекрестной передаче (рис. 52, в) валы вращаются в разных направлениях.

В полуперекрестной передаче (рис. 52, *г*) оси вращения валов, на которые надеты шкивы, скрещиваются в пространстве под углом 90° .

Для улучшения работы передач с большим передаточным числом и малым расстоянием между валами применяют натяжной ролик (рис. 52, *д*). Ролик увеличивает угол обхвата на шкивах передачи, вследствие чего соответственно увеличивается тяговая способность передачи.

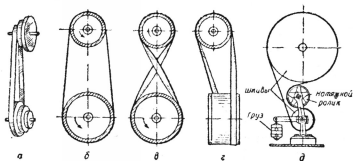


Рис. 52. Плоскоременная передача:

а — открытая со ступенчатыми шкивами; *б* — открытая с бесступенчатыми шкивами; *в* — перекрестная; *г* — полуперекрестная; *д* — открытая с натяжным роликом.

Шкивы для плоскоременных передач изготовляют из чугуна и стали, а иногда из дерева.

Плоскоременные передачи широко применяются в приводах силосорезок, молотилок и многих других машин. Они просты по конструкции и не требуют высокой точности сборки.

Для изменения передаточного числа в плоскоременных передачах применяют ступенчатые шкивы (рис. 52, *а*). Перемещая ремень с одной ступени шкива на другую, получают различные передаточные числа.

Передаточное число i ременной передачи определяется как отношение диаметров ведомого шкива D_2 к ведущему D_1 , т. е.

$$i = \frac{D_2}{D_1}. \quad (2)$$

Формула 2 получается из предположения, что окружные скорости шкивов передачи равны, т. е.

$$v = \frac{\pi D_1 n_1}{60} = \frac{\pi D_2 n_2}{60},$$

или

$$D_1 n_1 = D_2 n_2,$$

откуда

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = i.$$

В плоскоременных передачах без ролика передаточное число не должно превышать 5, так как с дальнейшим увеличением передаточного числа угол обхвата ремня

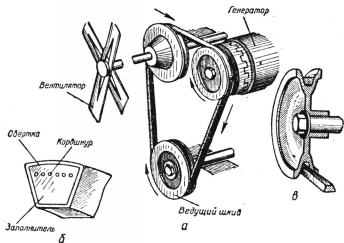


Рис. 53. Клиноременная передача:

а—общий вид при передаче на два ведомых шкива—вентилятора и генератора; б—сечение ремня; в—сечение шкива.

на малом шкиве уменьшается до предела, когда применение ременной передачи становится невыгодной.

Клиноременная передача (рис. 53) имеет ремень трапецидального сечения (рис. 53, б), выполненный из кордшнура или кордленты с заполнителем из резины.

Клиновой ремень имеет большее сцепление со шкивом, чем плоский, за счет большей силы давления ремня на шкив при одинаковом натяжении ремня.

Клиноременная передача обычно выполняется открытой. Она работает при меньшем расстоянии между валами, чем у плоскоременной передачи. Передаточное число ее достигает 10.

Клиноременные передачи широко используются в комбайнах и других сельскохозяйственных машинах, где вследствие значительных расстояний между осями они выполняются, как и при плоских ремнях, перекрестными и полуперекрестными. Кроме того, клиновыми ремнями передача осуществляется с одного ведущего на несколько ведомых шкивов (рис. 53, а).

Размеры клиновых ремней нормированы ГОСТом. Скорость, при которой работает ременная передача, достигает 30 м/сек и более. Она определяется по формуле:

$$v = \frac{\pi D_1 n_1}{60}, \quad (3)$$

где v — скорость в м/сек, D_1 — диаметр ведущего шкива в мм и n_1 — число оборотов ведущего вала в минуту.

2. Фрикционная передача.

Фрикционная передача состоит из двух или трех соприкасающихся колес и служит для передачи трением вращательного движения между валами с параллельными или пересекающимися осями и для преобразования вращательного движения в поступательное (или наоборот). Колеса должны быть взаимно прижаты с силой, обеспечивающей необходимое сцепление (силу трения) между ними.

Колеса фрикционных передач бывают цилиндрическими, коническими и цилиндрическими желобчатыми.

Цилиндрические и желобчатые колеса применяются для передачи движения между параллельно расположенными валами, а конические — для передачи движения между валами, оси вращения которых пересекаются.

Необходимое нажатие между фрикционными колесами осуществляется пружиной. Кроме этого, для на-

жания используются центробежная сила и собственный вес колеса. При кратковременной работе передачи нажатие производится от руки.

Для фрикционной передачи колеса изготавливаются из закаленной стали (трение стали по стали), чугуна (чугун по чугуну) и специальных фрикционных пластмасс или текстолита (текстолит или пластмасса по стали или чугуну).

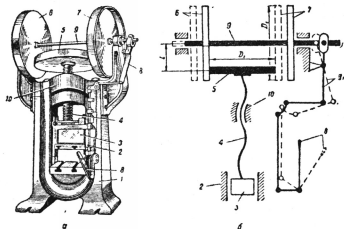


Рис. 54. Фрикционный винтовой пресс с цилиндрическими колесами:

а — общий вид; *б* — кинематическая схема; 1 — станина; 2 — направляющие; 3 — ползун; 4 — винт; 5, 6, 7 — фрикционные колеса; 8 — рычаги включения дисков; 9 — вал; 10 — гайка винта пресса.

Неметаллические колеса (обычно меньшие) в паре с металлическими во фрикционной передаче ставятся для увеличения силы трения между ними. Для той же цели на поверхности трения металлических колес крепят накладки из кожи, прессованного асбеста или резиновой ткани.

Фрикционные передачи применяются в винтовых прессах, в швейных машинах с электроприводом, в вариаторах (бесступенчатых передачах) и в различных измерительных приборах.

На рисунке 54. представлены общий вид винтового фрикционного пресса и его кинематическая схема. Винт 4 пресса получает вращательное движение от ведомого колеса 5, с которым он соединен неподвижно. Ведомое колесо силой трения приводится во вращательное движение ведущими колесами 6 и 7, сидящими на валу 9, который приводится в движение от двигателя.

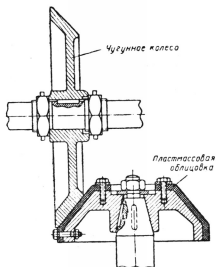


Рис. 55. Схема фрикционной передачи с коническими колесами.

С помощью системы рычагов 8 вал передвигается в ту или другую сторону и прижимает к колесу 5 поочередно колесо 6 или колесо 7. Так как вал 9 все время вращается в одну сторону, то колесо 5 вместе с винтом 4 при включении колеса 6 будет вращаться в одном направлении, а при включении колеса 7 — в обратном, ввинчиваясь или вывинчиваясь из гайки 10, закреп-

ленной в станине 1. При вращении винта в одном направлении ползун 3 движется по направляющим 2 вниз — происходит рабочий ход, а при вращении винта в обратном направлении ползун 3 поднимается вверх — происходит холостой ход.

Фрикционная передача рассмотренного винтового пресса называется лобовой, так как в данном случае цилиндрическая поверхность колеса 5 сцепляется с торцами колес 6 и 7. Кроме того, эта передача реверсивная. Реверсивной она называется потому, что с ее помощью можно изменять направления вращения ведомого вала.

На рисунке 55 приведена схема фрикционной передачи с коническими колесами.

Окружную скорость фрикционных колес определяют по формуле (3). Для передач с коническими колесами величина D_1 берется по среднему диаметру колеса, а для гладких цилиндрических колес — по наружному диаметру.

Передаточное число фрикционной пары определяют по формуле (2). Величина его достигает 7.

Особенностью лобовой фрикционной передачи, примененной в винтовом прессе, является то, что величина передаточного числа между ведущими колесами 6 и 7 (рис. 54) и ведомым 5 непостоянна. При движении ведомого колеса вверх передаточное число будет увеличиваться, а при движении вниз — уменьшаться. Это следует из того, что величина диаметра ведущего колеса будет изменяться по мере изменения расстояния l от точки соприкосновения ведомого шкива с лобовой поверхностью ведущего колеса до оси вращения вала 9. Это видно из самой формулы (2):

$$i = \frac{D_2}{D_1}.$$

Величина диаметра ведомого колеса D_2 здесь постоянна, а ведущего D_1 — переменна. Следовательно, чем меньше D_1 , тем больше i .

3. Зубчатая передача

Зубчатой передачей называется механизм для передачи движения посредством зубчатых колес, червяков и реек.

Зубчатая передача посредством колес состоит из двух колес, имеющих на ободе выступы — зубья. Колеса крепятся на валах шпонками или другим способом.

Колесо, которое приводится во вращение каким-либо двигателем, называется ведущим, а колесо, сообщаемое движение приводной детали, называется ведомым. При вращении ведущего колеса его зубья входят в зацепление с зубьями ведомого колеса и приводят последнее в движение.

В советском машиностроении, как и в других странах мира, зубья колес выполняют с эвольвентным профилем. Рабочая часть контура зуба с эвольвентным профилем очерчена по кривой, называемой эвольвентой.

Основной величиной зубчатых колес является модуль, который обозначают буквой m . Модуль есть величина условная, равная шагу зубчатого колеса t (рис. 56), деленному на постоянное число π , равное 3,14, т. е.

$$m = \frac{t}{\pi} \text{ мм.}$$

Размеры модулей нормированны ГОСТом и выражены в миллиметрах.

На рисунке 56 показаны размеры зубчатого колеса с эвольвентным профилем.

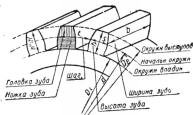


Рис. 56. Зубья эвольвентного профиля.

Все размеры колеса могут быть выражены через модуль. Так, шаг $t = \pi m$, диаметр окружности выступов $D_e = d + 2h'$, при этом высота головки зуба $h' = m$; диаметр окружности впадин $D_i = d - 2h''$, при этом высота ножки зуба $h'' = 1,25 m$; диаметр

начальной (делительной) окружности $d = mz$, где z — число зубьев.

Малое колесо пары зубчатых колес называют шестерней, а большое — колесом. В зубчатых передачах, у которых передаточное число близко к единице, оба колеса пары иногда называют шестернями.

Передаточное число зубчатых передач находят как отношение числа зубьев большого колеса сопряженной пары z_2 к числу зубьев меньшего колеса (шестерни) z_1 , т. е:

$$i = \frac{z_2}{z_1} \quad (4)$$

Это видно из следующего: так как окружные скорости делительных (начальных) окружностей равны, то

$$v = \frac{\pi d_1 n_1}{60} = \frac{\pi d_2 n_2}{60},$$

или

$$d_1 n_1 = d_2 n_2,$$

откуда

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{m z_2}{m z_1} = i;$$

следовательно

$$i = \frac{z_2}{z_1}.$$

При параллельном расположении валов используют цилиндрические, а при пересекающемся — конические зубчатые колеса.

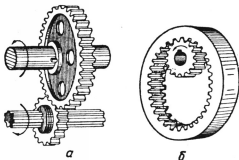


Рис. 57. Цилиндрические зубчатые колеса:
а — прямозубое с внешним зацеплением; б — прямозубое с внутренним зацеплением.

На рисунке 57, а изображены прямозубые цилиндрические колеса при параллельном расположении валов с внешним зацеплением, а на рисунке 56, б — с внутренним зацеплением. Колеса с внешним зацеплением вращаются в разном, а с внутренним — в одинаковом направлении.

С целью увеличения бесшумности и плавности передачи движения вместо обычных прямозубых цилинд-

рических колес применяют косозубые (рис. 58, а) и шевронные (рис. 58, б). На рисунке 65 изображен редуктор с косозубыми и шевронными колесами.

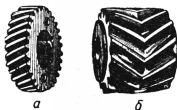


Рис. 58. Цилиндрические косозубые (а) и шевронные (б) колеса.

Передаточное число цилиндрических зубчатых колес достигает 10.

Конические колеса изготовляют с прямым (рис. 59, а) или косым зубом. На рисунке 59, б показаны конические гипоидные колеса со спиральным зубом.

Передаточное число конических колес достигает 4. К числу зубчатых колес, которые используются для передачи движения при скрещивающихся валах, отно-

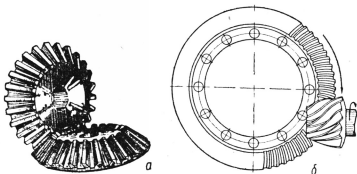


Рис. 59. Конические зубчатые колеса: а — с прямым зубом; б — со спиральным зубом (гипоидное).

сятся винтовые зубчатые колеса (рис. 60). Эти колеса имеют цилиндрическую форму и косой зуб, как и косозубые цилиндрические колеса. Но их оси вращения расположены не параллельно, а скрещены под углом.

Так как площадь соприкосновения сопряженных винтовых колес очень мала, то при значительных на-

грузках они быстро изнашиваются. Поэтому их обычно применяют в ненагруженных или слабо нагруженных передачах. Широко используют их в различных приборах.

Гипоидные передачи с коническими колесами со спиральным зубом, как и винтовые, служат для передачи крутящих моментов и движения между валами, геометрические оси которых скрещиваются в пространстве. Гипоидные колеса применяются в станках, автомобилях и других машинах. Вследствие того что в этих колесах в зацеплении одновременно находится несколько пар зубьев, они способны при меньших размерах, чем конические колеса с прямыми зубьями, передавать большие мощности. Эти зубчатые колеса просты в сборке, лучше прирабатываются и бесшумны в работе.

В последнее время применяют зубчатые передачи с винтовыми зубьями кругового профиля, предложенные проф. М. Л. Новиковым. Зубчатые передачи с зацеплением М. Л. Новикова используют в станкостроении, горной промышленности, в приводах судовых механизмов и др. Эти передачи при равной нагрузке имеют меньшие размеры, чем передачи с эвольвентным зацеплением, обладают более высоким коэффициентом полезного действия и не так чувствительны к неточностям сборки.

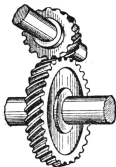


Рис. 60. Винтовые цилиндрические зубчатые колеса.

4. Червячная передача

Червячная передача (рис. 61) относится к зубчатой передаче при скрещивающихся под прямым углом валах. Она состоит из червяка 1 и червячного колеса 2, оси вращения которых скрещиваются в пространстве под прямым углом.

Червяк представляет собой винт с трапецеидальной или другой формы резьбой. Его нарезают как одно

целое с валом или выполняют отдельной деталью.

Червячное колесо имеет на ободке зубья эвольвентного профиля. Они наклонены к оси колеса и имеют криволинейную форму, частично охватывая выступы червяка.

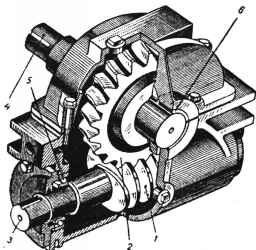


Рис. 61. Редуктор с червячной передачей
(в разрезе):

1—червяк; 2—червячное колесо; 3—вал червяка; 4—вал червячного колеса; 5—опора качения червяка; 6—опора скольжения вала червячного колеса.

Особенностью червячной передачи является большое передаточное число, достигающее 200 и более. Обычно червячные передачи изготовляют с передаточными числами в пределах 14—50.

Отрицательным в червячных передачах является их низкий коэффициент полезного действия вследствие значительного трения в зацеплении.

Червячные передачи применяются в грузоподъемных машинах, в сепараторах, рулевом механизме автомобиля и др.

Червяки изготовляют из закаленной, цементированной или азотированной стали, а червячные колеса — из фосфористой бронзы или чугуна. С целью эконо-

мии цветных металлов из бронзы изготавливают только венец, а колесо — из чугуна.

Обычно ведущим звеном червячной пары является червяк.

Размеры червяка и червячного колеса определяют по модулю, как у зубчатых колес. Значения модуля выбирают по ГОСТу.

По форме выступов червяки разделяются на спиральные и эвольвентные.

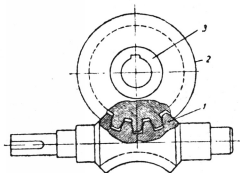


Рис. 62. Глобоидальная передача:
1—червяк; 2—червячное колесо; 3—штулка колеса
со шпоночной канавкой.

Количество винтовых выступов (заходов) на червяках обычно бывает от 1 до 4. Червяки по количеству выступов называются однозаходными (один выступ), двузаходными (два выступа) и т. д. Чем больше заходов имеет червяк, тем выше коэффициент полезного действия червячной передачи.

Передаточное число червячной передачи определяется по формуле (4), где z_1 — число заходов червяка, z_2 — число зубьев колеса.

Для увеличения способности червячной передачи передавать большие нагрузки необходимо, чтобы в зацеплении с червяком одновременно находилось большее число зубьев колеса. Это достигается в глобоидальных передачах (рис. 62), являющихся разновидностями червячных передач. Глобоидальная передача ком-

пактнее червячной. Применяется в тяжелом станко-строении и других отраслях, где при большой нагрузке на механизм требуется его компактная конструкция.

5. Цепная передача

Цепная передача (рис. 63) предназначена для передачи вращения между параллельными валами при помощи замкнутой бесконечной цепи, надетой на зубчатые колеса — звездочки. Звездочки 1 и 2 закрепляются шпонками на валах.

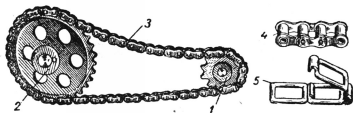


Рис. 63. Цепная передача:

1, 2—звездочки; 3—цепь; 4—звенья втулочно-роликовой цепи; 5—звенья крючковой цепи.

Цепные передачи, как и ременные, позволяют передавать движение на значительные расстояния между валами (до 4 м).

Передаточное число цепных передач достигает 8. Скорость приводных цепей в зависимости от их конструкции и материала колеблется от 2 до 20 м/сек.

Цепные передачи широко применяются в станках, сельскохозяйственных и других машинах.

В навозоразбрасывателях и многих транспортерах, а также в эскалаторах метро применяют цепи, которые в отличие от приводных называются тяговыми. Тяговые цепи могут быть длиной в несколько десятков метров. Такие цепи могут работать на скоростях, не превышающих 1 м/сек. К тяговым цепям прикрепляют несущие элементы — ступени в эскалаторе, скребки в транспортере и т. п.

Передаточное число цепных передач определяется по формуле (4). В сельскохозяйственных машинах широко применяют приводные крючковые цепи 5, звенья которых отлиты из ковкого чугуна. Крючковые цепи работают при скоростях, не превышающих 1,5 м/сек, и с незначительными нагрузками.

Втулочно-роликовая цепь 4 выполняется из легированной стали с закалкой трущихся поверхностей. Скорость втулочно-роликовых цепей достигает 20 м/сек.

Основным размером цепи является шаг t — расстояние между осями валиков звеньев.

Скорость цепи определяют по формуле:

$$v = \frac{tzn}{60 \cdot 1000} \text{ м/сек, (5)}$$

где t — шаг цепи в мм, z — число зубьев звездочки, n — число оборотов звездочки в минуту.

В последнее время в станках начали применять выступоремennую (зубчаторемennую) передачу (рис. 64). Ремень этой передачи имеет выступы, которые входят в поперечные канавки шкивов.

Передача движения происходит так же, как и в цепных передачах, без проскальзывания.

Выступоремennая передача работает при скоростях до 80 м/сек с передаточным числом, достигающим 30.

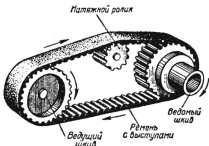


Рис. 64. Выступоремennая (зубчаторемennая) передача.

§ 3. РЕДУКТОРЫ. КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ. ДИФФЕРЕНЦИАЛЫ. ВАРИАТОРЫ

Зубчатые, червячные, цепные и фрикционные передачи выполняют в виде отдельных устройств — редукторов, коробок передач, дифференциалов и вариаторов.

Редукторы. Редуктором называется механизм, изменяющий скорость вращения при передаче движения

от одного вала к другому и состоящий из зубчатой или червячной передачи, смонтированной в литом или сварном корпусе.

В зависимости от числа последовательно зацепляющихся пар зубчатых колес редукторы делятся на одноступенчатые, двухступенчатые и многоступенчатые.

Редукторы имеют постоянное передаточное число.

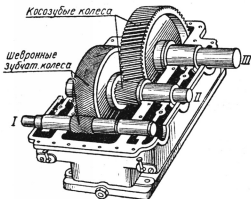


Рис. 65. Двухступенчатый редуктор (с косозубой и шевронной парами зубчатых колес).

На рисунке 65 показан двухступенчатый редуктор (без крышки) с двумя парами цилиндрических зубчатых колес. Вал *I* присоединяют к двигателю муфтой, вал *II* — промежуточный (не имеет выступающих концов), а вал *III* присоединяют муфтой к станку или какой-либо другой машине. Колеса передач и опоры смазываются маслом, заливаемым в корпус.

Передаточное число i двухступенчатого редуктора определяется как произведение передаточных чисел каждой ступени, т. е.

$$i = i_1 i_2,$$

где i_1 и i_2 — передаточные числа ступеней.

На рисунке 61 изображен одноступенчатый червячный редуктор. Червяк *1* выполнен за одно целое с валом *3*. Червячное колесо *2* закреплено шпонкой на

валу 4. На рисунке можно видеть винты, крепящие крышку к корпусу, и опоры 5 и 6 валов.

Коробка передач. Коробкой передач называется редуктор, передаточное число которого можно изменять. Коробки передач применяются в автомобилях, тракторах, комбайнах и других машинах. В станках они называются коробками скоростей. Как и редуктор, она состоит из нескольких зубчатых передач, заключенных в корпус.

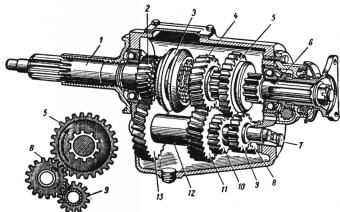


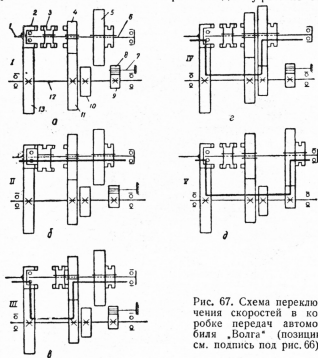
Рис. 66. Автомобильная коробка передач:

1—ведущий вал; 2—ведущая шестерня; 3—кулачковая муфта; 4—ведомое колесо; 5—подвижное колесо; 6—ведомый вал; 7—ось колеса обратного хода; 8—колесо обратного хода; 9, 10, 11, 13—колеса промежуточного вала; 12—промежуточный вал.

На рисунках 66 и 67 показан общий вид и схема переключения скоростей коробки передач легкового автомобиля «Волга». Ведущий вал 1 получает вращение от вала двигателя. Ведомый вал 6 при помощи карданной передачи и передачи в заднем мосту передает движение к колесам автомобиля. Валы 1 и 6 расположены на одной геометрической оси. Муфта 3 и колесо 5 перемещаются по шлицам вдоль вала 6 с помощью рычага управления. Зубчатое колесо 4 свободно вращается на валу 6.

На рисунке 67, а муфта 3 и колесо 5 показаны вне зацепления и, следовательно, вал 6 не вращается.

Колеса 9, 10, 11, 13 укреплены на валу 12. При переводе муфты 3 влево до сцепления ее с колесом 2 (рис. 67, б) вал 1 и вал 6 вращаются как одно целое. При сцеплении муфты 3 с колесом 4 (рис. 67, в) движение от вала 1 к валу 6 будет передаваться через две пары колес 2—13 и 11—4. При выводе муфты из сцеп-



ления и включения колеса 5 (рис. 67, г) в зацепление с колесом 10 получим новую скорость — вал 1 будет соединен с валом 6 через зубчатые пары 2—13 и 10—5. Для обратного хода вала 6 колесо 5 (рис. 67, д) сцепляют с колесом 9 через колесо обратного хода 8, свободно сидящее на оси 7.

Таким образом, вал 6 имеет четыре варианта скоростей, одна из которых (при обратном вращении вала 6) является задним ходом автомобиля.

В технике такие зубчатые колеса в передачах, как колесо заднего хода в коробке передач автомобиля, принято называть промежуточными («паразитными»), так как они не влияют на изменение передаточного числа передачи. В действительности эти колеса играют важную роль — они обеспечивают надлежащее направление вращения ведомого вала, что не менее существенно, чем изменение передаточного числа.

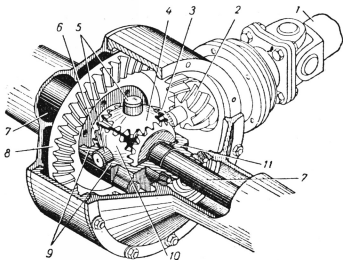


Рис. 68. Дифференциал автомобиля:

1—карданный вал; 2—коническая шестерня; 3, 4, 10—сателлиты; 5—ось крестовины; 6, 11—конические шестерни полуосей; 7—ведомые валы (полуоси); 8—большое коническое колесо дифференциала; 9—чашка коробки.

Дифференциал. В ряде машин применяют механизм, называемый дифференциалом. Он состоит из зубчатых колес и служит для передачи движения от одного ведущего вала к двум ведомым с разными угловыми скоростями. Или, наоборот, для передачи движения от двух ведущих валов с разными угловыми скоростями к одному ведомому валу.

Дифференциалы применяются, например, в автомобилях, тракторах и самоходных комбайнах.

На рисунке 68 показан дифференциал автомобиля. Карданный вал 1 автомобиля передает через коническую шестерню 2 движение большому коническому колесу 8, закрепленному на чашке 9. В чашке на осях 5 свободно сидят конические шестерни-сателлиты 3, 4, 10. Сателлиты сцепляются с коническими колесами 6 и 11, закрепленными на полуосях 7. Свободное вращение сателлитов обеспечивает независимое вращение полуосей. Благодаря этому на поворотах машины полуось внешнего ходового колеса,двигающегося по кругу большого радиуса, вращается быстрее полуоси внутреннего ходового колеса,двигающегося по кругу меньшего радиуса.

Вариатор (бесступенчатая передача). Вариатором называется передаточный механизм, который позволяет плавно изменять передаточные числа в определенных пределах.

Бесступенчатая передача бывает механическая, электрическая и гидравлическая.

Механическая бесступенчатая передача основана преимущественно на применении фрикционной или ременной передачи.

В большинстве случаев вариаторы представляют собой клиноременную передачу с раздвижными шкивами или передачу с переменным радиусом фрикционных колес.

Передача с переменным радиусом фрикционных колес применена в винтовом прессе, устройство которой было разобрано в § 2 при рассмотрении фрикционной передачи. Передаточное число лобовой передачи этого пресса изменяется, как указывалось, в зависимости от положения колеса 5 (см. рис. 54). Максимальное и минимальное передаточное число будет при двух крайних положениях колеса 5: когда расстояние от него до центров колес 6 и 7 будет соответственно минимальным или максимальным.

Вариатор с клиноременной передачей, применяемый в самоходном комбайне СК-3, изображен на рисунке 69. Ведущий и ведомый шкивы этой бесступенчатой передачи состоят из двух половин — подвижной и неподвижной, благодаря чему их, так сказать, рабочий радиус меняется. При положении клинового ремня в крайнем верхнем положении радиусы шкивов

будут максимальными, а в крайнем нижнем (внутреннем) — минимальными.

На рисунке 69, *а* дано положение, когда передаточное число вариатора имеет максимальное значение, так как ведущий шкив имеет минимальное значение радиуса, а ведомый — максимальное.

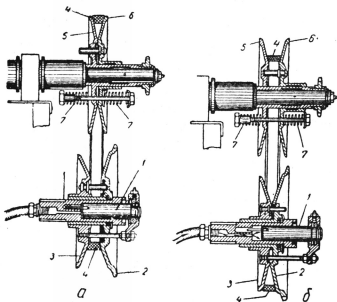


Рис. 69. Вариатор зернового комбайна СК-3:

а—установка на минимальные обороты подборщика или мотовила; *б*—установка на максимальные обороты подборщика или мотовила; 1—плунжер; 2, 3—диски ведущего шкива; 4—ремень; 5, 6—диски ведомого шкива; 7—пружины.

В положении, показанном на рисунке 69, *б*, плунжер 1 под давлением жидкости сместил вправо подвижную половину 3 ведущего шкива и прижал к его неподвижной половине 2. В результате на ведущем шкиве ремень 4 оттесняется к внешнему краю шкива. В то же время ремень на ведомом шкиве, преодолев сопротивление пружины 7 и отодвинув подвижную половину 6 шкива, сместится к его внутреннему краю.

В этом положении передаточное число вариатора имеет минимальное значение, так как радиус ведомого шкива имеет минимальное, а радиус ведущего — максимальное значение.

В вариаторах передаточное число в зависимости от положения ремня на ведущем и соответственно на ведомом шкиве может иметь любую величину в пределах максимального и минимального значения их радиусов. В коробках же передач, как указывалось, количество значений передаточных чисел ограничено.

§ 4. МЕХАНИЗМЫ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ

Механизмами для преобразования движения называются такие, с помощью которых один вид движения преобразуется в другой. Например, поступательное движение поршня двигателя внутреннего сгорания во время рабочего хода преобразуется во вращательное движение коленчатого вала и, наоборот, вращательное движение коленчатого вала во время холостого хода, получаемое за счет сил инерции, преобразуется в поступательное движение поршня.

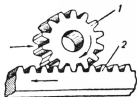


Рис. 70. Реечный механизм:
1—зубчатое колесо; 2—рейка.

К механизмам преобразования движения относятся кривошипно-шатунный, реечный, винтовой, кулисный, кулачковый, храповой.

Реечный механизм (рис. 70) служит для преобразования вращательного движения зубчатого колеса 1 в поступательное движение рейки 2. Если ведущим звеном является рейка, то реечный механизм преобразует поступательное движение рейки во вращательное движение колеса.

Реечные механизмы применяются, например, в домкратах, в механизмах подъема жатки комбайнов и в механизмах поворота универсальных погрузчиков.

Винтовой механизм, как и реечный, служит для преобразования вращательного движения в поступательное, и наоборот. Он применяется в параллельных тисках, в токарном станке и других машинах.

В токарном станке таким механизмом является ходовой винт и маточная гайка (рис. 71). На рисунке 71, *б* показана маточная гайка с винтовым механизмом. Ходовой винт 1 (ведущее звено) вращается в опорах без осевого смещения. Маточная гайка 2 (ведомое звено) неподвижно закреплена в суппорте. При равномерном вращении ходового винта маточная гайка совершает равномерное поступательное движение вместе с суппортом.

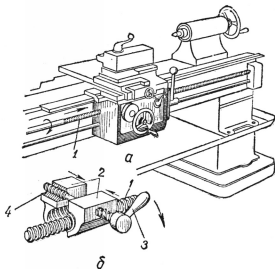


Рис. 71. Винтовой механизм токарного станка:
а—общий вид; *б*—маточная гайка; 1—ходовой винт; 2—маточная гайка; 3—рукоятка; 4—винт для соединения половинки маточной гайки с ходовым винтом.

В параллельных тисках при вращении винта щеки получают поступательное движение.

В натяжном устройстве транспортеров при вращении гайки поступательное движение получает винт, прикрепленный к валику полотна транспортера. При перемещении винта перемещается валик, натягивая полотно до необходимого предела.

Кривошипно-шатунный механизм широко применяется в самых разнообразных машинах и механизмах. Он используется в режущем аппарате комбайнов и косилок, в сенных прессах, в поршневых насосах, компрессорах, паровых машинах, двигателях внутреннего сгорания, машинах-автоматах, приборах и т. д.

На рисунке 72 изображен кривошипно-шатунный механизм двигателя внутреннего сгорания. При по-

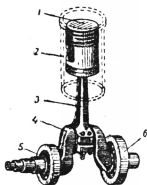


Рис. 72. Кривошипно-шатунный механизм:

1—поршень; 2—цилиндр; 3—шатун; 4—коленчатый вал; 5—коренная шейка; 6—опора качения.

мощи этого механизма возвратно-поступательное движение поршня 1 преобразуется во вращательное движение коленчатого вала 4. Поршень посредством шатуна, к которому он шарнирно прикреплен пальцем, соединен с коленчатым валом. Нижняя головка шатуна прикреплена к шейке вала посредством подшипника скольжения. При возвратно-поступательном движении поршня шатун совершает плоско-параллельное движение. В качестве направляющих поршня служит цилиндр 2, стенки которого непрерывно смазываются при разбрызгивании масла в картере.

Кулисный механизм (рис. 73)

служит для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное. Он состоит из кулисы 1, поворачивающейся на оси, вставляемой в отверстие 10. Свободный конец кулисы шарнирно соединен серьгой 8 с винтом 7 ползуна. В направляющих кулисы поступательно перемещается камень 2, шарнирно соединенный с пальцем 4. Палец закреплен эксцентрично на зубчатом колесе 9, которое, вращаясь от ведущей шестерни 3, с помощью пальца приводит в колебательное движение кулису, а кулиса через серьгу 8 — в возвратно-поступательное движение ползун.

Кулисные механизмы применяются в строгальных и долбежных станках для получения в них движения

суппорта с ускоренным обратным ходом, в механизмах парораспределения паровых машин (для изменения направления вращения машины без остановки последней) и во многих приборах.

Эксцентриковый механизм (рис. 74) представляет собой разновидность кривошипно-шатунного механизма. Предназначен для превращения вращательного движения вала 4 в поступательное движение ползуна, прикрепляемого к штоку 3. Эксцентриковый механизм состоит из диска 1, закрепленного на валу 4 шпонкой 5.

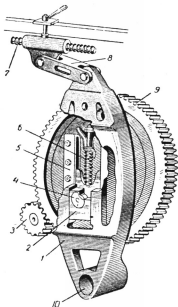


Рис. 73. Кулисный механизм:

1—кулиса; 2—камень; 3—шестерня; 4—палец; 5—направляющие пальца; 6—винт установки пальца; 7—винт ползуна; 8—серьга; 9—зубчатое колесо; 10—отверстие для оси кулисы.

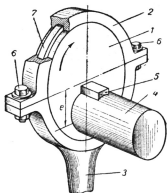


Рис. 74. Эксцентриковый механизм:

1—диск; 2—хомут; 3—шток; 4—вал; 5—шпонка; 6—болты; 7—выступ на диске.

Центр диска смещен относительно оси вала на величину e , называемую эксцентрицитетом. На диск посажен хомут 2, состоящий из двух частей, соединенных болтами 6. На диске имеется выступ 7, входящий в канавку, сделанную на внутренней поверхности хомута. Благодаря такому соединению хомут при вра-

шении диска не смещается с него. Одна часть хомута выполнена за одно целое со штоком 3. Хомут свободно поворачивается на диске. При вращении вала 4 шток 3 совершает плоскопараллельное движение.

Эксцентриковый механизм применяется во многих машинах.

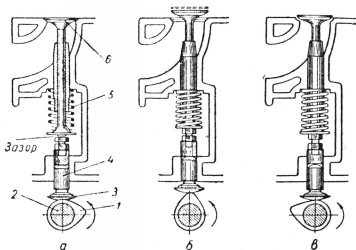


Рис. 75. Кулачковый механизм, применяемый в распределительном механизме двигателя автомобиля:

а—клапан закрыт; *б*—клапан полностью открыт; *в*—клапан частично открыт; 1—кулачок; 2—вал; 3—тарелка толкателя; 4—толкатель; 5—пружина; 6—клапан.

В паровой машине, например, он приводит в возвратно-поступательное движение ползун золотника, а в насосе — плунжер.

При сопоставлении эксцентрикового механизма с кривошипно-шатунным можно сказать, что эксцентриситет соответствует радиусу кривошипа, а шток эксцентрикового механизма — шатуну кривошипного механизма.

Кулачковый механизм применяется в двигателях внутреннего сгорания, в сельскохозяйственных машинах, в различных станках, особенно автоматах и полуавтоматах, и во многих других машинах.

На рисунке 75 показан кулачковый механизм, примененный в распределительном механизме автомобильного двигателя. Он состоит из кулачкового вала 2, толкателя 4, пружины 5 и клапана 6. Пружина все время стремится прижать клапан к седлу.

Кулачок 1 распределительного вала представляет собой фасонный диск, укрепленный на валу. Рабочая поверхность кулачка все время находится в соприкосновении с тарелкой 3 толкателя 4. Толкатель свободно движется в направлении своей оси и прижимается к кулачку силой тяжести и давлением пружины 5. При вращении вала кулачок нажимает на тарелку толкателя и передвигает его вверх. Упираясь в торец стержня клапана и преодолевая сопротивление пружины, толкатель поднимает клапан, его головка отходит от седла (рис. 75, б), а в образовавшееся кольцевое отверстие либо впускается рабочая смесь, либо выпускается отработавший газ.

Профили кулачков в кулачковых механизмах могут быть сделаны по самым разнообразным кривым, благодаря чему с помощью кулачкового механизма практически можно воспроизвести почти любое движение рабочего звена.

Храповой механизм (рис. 76) служит для получения прерывного движения в одном направлении.

Он состоит из храпового колеса 1, имеющего зубья, в которые упираются собачки 2 и 3, одна из которых шарнирно соединена с водилом 6. Водило получает

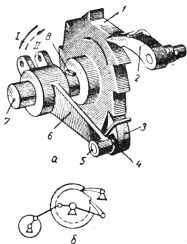


Рис. 76. Храповой механизм:

а—общий вид; б—схематическое изображение; 1—храповое колесо; 2—собачка стопорная; 3—собачка ведущая; 4—пружина; 5—ось собачки; 6—водило; 7—вал; 8—шпонка.

колебательное движение от кривошипно-шатунного механизма. При движении водила в сторону стрелки *I* (рис. 76, *a*) собачка 3 поворачивает храповое колесо, закрепленное на валу. При обратном ходе водила (по направлению стрелки *II*) храповое колесо с валом, удерживаемое стопорной собачкой 2, остаются неподвижными, а ведущая собачка 3 скользит по наклонной стороне зубьев колеса.

Храповые механизмы применяются в навозоразбрасывателях, как стопорные устройства в грузоподъемных машинах, в механизме подъема жатки комбайна, в домкратах, в инструментах с трещотками и др.

§ 5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ

Гидравлический механизм, называемый гидравлическим приводом (гидроприводом), предназначен для приведения в действие рабочих машин или механизмов посредством жидкости, подаваемой под давлением гидронасосом.

Гидравлические приводы применяются в автомобилях, тракторах, сельскохозяйственных машинах, различных станках, самолетах и других машинах. Их широко используют в стогометателях, погрузчиках, комбайнах и во всех навесных сельскохозяйственных машинах.

Гидравлические механизмы компактны по своему устройству и имеют небольшие размеры. Вместе с этим они просты и надежны в управлении.

В качестве жидкости в гидравлических приводах применяются обычно минеральные масла. Во многих случаях для этой цели используется смесь касторового масла или глицерина со спиртом. Вода для гидропривода применяется редко.

Упрощенная схема гидропривода трактора приведена на рисунке 77. Гидропривод состоит из масляного бака 1 с фильтрами 2 для очистки масла, поступающего по маслопроводу в гидронасос 3, распределителя 5 и гидроцилиндра 7. Клапан 6 служит для отвода избытка масла при переводе распределителя в нейтральное положение.

Жидкость (масло) из бака 1 насосом 3 нагнетается по маслопроводам 4 через распределитель 5 в

гидроцилиндр 7. Под давлением жидкости на поршень 9 шток гидроцилиндра приходит в движение и совершает полезную работу.

Гидравлические насосы бывают шестеренчатые, лопастные и поршневые. Насос приводится в движение от какого-либо двигателя.

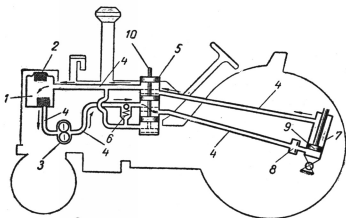


Рис. 77. Гидропривод трактора:

1—бак; 2—фильтр; 3—насос; 4—маслопровод; 5—распределитель; 6—клапан;
7—гидроцилиндр; 8—дроссель; 9—поршень; 10—золотник.

Пневматический механизм, называемый пневматическим приводом (пневмоприводом), предназначен для привода в действие рабочих органов машин сжатым воздухом. Пневмопривод широко применяется в ручных инструментах (пневмодрелях, пневмомолотках, пневмозубилах), в различных зажимных устройствах, тормозах и др.

На рисунке 78 показана машинка с пневмоприводом для опиловочных работ. Опиловочный камень укреплен на одном валу с крыльчаткой. Крыльчатка по конструкции подобна колесу водяной турбины. Струя сжатого воздуха воздействует на крыльчатку и приводит ее во вращение вместе с инструментом.

Молотки и зубила с пневматическим приводом работают от ударов массивного поршня — ударника, при-

водимого в возвратно-поступательное движение сжатым воздухом.

Сжатый воздух пневматические механизмы получают от компрессорной установки, которая может быть удалена от механизма на значительное расстояние.

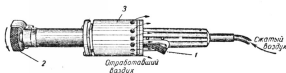


Рис. 78. Пневматическая опилоочная машинка:
1—рычаг; 2—опилоочный круг; 3—корпус крыльчатки.

Сервопривод. Пневматические и гидравлические приводы широко используются как вспомогательные в сервоприводах.

Сервоприводом называется система агрегатов и механизмов, у которых усилие на выходном (ведомом) звене во много раз (возможно в несколько тысяч раз) больше усилия, действующего на входное (ведущее) звено.

Например, руль самолета (выходное звено) воспринимает от летчика движение, связанное с ручкой управления (входное звено); при этом руль следует за перемещением ручки управления. Но усилие летчика, которое во много раз меньше усилия, необходимого для поворота руля, с помощью сервопривода увеличивается в такой мере, которая необходима для поворота руля.

Основной частью сервопривода является гидравлический или пневматический двигатель. Имеются сервоприводы с электродвигателем.

Сервопривод с ручным управлением называют гидроусилителем или пневмоусилителем.

Сервоприводы с автоматическим управлением, где на входное звено обычно действуют весьма малые силы, вызванные изменением режима работы машины, называют следящим гидро-или электроприводом.

Следящий привод в сельском хозяйстве применен в автоматическом комбайне с автоводителем, автотехнологом и другими автоматическими устройствами.

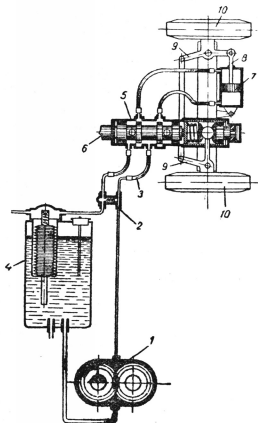


Рис. 79. Гидроусилитель рулевого управления самоходного комбайна СК-3:

1—шестеренчатый насос; 2—перепускной клапан; 3—маслопровод; 4—масляный бак; 5—золотниковый распределитель; 6—тяги рулевого управления; 7—поршень гидроцилиндра; 8—шток; 9—рычаг управляемых колес; 10—управляемые колеса.

Входным звеном автоводителя этого комбайна является копир. Скользя вдоль бровки нескошенного хлеба или вдоль валка скошенного хлеба при раздельной уборке, он воспринимает соответствующее усилие от нескошенных колосьев или от валка и с помощью гидропривода передает движение на выходное звено — управляемые колеса.

На рисунке 79 изображен гидроусилитель, установленный на рулевом управлении самоходного комбайна СК-3. Входным звеном служит вал рулевого управления, связанный с золотниковым распределителем 5 гидроусилителя тягой 6. Выходным звеном являются управляемые колеса 10 комбайна.

В положении, указанном на рисунке 79, золотник распределителя находится в нейтральном положении. Жидкость, нагнетаемая насосом 1, отжимает перепускной клапан 2 и уходит в сторону маслобака 4, минуя гидроцилиндр. При перемещении золотника распределителя в какую-либо сторону масло, поступая в гидроцилиндр, давит на соответствующую сторону поршня 7, приводя его в движение, и шток 8, воздействуя на рычаг 9 колес 10, поворачивает их.

Гидроусилитель установлен на комбайне в связи с увеличением нагрузки на его управляемые колеса.

§ 6. ТОРМОЗА

Тормозом называется механизм замедления или совершенной остановки движущихся частей машины или всей машины в целом. Действие тормоза основано на превращении энергии движения в тепловую энергию трения между его движущимися и неподвижными частями.

По характеру основных деталей тормоза делятся на колодочные, ленточные, конусные и дисковые, а по способу привода — на ручные, ножные, автоматические и сервотормоза.

К сервотормозам относятся такие тормоза, в которых усилие рабочего на тормоз передается значительно увеличенным при помощи специального прибора — сервомеханизма.

На рисунке 80 показана лебедка с ручным ленточным тормозом. На валу барабана 3 укреплен тормоз-

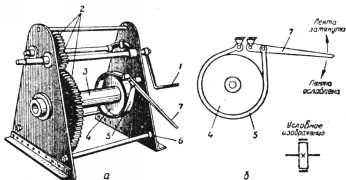


Рис. 80. Лебедка с ручным ленточным тормозом:

а—общий вид лебедки; *б*—схема устройства и условное обозначение ленточного тормоза; 1—рукоятка; 2—зубчатые колеса; 3—барабан; 4—тормозной шкив; 5—тормозная лента; 6—станина лебедки; 7—рычаг тормоза.

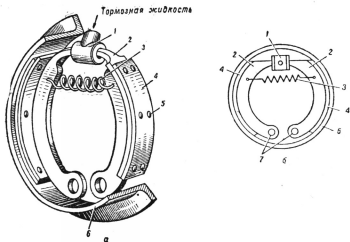


Рис. 81. Колодочный тормоз (автомобильный):

а—общий вид (в разрезе); *б*—схема; 1—гидроцилиндр; 2—колодки; 3—стяжная пружина; 4—фрикционные накладки; 5—заклепка; 6—барабан; 7—шарниры колодок.

ной шкив 4, охватываемый стальной лентой 5. Лента одним концом неподвижно укреплена на станине 6 лебедки, а другим соединена с рычагом 7. При подъеме груза лента тормоза ослаблена и барабан вращается свободно. Для удержания груза на весу ленту затягивают рычагом, и силы трения между тормозным шкивом и лентой удерживают вал барабана от вращения. При уменьшении силы на рычаге тормоза силы трения также уменьшаются и барабан начинает вращаться в сторону опускания груза.

Колодочный тормоз с гидравлическим управлением, применяемый для торможения колес автомобиля, показан на рисунке 81. Барабан 6 вращается вместе с колесом автомобиля. При торможении шофер, нажимая на педаль, включает в тормозную гидросистему гидроцилиндр 1 с двумя поршнями. Поршни нажимают на свободные концы колодок 2 и, поворачивая их около осей 7, прижимают фрикционные накладки 4 к вращающемуся барабану, задерживая его движение. При выключении тормоза пружина 3 возвращает колодки в первоначальное положение. Фрикционные накладки прикреплены к колодкам заклепками 5.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Тема. Механизмы передачи и преобразования движения.

Цель. Ознакомление с конструкциями механизмов передач и механизмов преобразования движения; составление их кинематических схем.

Оборудование. Сложные сельскохозяйственные машины — зерновые комбайны, картофелеуборочные и кукурузоуборочные машины, сложные зерноочистительные машины, картофелепосадочные машины и др., а также узлы тракторов, автомобилей, станков и подъемно-транспортных машин.

Инструмент, необходимый для выполнения работы: масштабные линейки, рулетка, чертежные угольники и линейки, циркули.

Примерное содержание работы

1. Ознакомление с конструкцией и применением ременных и цепных передач и построение их кинематических схем. Экскурсия к самоходному комбайну СК-3 (или какой-либо другой машине).

Порядок работы:

а) ознакомление с конструкциями ремней и шкивов клиноременных передач комбайна; найти клиноременные передачи открытые, перекрестные и с натяжными роликами, а также шкивы для одного и нескольких ремней;

б) ознакомление с конструкцией приводных цепей и звездочек; найти цепные передачи простого и сложного контура (охватывающие более двух звездочек); ознакомиться с конструкцией и назначением натяжных звездочек;

в) составить кинематическую схему передачи от вала двигателя к валу мотопила комбайна (или к валу другого его рабочего органа); определить передаточные числа отдельных передач, для чего измерить диаметры шкивов (можно приблизительно по наружному диаметру) и подсчитать число зубьев звездочек;

г) найти число оборотов в минуту промежуточных валов привода (вала главного контрпривода, вала верхнего плавающего транспортера, вала привода жатки, нижнего вала вариатора мотопила, верхнего вала вариатора мотопила) и вала мотопила, считая, что вал двигателя делает 1700 об/мин. Передаточное число вариатора определять по положению ремня на шкивах.

2. Составление кинематической схемы коробки передач какого-либо автомобиля или трактора (можно коробки скоростей токарного станка). Работа проводится в учебном кабинете на стендах с коробками передач.

Порядок работы:

а) ознакомление с работой коробки передач какого-либо автомобиля или трактора; найти ведущий, ведомый и промежуточные валы; выяснить, как с помощью кулачковой муфты и шестерни с кулачками производится перемена передач; для облегчения работы следует использовать плакат;

б) определить число вариантов скоростей; подсчитать число зубьев всех зубчатых колес и определить передаточное число какого-либо варианта (кроме прямого соединения ведущего и ведомого вала);

в) составить кинематическую схему коробки передач для выбранного варианта скорости; проверить полученное расчетом передаточное число путем подсчета чисел оборотов ведущего и ведомого вала при проворачивании их от руки.

3. Составление кинематической схемы кривошипно-шатунного механизма косилки. Работу можно проводить с машинами, имеющими кривошипно-шатунный механизм (комбайны, жатки и др.).

Порядок работы:

а) ознакомление с устройством косилки и ее назначением; обратить внимание на работу режущего аппарата;

б) проследить кинематическую связь ножа косилки с ходовым колесом; определить число зубьев каждой пары колес (цилиндрической и конической); определить передаточное число между ходовым колесом и кривошипным валом;

в) измерить диаметр ходового колеса косилки и, приняв скорость движения косилки в 1 м/сек , определить число оборотов колеса в минуту; по передаточному числу привода кривошипного вала определить его число оборотов в минуту; определить число ходов ножа косилки в минуту (ход — движение ножа в одну сторону);

г) составить кинематическую схему привода косилки, включая кривошипно-шатунный механизм.

4. Ознакомление с конструкцией и применением вариаторов. Работа проводится на зерновых комбайнах или на стендах в кабинете.

Порядок работы:

а) ознакомление с конструкцией клиноременных вариаторов барабана, мотвила и ходовых колес комбайна СК-3 (или других марок комбайнов); уяснить их назначение;

б) установить вариатор на максимальное число оборотов вала барабана, для чего диски шкива на валу двигателя установить на максимальный диаметр;

в) измерить (ориентировочно) диаметры ведомого и ведущего шкива в установленном положении и определить число оборотов барабана, приняв число оборотов вала двигателя равным 1700 в минуту.

При составлении схем условные обозначения механизмов следует выполнять по ГОСТу 3462—60, которые частично приведены в приложении 2 (в конце книги).

Контрольные вопросы ко второй главе

1. Что называют кинематической цепью и механизмом? Какие кинематические пары вам известны?

2. Как определяют передаточное число ременной передачи? Опишите устройство клиноременной передачи.

3. Какую фрикционную передачу называют лобовой?

4. Что такое шаг и модуль зацепления? Какие типы зубчатых колес вам известны?

5. Где применяют червячные передачи? Как определить передаточное число червячной передачи?

6. Если шаг приводной цепи $t=20$ мм, а число зубьев и число оборотов в минуту ведущей звездочки соответственно равны $z=25$ и $n=400$ об/мин, то чему равна скорость цепи?

7. Какой редуктор называется двухступенчатым? Как определить передаточное число двухступенчатого редуктора, если передаточное число первой пары $i_1=4,25$ и второй $i_2=4$?

8. Какие механизмы служат для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное?

9. Назовите основные части гидравлического механизма.

10. Для чего служит тормоз? Какие тормоза называются колесными?

ГЛАВА III.

УСТРОЙСТВО И РАБОТА МАШИН

§ 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О МАШИНАХ

Машиной называется механизм или система механизмов, служащая для выполнения полезной работы в процессе производства и транспортирования или для преобразования одного вида энергии в другой.

Различают машины-двигатели и рабочие машины (машины-орудия).

К машинам-двигателям относятся такие машины, в которых тот или иной вид энергии преобразуется в механическую работу.

К рабочим машинам относятся такие машины, с помощью которых производится изменение свойств, состояния, формы или положения обрабатываемого объекта.

Так, например, винт и гайка, соединенные со стойкой, составят винтовой механизм. Но винтовой слесарный пресс, в котором винт и гайка также соединены с основанием, относится уже к рабочей машине, так как он предназначен для производственного процесса — гибки труб.

Современные машины представляют собой совокупность, состоящую из трех существенно различных частей: машины-двигателя, передаточного механизма и рабочей машины. Подобную совокупность называют машинным агрегатом или просто агрегатом.

В зависимости от назначения **рабочие машины** разделяются на **технологические и транспортирующие**.

К технологическим относятся такие рабочие машины и агрегаты, которые используются на

обработке какого-либо материала или изготовлении полезных предметов (сельскохозяйственные машины, металлообрабатывающие, деревообрабатывающие и ткацкие станки, прокатные станы, доменные и сталелитейные печи, машины пищевой промышленности и т. п.).

К транспортирующим относятся транспортные машины (автомобили, тепловозы, электровозы, самолеты, теплоходы, трамваи, троллейбусы и пр.), служащие для перемещения грузов, пассажиров и др. на большие расстояния, и машины, служащие для перемещения грузов и пассажиров на небольшие расстояния в пределах строительной площадки, жилого или производственного помещения и т. п. (грузоподъемные машины, пассажирские лифты, транспортеры, эскалаторы и пр.).

Передаточные механизмы служат для передачи движения и энергии от машины-двигателя к рабочей машине.

В большинстве современных машин система передачных механизмов непосредственно (кинематически) связывает двигатель с рабочим органом, выполняющим полезную работу. Например, в современном токарном станке электродвигатель составляет одно целое со станком и движение от него к суппорту с рабочим органом — резцом осуществляется при помощи передач передней бабки и коробки скоростей, также представляющих одно целое со станком.

Все современные машины, имеющие индивидуальный привод, являются агрегатами. Например, станок есть станочный агрегат, автомобиль — транспортный агрегат, строительный кран — грузоподъемный агрегат и т. д.

Существуют такие **сложные агрегаты**, которые представляют собой соединение двигателя с транспортной и несколькими рабочими машинами, выполняющими ряд производственных операций. К таким агрегатам относится, например, **самоходный зерноуборочный комбайн**, который одновременно является транспортным агрегатом и агрегатом, состоящим из машины-двигателя, трансмиссии и ряда рабочих машин — косилки (для срезания стеблей), молотилки (для обмола та скошенных колосьев), зерноочистительной ма-

шины (для очистки зерна от половы и других примесей) и транспортирующей машины (для перемещения зерна в бункер).

К особому виду агрегатов относятся вычислительные и счетно-аналитические машины, получившие широкое распространение в науке и технике.

В различных частях машины при ее работе возникают силы, которые разделяются на **движущие силы и силы сопротивления**.

Движущими называются те силы, которые сообщаются рабочей машине двигателем или мускульной силой человека. Движущие силы приложены к ведущему звену (главному валу) рабочей машины.

Силами сопротивления называются те силы, которые возникают в рабочей машине при выполнении ею работы. Они делятся на полезные и вредные.

Полезные силы сопротивления возникают на рабочем (исполнительном) органе машины (крюке, резце, ноже косилки, корпусе плуга). При их преодолении машина совершает полезную работу — подъем груза, снятие стружки, резание стеблей, рыхление почвы и пр.

Вредные силы сопротивления действуют во всех звеньях машины и проявляются в виде сил трения в опорах и в зубчатых передачах, сил инерции и сопротивления среды (воздуха, пара, жидкости) и т. п. Основной из них является сила трения в опорах и зацеплении передач, а для машин или их частей, двигающихся с большой скоростью, — сопротивление среды, в которой они движутся. Например, сопротивление воздуха для автомобилей и самолетов.

На преодоление вредных сил сопротивления затрачивается часть работы движущих сил.

Основное уравнение движения машины вытекает из закона сохранения энергии, известного из курса физики. По этому закону работа движущих сил равна работе сил сопротивления, т. е.

$$A_d = A_n + A_v + A_k, \quad (6)$$

где A_d — работа движущих сил, A_n — работа сил полезного сопротивления, A_v — работа сил вредного сопротивления и A_k — приращение кинетической энергии.

В период пуска машины ее части движутся с ускорением — с возрастанием скорости; приращение кинетической энергии в уравнении (6) в этот период будет иметь знак плюс. При установившемся движении, когда число оборотов главного вала машины становится постоянным, приращение кинетической энергии равно нулю. Уравнение (6) в этом случае примет вид:

$$A_d = A_n + A_v.$$

В период остановки машины ее части движутся с замедлением, отдавая накопленную кинетическую энергию, вследствие чего машина, отключенная от двигателя, будет совершать движение, преодолевая полезные и вредные силы сопротивления. Следовательно, A_k (кинетическая энергия) в уравнении (6) в период остановки будет иметь знак минус, а само уравнение (при выключенном двигателе, когда $A_d = 0$) примет вид:

$$0 = A_n + A_v - A_k,$$

или

$$A_k = A_n + A_v.$$

Машина остановится, когда вся кинетическая энергия будет израсходована.

Для уменьшения времени на остановку машины прибавляют дополнительное сопротивление в виде тормоза.

Основной характеристикой качества машин служит **коэффициент полезного действия**, сокращенно обозначаемый к.п.д. Под ним понимается отношение полезной работы, совершаемой какой-нибудь машиной, к работе, затрачиваемой на приведение машины в действие.

К.п.д. дает представление о степени совершенства машины с точки зрения ее энергетической экономичности. В зависимости от того, какой вид энергии или род потерь учитывается к.п.д., ему присваиваются соответственно различные наименования. Например, к.п.д. таких машин, как металлорежущие станки, грузоподъемники и технологические машины, в которых имеют место потери, главным образом на преодоление сил трения в опорах и передачах, характеризуется механическими потерями и называется механическим к.п.д. К.п.д. тепловых двигателей характеризуется не толь-

ко механическими потерями (на трение в опорах), но и потерями тепла при сгорании топлива (неполнота сгорания), в системе охлаждения и т. д. и соответственно называется полным к.п.д.

Исходя из основного уравнения движения машины, механический к.п.д. можно определить как отношение работы полезных сил сопротивления к работе движущих сил, взятых за один и тот же период времени, т. е.

$$\eta_{об} = \frac{A_n}{A_d}, \quad (7)$$

где $\eta_{об}$ — механический коэффициент полезного действия машины, A_n — работа сил полезного сопротивления и A_d — работа движущих сил.

Так как A_d всегда больше A_n , то $\eta_{об}$ всегда меньше единицы.

Механический к.п.д. машины образуется из механических к.п.д. отдельных механизмов, из которых состоит машина. Например, если в машину входят как составные части ременная, гидравлическая и зубчатая передачи и несколько валов с опорами, то к.п.д. машины выразится как произведение механических к.п.д. отдельных механизмов:

$$\eta_{об} = \eta_p \eta_{из} \eta_r \eta_o^n,$$

где η_p , $\eta_{из}$, η_r и η_o — соответственно механические к.п.д. ременной, зубчатой и гидравлической передачи и опор валов, n — количество валов машины.

Величина механических к.п.д. отдельных механизмов зависит от качества их изготовления и монтажа. Средние их значения для опор качения составляют 0,99, для опор скольжения — 0,97, для ременных передач — 0,96, для зубчатых передач — от 0,94 до 0,98.

К.п.д. машин-двигателей и транспортных машин $\eta_{пол}$ можно определить как отношение работы сил полезного сопротивления ко всей работе, затраченной машиной за один и тот же период времени, т. е.

$$\eta_{пол} = \frac{A_n}{A_3},$$

где A_3 — затраченная работа машины, равная тепловой энергии, выделяемой при сжигании топлива в теп-

ловых двигателях, или кинетической энергии струи жидкости в гидравлических двигателях.

Тепловые машины имеют сравнительно низкий коэффициент полезного действия, так как большое количество энергии сжигаемого топлива рассеивается в окружающей среде, уходит на нагрев частей машины и, кроме того, возможно не полное сгорание топлива. Например, у паровых машин он равен 0,15—0,20, у двигателей внутреннего сгорания — 0,30—0,35. У электродвигателей, где происходит превращение электрической энергии в механическую работу, к.п.д. составляет 0,85—0,90, а у генераторов и трансформаторов — около 0,98.

Регулирование хода и уравнивание машин. В ряде машин величина движущих сил изменяется. Это происходит, например, в двигателях внутреннего сгорания вследствие изменения давления газов на поршень.

Если силы сопротивления рабочей машины остаются постоянными, то вал машины будет вращаться неравномерно. Когда движущие силы больше сил сопротивления, то вращение будет ускоренным, когда же движущие силы меньше сил сопротивления, вращение будет замедленным.

Изменение величины движущих сил в двигателе внутреннего сгорания носит периодический характер, так как оно связано с циклом работы двигателя. При двухтактном двигателе период изменения движущих сил соответствует одному обороту, а при четырехтактном — двум оборотам коленчатого вала.

Возможно и непериодическое изменение движущих сил и сил сопротивления. Например, в паровой турбине вследствие изменения давления пара в котле изменение величины движущих сил носит непериодический характер. Изменение сил сопротивления в молотильном барабане комбайна вследствие неравномерной подачи массы скошенных стеблей также носит непериодический характер.

Такие непериодические изменения движущих сил и сил сопротивления вызывают колебание скорости вращения вала машины. Для уменьшения резких колебаний скорости вращения вала машины и обеспечения постоянства ее величины применяют регуляторы.

Для регулирования хода машины при периодических изменениях скорости вращения вала применяется маховик, представляющий собой колесо с мас-

сивным ободом, установленное на валу машины. В период ускорения (рабочий ход поршня) маховик запасает кинетическую энергию, а в период замедления, когда давление газов на поршень прекращается, расходует ее на поддержание вращения вала.

При непериодических изменениях движущих сил применяются регуляторы, устанавливаемые на машинах-двигателях. Обычно это центробежные регуляторы, которые действуют на устройство, управляющее подачей топлива (в двигателях внутреннего сгорания), пара (в паровых машинах) или поворотом лопаток (в гидротурбинах).

Реже применяются регуляторы, воздействующие на изменение сил сопротивления в рабочих машинах. Эти регуляторы, называемые модераторами, представляют собой приспособления для замедления хода машины (от латинского слова *moderato* — умеряющий). Модераторы чаще всего выполняются в виде тормоза, установленного на одном из валов рабочей машины.

Вследствие неточности сборки и изготовления вращающихся частей машины, а также особенностей их конструкции (например, коленчатые валы, у которых шатунные шейки смещены относительно оси вращения) в машинах возникают значительные центробежные (инерционные) силы. Инерционные силы в машинах вызывают вибрацию их фундаментов, увеличивают расход энергии при работе машин и уменьшают долговечность их деталей.

Для устранения этих вредных явлений производят у р а в н о в е ш и в а н и е м а ш и н.

Уравновешивание инерционных сил достигают установкой противовесов. Противовесы устанавливаются таким образом, чтобы центр тяжести уравновешиваемой части машины с противовесами занимал в пространстве неизменное положение (лежал на оси вращения).

Определение величины массы противовеса и его положения на вращающихся частях производят на балансировочных установках.

При полностью уравновешенной машине на ее фундамент действуют только силы веса машины и внешние нагрузки от привода. Например, на фундамент электродвигателя с ременной передачей действует сила веса двигателя, сила натяжения ремня и крутящий момент на шкиве.

Двигателем, как указывалось в предыдущем параграфе, называется машина, преобразующая какой-либо вид энергии в механическую работу вращающегося вала, возвратно-поступательно движущегося поршня или поступательно движущегося реактивного аппарата.

По виду используемой энергии двигатели делятся на тепловые, в которых используется энергия сжигаемого топлива, гидравлические, работающие под действием напора воды, электрические, преобразующие электрическую энергию в механическую работу, и ветряные, использующие энергию ветра.

Тепловые двигатели подразделяются на двигатели внутреннего сгорания, в которых топливо сгорает внутри цилиндра двигателя, паровые машины и паровые турбины, в которых тепловая энергия получается от сгорания топлива в топках паровых котлов, газовые турбины и реактивные двигатели, имеющие отдельные камеры сгорания.

Для работы тепловых двигателей используется твердое, жидкое и газообразное топливо, о химическом составе и свойствах которого упоминалось при изучении химии в восьмом классе.

Двигатели используются для приведения в действие рабочей машины. В некоторых случаях двигатели соединяются непосредственно с генераторами, преобразующими механическую работу двигателя в электрическую энергию постоянного или переменного тока. К подобным агрегатам относится турбогенератор, представляющий собой соединение паровой или газовой турбины с генератором, и гидрогенератор, представляющий собой соединение гидравлической турбины с генератором.

1. Двигатель внутреннего сгорания

К двигателям внутреннего сгорания относятся тепловые поршневые двигатели, в которых сгорающее внутри их цилиндров топливо превращается в газ; расширяясь, газ давит на поршень, который перемещается в цилиндре и посредством шатуна сообщает коленчатому

валу вращательное движение, совершая тем самым механическую работу.

Двигатели внутреннего сгорания разделяются на стационарные и транспортные. К стационарным относятся двигатели, работающие на неподвижном основании (на электростанции, фабрике, заводе), а к транспортным — работающие на подвижном основании (тепловозе, теплоходе, автомобиле, тракторе, самолете).

Благодаря тому что двигатели внутреннего сгорания имеют сравнительно небольшой вес и компактную конструкцию, они нашли преимущественное применение на безрельсовом транспорте — автомобилях, тракторах, самолетах и судах.

По рабочему циклу двигатели внутреннего сгорания делятся на четырехтактные и двухтактные, а по способу получения горючей смеси — на двигатели с внешним и внутренним смесеобразованием.

К двигателям с внешним смесеобразованием относятся карбюраторные и газовые, а с внутренним — двигатели с воспламенением от сжатого воздуха (дизели).

В четырехтактных двигателях рабочий цикл осуществляется за четыре хода (такта) поршня, что соответствует двум оборотам коленчатого вала, а в двухтактных — за два хода поршня, что соответствует одному обороту коленчатого вала.

Воспламенение горючей смеси осуществляется от электрической искры запальной свечи (в карбюраторных и газовых двигателях), от высокой температуры сжатого воздуха (в дизелях) и от раскаленной детали (запального шара), вставляемой в камеру сгорания (в калоризаторных двигателях).

Степень сжатия горючей смеси в карбюраторных двигателях в зависимости от топлива колеблется от 5 до 8 (для керосина — около 4, для бензина — около 8). В дизелях степень сжатия колеблется в пределах 12—20. Степенью сжатия называется отношение полного объема цилиндра двигателя к объему камеры сжатия (сгорания).

Четырехтактный карбюраторный двигатель. Карбюраторные двигатели работают на легком хорошо испаряющемся топливе (бензине, легроине, керосине, спирте). Топливо в цилиндр двигателя поступает в смеси

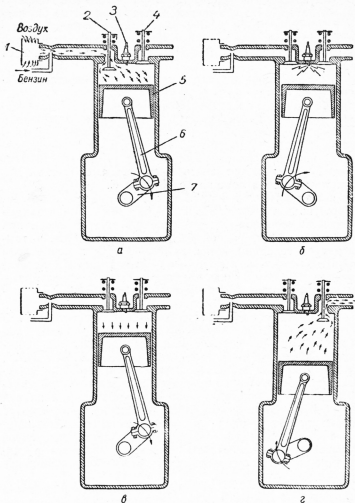


Рис. 82. Рабочий цикл четырехтактного карбюраторного двигателя:
 а—впуск; б—сжатие; в—рабочий ход (расширение); г—выпуск продуктов сгорания;
 1—карбюратор; 2—впускной клапан; 3—запальная свеча; 4—выпускной клапан;
 5—поршень; 6—шатун; 7—коленчатый вал.

с воздухом. Смесь образуется в специальном приборе — карбюраторе. Воспламеняется она электрической искрой, образующейся между электродами запальной свечи, находящейся в камере сгорания. Электрический ток к свече поступает по проводам от аккумулятора или от генератора.

Рабочий цикл двигателя состоит из следующих тактов (рис. 82):

Первый такт (ход поршня) — впуск (засасывание) горючей смеси (рис. 82, а). Поршень 5 движется от верхней мертвой точки (ВМТ) к нижней мертвой точке (НМТ); в цилиндре образуется разрежение, открыт впускной клапан 2; давление равно 0,8—0,9 ат; засосанная горючая смесь нагревается от стенок цилиндра и днища поршня до 70—100° С.

Второй такт — сжатие горючей смеси (рис. 82, б). Поршень движется от НМТ к ВМТ; оба клапана закрыты; в конце хода сжатия давление сжатой смеси при степени сжатия, равной 6, достигает 7—10 ат, а температура ее поднимается до 350—370° С; в конце хода сжатия между электродами запальной свечи 3 проскакивает искра и смесь воспламеняется; температура в камере сгорания поднимается до 1800—2200° С, а давление достигает 25—35 ат.

Третий такт — расширение образовавшихся при сгорании горючей смеси газов, или рабочий ход (рис. 82, в). Оба клапана закрыты, поршень под действием расширяющихся газов движется от ВМТ к НМТ; поступательное движение поршня при помощи шатуна 6 преобразуется во вращательное движение коленчатого вала 7; происходит процесс превращения тепловой энергии в механическую работу вращения вала; в конце хода поршня к НМТ давление в цилиндре составляет 4—5 ат и в этот момент открывается выпускной клапан 4; под действием высокого давления в цилиндре газы устремляются в выпускное клапанное отверстие.

Четвертый такт — выпуск отработавших газов (рис. 82, г). Открыт выпускной клапан 4; поршень движется от НМТ к ВМТ, вытесняя газы через выпускной клапан в атмосферу; давление в цилиндре снижается до 1,1—1,2 ат, а температура отработавших газов — до 700—900° С.

После выпуска отработавших газов рабочий цикл двигателя повторяется.

На рисунке 83 показано общее устройство одноцилиндрового карбюраторного двигателя. Горючая смесь

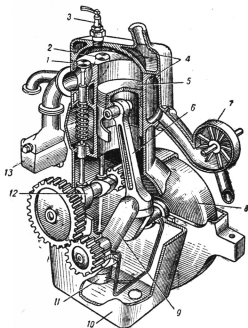


Рис. 83. Четырехтактный одноцилиндровый карбюраторный двигатель:

1—впускной клапан; 2—выпускной клапан; 3—запальная свеча; 4—полость для охлаждающей воды; 5—поршень; 6—шатун; 7—насос водяного охлаждения; 8—маховик; 9—коленчатый вал; 10—картер; 11—масляный насос; 12—распределительный вал; 13—карбюратор.

из карбюратора 13 по трубе поступает через впускной клапан 1 в головку цилиндра, где воспламеняется от искры электрической свечи 3. Газы, полученные при сгорании смеси, давят на поршень 5, и он с помощью шатуна 6 приводит в движение коленчатый вал 9.

От коленчатого вала через зубчатую передачу приводится в движение распределительный вал 12, кулачки

которого попеременно открывают впускной 1 и выпускной 2 клапаны. Закрываются клапаны с помощью пружин.

При обратном ходе поршня кулачок распределительного вала открывает клапан 2 и продукты сгорания через выпускную трубу выталкиваются в атмосферу.

Смазка шеек коленчатого вала производится маслом, которое насос 11 из картера 10 по маслопроводам гонит к местам трения.

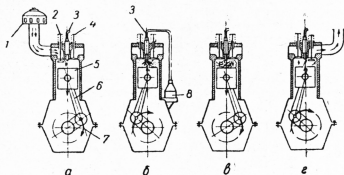


Рис. 84. Рабочий цикл четырехтактного дизеля:

а—впуск; *б*—сжатие; *в*—рабочий ход (расширения); *г*—выпуск; 1—воздухоочиститель; 2—впускной клапан; 3—форсунка; 4—выпускной клапан; 5—поршень; 6—шатун; 7—коленчатый вал; 8—топливный насос.

Двигатель охлаждается водой, которая под действием насоса 7 циркулирует по полостям 4 цилиндра и его головки. Стенки цилиндра смазываются разбрызгиванием масла, которое коленчатый вал захватывает в картере при вращении.

Горючее в карбюратор поступает из топливного бака по трубкам.

Четырехтактный дизель. Дизели работают на специальном дизельном топливе, получаемом при прямой перегонке нефти. Горючая смесь в этом двигателе образуется непосредственно внутри его цилиндров путем впрыска топлива при помощи форсунки в камеру сгорания в момент сжатия засосанного поршнем воздуха. Температура сжатого воздуха достигает $600\text{--}700^\circ\text{C}$. При впрыске топливо самовоспламеняется. Топливо к

форсунке подается топливным насосом под давлением, достигающим 1400 ат.

Рабочий цикл дизеля состоит из следующих тактов (рис. 84):

Первый такт (ход поршня) — впуск (засасывание) атмосферного воздуха через воздухоочиститель 1 (рис. 84, а). Открыт впускной клапан 2; поршень 5 движется от ВМТ к НМТ, в цилиндре образуется разрежение.

Второй такт — сжатие засосанного воздуха (рис. 84, б). Оба клапана закрыты; поршень движется от НМТ к ВМТ, сжимая воздух; давление сжатого воздуха достигает 30—35 ат, а температура — 600—700° С; в конце хода сжатия топливный насос 8 через форсунку 3 впрыскивает в камеру сгорания порцию мелко распыленного топлива, которое под действием высокой температуры сжатого воздуха воспламеняется; температура в камере сгорания поднимается до 1800—2000° С, а давление — до 50—80 ат.

Третий такт — расширение газов сгоревшей смеси, или рабочий ход (рис. 84, в). Оба клапана закрыты; под действием расширяющихся газов поршень движется от ВМТ к НМТ; как и в карбюраторном двигателе, поступательное движение поршня 5 при помощи шатуна 6 преобразуется во вращательное движение коленчатого вала 7, происходит процесс превращения тепловой энергии в механическую работу; давление в цилиндре в конце рабочего хода снижается до 3—4 ат; в этот момент открывается выпускной клапан и отработавшие газы начинают выходить из цилиндра.

Четвертый такт — выпуск отработавших газов (рис. 84, г). Открыт выпускной клапан; поршень движется от НМТ к ВМТ, вытесняя газы из цилиндра в атмосферу; давление газов в цилиндре в конце хода составляет 1,1—1,2 ат, а температура — 600—800° С.

На рисунке 85 показан общий вид четырехтактного четырехцилиндрового тракторного дизеля Д-40М, устанавливаемого на тракторе «Беларусь» МТЗ-5М.

Двухтактный двигатель. В двухтактном двигателе рабочий процесс осуществляется за два хода поршня и один оборот коленчатого вала. Двухтактными выполняются как карбюраторные двигатели, так и двигатели с воспламенением от сжатия.

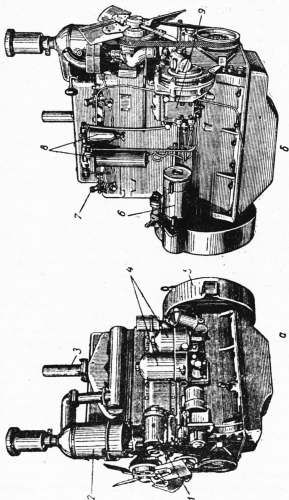


Рис. 85. Общий вид тракторного дизеля Д-40М:

а — вид слева; б — вид справа; 1 — генератор; 2 — воздухоочиститель; 3 — выпускная труба; 4 — масляные фильтры; 5 — картер маховика; 6 — стартер; 7 — форсунка; 8 — топливные фильтры; 9 — топливный насос.

Двухтактные карбюраторные двигатели применяются в качестве пусковых на дизелях многих тракторов; они ставятся на мотоциклах, применяются на лодках и ряде легких передвижных установок.

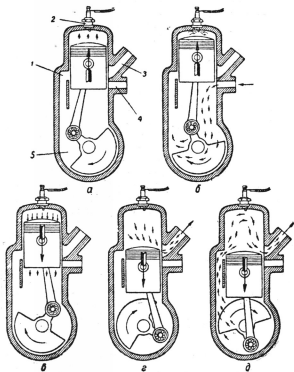


Рис. 86. Рабочий цикл двухтактного карбюраторного двигателя:

а—сжатие; *б*—впуск свежей горючей смеси в картер; *в*—рабочий ход; *г*—выпуск отработавших газов; *д*—продувка цилиндра горючей смесью; 1—продувочное окно; 2—запальная свеча; 3—выпускное окно; 4—впускное окно; 5—кривошипная камера (картер).

Двухтактные дизели устанавливаются, например, на грузовом автомобиле ЯАЗ-204.

Рабочий цикл двухтактного карбюраторного двигателя состоит в следующем (рис. 86).

Первый такт — сжатие и выпуск горючей смеси (рис. 86, а). Поршень движется от НМТ к ВМТ; двигаясь к ВМТ, поршень закрывает продувочное 1 и выпускное 3 окна и сжимает в цилиндре горючую смесь; одновременно с этим под поршнем — в кривошипной камере 5 — образуется разрежение, и как только откроется выпускное отверстие 4, в картер начинает поступать (всасываться) из карбюратора свежая горючая смесь.

Второй такт — рабочий ход (расширение) и выпуск в атмосферу отработавших газов. Как только поршень приблизится к ВМТ, между электродами запальной свечи 2 проскакивает искра и горючая смесь воспламеняется; под действием расширяющихся газов поршень перемещается к НМТ и с помощью шатуна приводит в движение коленчатый вал, преобразуя тем самым поступательное движение во вращательное; происходит процесс превращения тепловой энергии в механическую работу. Когда поршень при движении к НМТ начнет открывать выпускное окно 3, газ устремится в него и начнет выходить в атмосферу; при открытии же впускного отверстия 1 свежая горючая смесь из картера под давлением устремится в цилиндр, заполняя его объем и вместе с тем вытесняя из него остатки отработавших газов.

Затем процесс повторяется.

В карбюраторных двухтактных двигателях при продувке цилиндра горючей смесью часть ее выходит через выпускное окно, что неэкономично. Поэтому такие двигатели строятся лишь на небольшую мощность, у которых абсолютный расход топлива невелик (мотоциклетные, лодочные и т. п.).

По сравнению с четырехтактным их мощность при одинаковом литраже и числе оборотов больше на 50—70%.

2. Паровая машина

Паровая машина является старейшим тепловым двигателем. Начало применения ее относится к XVIII веку. Появление паровой машины имело решающее значение в промышленном перевороте в Англии в XVIII веке, когда там совершался переход от ручного труда к машинному производству.

Паровые машины до сих пор применяются в промышленности и сельском хозяйстве, несмотря на то что коэффициент полезного действия их значительно ниже, чем у двигателей внутреннего сгорания. Они применяются на электростанциях небольшой мощности, локомотивах, на судах (пароходах), на паровозах. Паровые машины в паровозах все более и более заменяются двигателями внутреннего сгорания (тепловозы) и электродвигателями (электровозы).

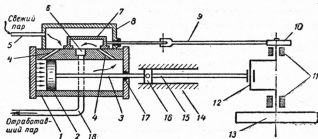


Рис. 87. Паровая машина (схема):

1—цилиндр; 2—поршень; 3—шток; 4—канал для подачи пара в цилиндр; 5—паропровод для свежего пара; 6—окно для выпуска отработавшего пара; 7—золотник; 8—золотниковая коробка; 9—эксцентриковая тяга; 10—эксцентрик; 11—опоры; 12—коленчатый (коренной) вал; 13—маховое колесо; 14—направляющие; 15—шатуны; 16—ползун (крейцкопф); 17—сальник; 18—труба для отвода отработавшего пара.

В паровой машине энергия водяного пара превращается в механическую энергию.

Пар высокого давления получают в котлах, работающих на различных видах топлива. Твердое топливо (уголь, дрова) сжигают на колосниках топки, а жидкое, газообразное и пылевидное — в специальных (камерных) топках, расположенных под котлом.

По своей конструкции паровые машины бывают одноцилиндровые и многоцилиндровые, а по действию пара на поршень — простого и двойного действия.

На рисунке 87 дана схема горизонтальной одноцилиндровой паровой машины двойного действия. В цилиндре 1 под давлением пара, поступающего через паропровод 5, перемещается поршень 2 и шток 3, связанные с ползуном 16 кривошипно-шатунного механизма.

Поршень на рисунке занимает положение, при котором пуск свежего пара производится в левую сторону цилиндра через канал 4, а отработавший пар через окно 6, золотник 7 и паропровод 18 выходит в теплообменник.

Регулирование впуска и выпуска пара производится с помощью золотника 7, перемещающегося в золотниковой коробке 8. Золотник получает движение от эксцентрика 10 посредством тяги 9. Эксцентрик укреплен на коленчатом валу 12, приводимом в движение шатуном 15. К коленчатому валу прикреплен маховик 13, на который надевается ремень для передачи движения рабочей машине.

Вследствие того что давление пара при разных положениях поршня меняется в широких пределах, величина движущих сил в паровой машине, передаваемых на коленчатый вал, непостоянна. Сопротивления же в рабочей машине обычно имеют постоянную величину. Поэтому при одних положениях поршня в цилиндре движущие силы могут быть больше, а при других — меньше сил сопротивления. Вследствие этого ход машины получается неравномерный. Для выравнивания хода машины на коленчатом валу укрепляют маховик 13, представляющий собой чугунный шкив с массивным ободом. Мощность паровой машины изменяется при помощи регуляторов, воздействующих на механизм золотникового парораспределения или изменяющих сечение паропровода 5 — дросселя.

3. Турбины

Турбиной называется лопаточный двигатель с непрерывным рабочим процессом, при котором рабочее тело — пар, газ или вода — непрерывно воздействует на лопатки ее вращающейся части — ротора.

По роду рабочего тела (пар, газ, вода) турбины разделяются на паровые, газовые и водяные (гидравлические).

Паровая турбина. Паровая турбина отличается от паровой машины тем, что пар, поступающий под высоким давлением из парового котла, приводит в движение не поршень, связанный с коленчатым валом, а ро-

тор, связанный с валом, передающим движение рабочей машине.

В паровых турбинах пар, поступающий под давлением из котельной установки, проходит через направляющее устройство — сопло 4 (рис. 88) с большой скоростью. Ударяясь в лопатки 3, пар приводит во вращательное движение ротор 2 (основную деталь турбины), укрепленный на валу 1, посредством которого осуществляется привод рабочей машины (например, генератора электрического тока). Таким образом, кинетическая энергия струи пара превращается в механическую энергию вращения вала 1.

Для более полного использования энергии струи пара ротор турбины выполняют из нескольких рабочих дисков с лопатками, через которые струя пара проходит последовательно, благодаря чему увеличивается давление на лопатки турбины.

В зависимости от величины нагрузки в турбину подается соответствующее количество пара, регулируемое специальными устройствами у направляющего сопла.

Газовая турбина. Газовая турбина работает на продуктах сгорания топлива или горячих газах. Применяется для привода нагнетателей, в газотурбинных установках и в комбинированных двигателях. По устройству сходны с паровыми турбинами.

Детали газовых турбин испытывают большие механические нагрузки от центробежных сил и давления газов в условиях высоких температур. Поэтому они делаются из жаропрочных материалов.

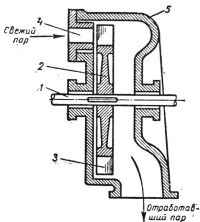


Рис. 88. Схема паровой турбины:
1 — вал; 2 — диск (ротор); 3 — лопатки диска;
4 — направляющее сопло; 5 — статор.

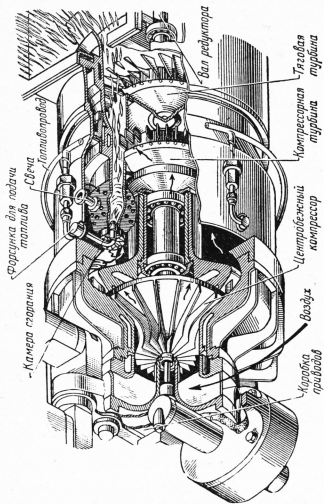


Рис. 89. Газовая турбина.

На рисунке 89 изображена газовая турбина, спроектированная для автомобиля. Воздух, необходимый для сгорания топлива, засасывается из атмосферы центробежным компрессором, расположенным на одной оси с турбиной. Из компрессора воздух через отверстия в стенках камеры попадает в камеру сгорания, где он перемешивается с топливом. Горючая смесь воспламеняется от электрической искры запальной свечи.

Продукты сгорания с большой скоростью поступают на рабочие лопатки компрессорной турбины, вращающей центробежный компрессор. С диска компрессорной турбины газ поступает на рабочие лопатки тяговой турбины, вал которой связан с ведущими колесами автомобиля. Направление движения воздуха и продуктов сгорания показано на рисунке стрелками.

В газовых турбинах отпадает необходимость в таких громоздких установках, как паровой котел, конденсатор, питательный бак и др. Коэффициент полезного действия газовых турбин достигает 45%.

Водяная (гидравлическая) турбина. Гидравлическая турбина является ротационным двигателем, в котором энергия воды при падении ее с высоты преобразуется в механическую энергию вращающегося вала, посредством которого приводится в движение генератор или рабочая машина.

Генератором называется машина, в которой механическая энергия превращается в какой-либо другой вид энергии.

Примитивной гидротурбиной является водяное колесо, применяющееся в гидромеханических установках небольшой мощности. В недалеком прошлом водяное колесо широко применялось в водяных мельницах, устраиваемых на небольших реках.

Современные гидротурбины, устанавливаемые на гидроэлектрических станциях, представляют собой весьма сложный и мощный агрегат, в котором от вала турбины вращаются электрогенераторы мощностью до 500 тыс. кВт.

Водяная турбина состоит из камеры турбины, направляющего аппарата, рабочего колеса и всасывающей трубы. Вращающейся частью ее является рабочее колесо (ротор) с криволинейными лопатками.

Водяные турбины делятся на напорные и свободно-струйные. В напорных турбинах вода целиком заполняет каналы между рабочими лопатками и образует давление с избытком, а в свободноструйных турбинах каналы между лопатками заполняются неполностью.

Большое распространение получили напорные пропеллерные (винтовые) турбины с регулируемыми ло-

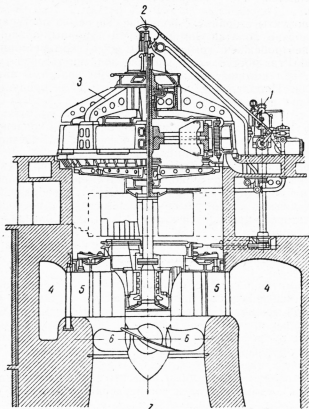


Рис. 90. Водяная (гидравлическая) турбина гидроэлектрической станции (ГЭС):

1—автоматический регулятор; 2—регулирующая головка турбины; 3—электрогенератор; 4—спиральная камера; 5—направляющий аппарат; 6—рабочее колесо; 7—всасывающая труба.

патками рабочего колеса 6 (рис. 90) и направляющего аппарата 5. Вода в этих турбинах поступает по спиральной камере 4 в направляющий аппарат 5 и из него на лопасти рабочего колеса 6, приводя его во вращение вместе с валом ротора электрогенератора 3.

В электрогенераторе механическая энергия, полученная в гидротурбине, превращается в электрическую.

Для получения постоянного числа оборотов вала турбины при меняющемся уровне и расходе воды в гидротурбине имеется автоматический регулятор 1, связанный с регулирующей головкой 2. При помощи этого устройства происходит необходимая установка лопаток рабочего колеса и направляющего аппарата.

4. Реактивный двигатель

Реактивным называется двигатель, сочетающий в себе тепловую машину, в которой химическая энергия топлива преобразуется в кинетическую энергию газовой струи, и движитель, создающий силу тяги за счет реакции отбрасываемой из реактивного сопла массы газа.

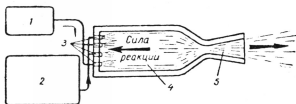


Рис. 91. Простейшая схема ракетно-реактивного двигателя (РРД) на жидком топливе:

1—баллон с горючим; 2—баллон с кислородом; 3—форсунки;
4—камера сгорания; 5—реактивное сопло.

Реактивные двигатели широко применяются в авиации и ракетах. Они делятся на **ракетно-реактивные (РРД)** и **воздушно-реактивные (ВРД)**.

У РРД необходимый для сгорания топлива кислород берется в полет в заранее заготовленном виде. Поэтому они могут работать на любой высоте.

У ВРД необходимый для сгорания топлива кислород берется непосредственно из атмосферы. Поэтому их применение ограничено высотой примерно 16 км.

РРД работают на твердом (порохе) и жидком (спирте, керосине и др.) топливе.

На рисунке 91 показана простейшая схема РРД на жидком топливе. Горючее из баллона 1 и кислород из баллона 2 поступают через форсунки 3 в камеру сгорания 4. Газы выходят наружу через реактивное сопло 5.

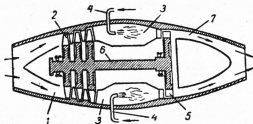


Рис. 92. Схема турбореактивного двигателя с осевым компрессором:

1—диффузор; 2—осевой компрессор; 3—камера сгорания; 4—топливопроводная трубка; 5—газовая турбина; 6—вал газовой турбины; 7—реактивное сопло.

ВРД подразделяются на бескомпрессорные и компрессорные. Наиболее широкое применение получили в скоростных самолетах **турбокомпрессорные** (турбореактивные) двигатели. На рисунке 92 представлена схема турбореактивного двигателя с осевым компрессором. Воздух, проходя через диффузор 1, подтормаживается и попадает в осевой компрессор 2, из которого поступает под давлением в камеру сгорания 3. Здесь происходит непрерывное сжигание вводимого через форсунки по трубкам 4 топлива; к горячим продуктам сгорания подмешивается холодный воздух для понижения температуры до $700-870^{\circ}\text{C}$. Смесь воздуха и продуктов сгорания поступает в газовую турбину 5 и, ударяясь в лопатки, приводит ее во вращение.

Турбина связана валом 6 с компрессором и обеспечивает непрерывную его работу.

Из турбины газы с уменьшенным давлением поступают к реактивному соплу 7 и с большой скоростью

выходят из него, благодаря чему и создается реактивная сила тяги.

Разновидностью ВРД является турбовинтовой двигатель, устанавливаемый также на скоростных самолетах. На рисунке 93 дана схема этого двигателя. Сила тяги в нем складывается из реактивной силы при выходе

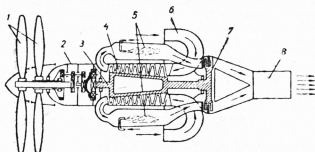


Рис. 93. Схема турбовинтовой силовой установки турбореактивного двигателя с пропеллерами:

1—пропеллеры (воздушные винты); 2—редуктор; 3—вал газовой турбины; 4—осевой компрессор; 5—камера сгорания; 6—воздушный диффузор; 7—газовая турбина; 8—реактивное сопло.

газовоздушной смеси из сопла 8 и тяги винтов 1, вращаемых газовой турбиной 7. При малой скорости полета основная доля тяги получается от работы винтов, а на большой — от реактивной силы.

5. Ветряной двигатель

Самым дешевым и распространенным видом природной энергии является ветер. По подсчетам ученых, с просторов СССР можно получать многие миллиарды киловатт-часов ветроэнергии в год. Водная энергия, по их подсчетам, составляет всего лишь 5% ветроэнергии.

Особенностью энергии ветра является то, что она неиссякаема, так как постоянно восстанавливается.

Люди с давних пор пользуются энергией ветра. Существование ветродвигателей известно с древних времен. Ветряные мельницы были распространены в Китае еще 2000 лет тому назад.

В СССР ветродвигатели нашли применение в сельском хозяйстве. Они установлены во многих колхозах и

совхозах, животноводческих фермах и используются для привода центробежных насосов в системе водоснабжения ферм и орошения посевов, для привода кормоприготовительных машин (соломорежек, жмыходробилок, корнерезок, корнемоёк и др.) и мельничных поставов.

В ряде хозяйств ветродвигатели используются для привода электрогенераторов. В этом случае они называются ветроэлектрическими агрегатами. В 1958 году в Акмолинской области была установлена многоагрегатная ветроэлектростанция, состоящая из 12 ветродвигателей Д-18. Мощность этой электростанции составляет 400 кВт.

Ветродвигатели различаются по типу и устройству ветрового колеса и его положению в ветровом потоке во время работы. Существуют крыльчатые, карусельные, роторные и барабанные ветродвигатели. Распространение получили главным образом крыльчатые, обладающие значительными преимуществами по сравнению с другими видами ветродвигателей.

Главной частью крыльчатого ветродвигателя является ветровое колесо.

В зависимости от типа ветрового колеса и его быстроходности крыльчатые ветродвигатели делятся на три группы:

- 1) многолопастные тихоходные, номинальная мощность которых колеблется от 0,4 до 6,4 л. с.;
- 2) малолопастные тихоходные, к которым относятся ветряные мельницы; номинальная мощность их колеблется от 0,96 до 24 л. с.;
- 3) малолопастные быстроходные; номинальная мощность — от 0,26 до 105 л. с.

У быстроходных ветродвигателей, работающих на скоростях ветра более 3 м/сек, ветровое колесо имеет 1—4 лопасти. Тихоходные ветродвигатели имеют ветровые колеса с числом лопастей до 24.

В сельском хозяйстве для водоснабжения и орошения применяются тихоходные ветродвигатели.

Быстроходные двигатели используются для выработки электроэнергии, вентиляции, помолы зерна и кормоприготовления.

Коэффициент использования энергии ветра в ветродвигателях достигает 46%.

Для повышения эффективности ветродвигателей необходимо плоскость ветрового колеса устанавливать перпендикулярно направлению ветра. В маломощных установках это делается вручную. В мощных ветродвигателях при изменении направления ветра необходимый поворот ветрового колеса производится автоматически.

На рисунке 94 дана схема быстроходного ветродвигателя с трехлопастным ветровым колесом 1. От вала 2 ветроколеса движение передается через конические зубчатые колеса 3 и 4 на вертикальный вал 5, соединенный муфтой с редуктором 13 потребителя, например электрогенератора.

В этом ветродвигателе для установки ветроколеса на ветер применяется виндроза 9, состоящая из двух малых ветровых колес, плоскость вращения которых расположена перпенди-

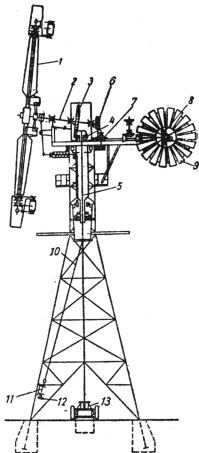


Рис. 94. Быстроходный ветродвигатель (схема):

1 — ветроколесо; 2 — вал ветроколеса; 3 — ведущее коническое колесо; 4 — коническая шестерня; 5 — вертикальный вал; 6 — тормозной шкив; 7 — червячная передача; 8 — коническая передача; 9 — виндроза; 10 — канат; 11 — винт останова; 12 — штурвал; 13 — редуктор.

кулярно к плоскости вращения ветроколеса. На валу виндрозы закреплено коническое колесо, передающее движение валу червячной передачи 7. На валу червячного колеса укреплен цилиндрическая шестерня, находящаяся в зацеплении с цевочным колесом, установленным на верхнем поясе башни. При изменении направления ветра виндрозы начинают вращаться и поворачивают лопасти ветроколеса перпендикулярно направлению ветра.

В цевочном зацеплении шестерня имеет зубья, подобные зубьям цепных звездочек, на большом колесе вместо зубьев сделаны цилиндрические стержни—цевки.

Остановка ветродвигателя производится с помощью винта останова 11. При вращении штурвала 12 винт движется поступательно и тянет за собой канат 10, связанный с механизмом останова, который поворачивает концы лопастей до положения, при котором колесо останавливается.

Поворотом концов лопастей регулируют число оборотов ветроколеса.

§ 3. РАБОЧИЕ МАШИНЫ

Рабочими машинами, как указывалось в § 1 настоящей главы, являются такие машины, с помощью которых производится изменение свойств, состояния, формы или положения обрабатываемого объекта.

К ним относятся прокатные станы, металлообрабатывающие, деревообрабатывающие, ткацкие, прядильные и другие станки, подъемно-транспортные и погрузочные машины и т. д.

1. Металлорежущие станки

Металлорежущими станками называются машинные агрегаты, предназначенные для обработки металлов резанием.

Резанием называется процесс обработки металлов снятием стружки резцом, фрезой, сверлом, шлифовальным кругом или другими инструментами.

По характеру обработки деталей металлорежущие станки разделяются на токарные, сверлильные, фрезерные, строгальные и шлифовальные.

Режущий инструмент имеет следующие элементы (рис. 95,а): переднюю поверхность $ABCD$, по которой сходит стружка; заднюю поверхность $CEFD$, обращенную к обрабатываемой детали, и режущую кромку DC . Режущие элементы, как это видно из рисунка, образуют клин.

В зависимости от назначения инструмент может иметь одну или несколько передних и задних поверхностей и режущих кромок. На рисунке 95,б показан резец с тремя режущими кромками и соответственно тремя задними поверхностями.

Режущие кромки разделяются на главную 7, срезающую большую часть периметра стружки, вспомогательную 4 и переходную 5, лежащую на стыке главной и вспомогательной кромок. Задние поверхности резца разделяются соответственно на главную 1, вспомогательную 3 и переходную 2. Передняя поверхность 6 является общей.

В процессе обработки детали резец совершает движение резания, или рабочее движение при резании (снятии стружки), движение подачи при установке резца на глубину резания (толщину стружки) и холостое движение (движение без резания).

Токарные станки. Токарным станком называется такой металлорежущий станок, на котором обрабатываются точением заготовки, имеющие преимущественно круглое поперечное сечение.

Токарные станки делятся на простые, универсальные и специализированные.

К простым относятся станки, на которых можно производить все токарные, расточные и сверлильные работы. У них нет ходового винта и для нарезания резьбы они малопригодны.

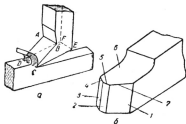


Рис. 95. Токарный режущий инструмент и его элементы:

а—с одной режущей кромкой; б—с тремя режущими кромками; 1—главная задняя поверхность; 2—переходная задняя поверхность; 3—вспомогательная задняя поверхность; 4—вспомогательная режущая кромка; 5—переходная режущая кромка; 6—передняя поверхность; 7—главная режущая кромка.

К универсальным относятся станки, на которых, помимо всех токарных, расточных, сверлильных, несложных копировальных, резьбонарезных и других работ, можно при помощи нормальных приспособлений выполнять также шлифование и фрезерование деталей.

К специализированным токарным станкам относятся револьверные, для шлифовки коленчатых валов, много-резцовые, полуавтоматы и автоматы.

На револьверных производятся различные виды токарной обработки деталей без перестановки их и без замены инструмента; для смены вида обработки поворачивается лишь резцовая головка.

Полуавтоматы и автоматы применяются в массовом производстве и настраиваются они на выполнение строго определенных операций.

Для обработки громоздких и тяжелых изделий значительной длины (до 20 м и более) и диаметра (до 5 м) существуют тяжелые токарные станки нормального типа.

Для обработки сравнительно коротких изделий применяются лоботокарные и карусельные станки. На них обрабатываются детали диаметром до 25 м и более.

Специально для обработки локомотивных и вагонных скатов применяются колесотокарные станки, отличающиеся тем, что передняя и задняя бабки одинаково служат для вращения изделия.

Наибольшее распространение получили универсальные токарно-винторезные станки. Они применяются в совхозных и колхозных мастерских, на ремонтных заводах и многих промышленных предприятиях.

На рисунке 1 был показан токарно-винторезный станок. На таком станке обрабатывают детали, имеющие форму тел вращения, и нарезают винтовую резьбу. Обрабатываемую деталь укрепляют в передней 4 и задней 12 бабках и приводят ее во вращательное движение. Деталь соединяют со шпинделем с помощью патрона или планшайбы 6.

При обработке длинных деталей их укрепляют на дополнительных опорах — люнетах 7 и 10, из которых один 10 является неподвижным, а второй 7 — подвижным. Изменение числа оборотов шпинделя производится переключением зубчатых передач передней бабки поворотом рукоятки 5.

Суппорт 9 с резцовой головкой 8 и закрепленном в ней резцом совершает поступательное движение по направляющим станины 1. Движение суппорт получает от ходового винта 14 и ходового валика 15, соединенных зубчатыми передачами гитары 3 и коробки подач 2 со шпинделем.

Ходовой винт применяют при нарезании резьб. Он соединен с фартуком 17 суппорта маточной гайкой 2 (рис. 71). Резцовую головку можно передвигать по суппорту на малые расстояния винтовым механизмом от руки как вдоль, так и поперек обрабатываемой детали. Рабочее движение и движение подачи в токарном станке производится одновременно (рис. 96). При ручной подаче суппорта от штурвала 16 (рис. 1) ходовой винт и ходовой валик отключают.

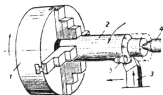


Рис. 96. Движение резца токарного станка:

1—патрон; 2—обрабатываемое изделие; 3—резец; 4—центр задней бабки; 5—стружка.

Фрезерные станки. Фрезерные станки служат для обработки фрезерованием поверхностей всех видов, за исключением круглых отверстий.

Режущим инструментом фрезерных станков является фреза, представляющая собой многолезцовый инструмент, у которого каждый лезец (зуб фрезы) периодически вступает в работу. Для обработки деталей сложной формы режущим кромкам зубьев фрезы придают соответствующую форму. Фреза надевается на оправку, закрепляемую на шпинделе станка.

В зависимости от расположения шпинделя фрезерные станки делятся на горизонтально-фрезерные и вертикально-фрезерные.

На рисунке 97, а показано движение фрезы и обрабатываемой детали на горизонтально-фрезерном, а на рисунке 97, б — на вертикально-фрезерном станке. В том и другом случае фреза на оправке крепится к шпинделю, а обрабатываемая деталь — к столу станка. Фреза вращается в одном неизменном положении, деталь же вместе со столом движется к фрезе.

Горизонтально-фрезерный станок изображен на рисунке 98. В литой чугунной станине 1 помещается электродвигатель и коробка скоростей, соединенные ременной передачей. Выходной вал коробки скоростей — шпиндель имеет патрон 3, в котором закрепляется один конец оправки фрезы.

Переключением передач в коробке скоростей можно изменять скорость вращения (резания) фрезы. Второй

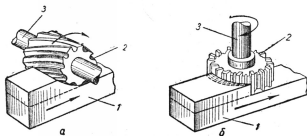


Рис. 97. Движение фрезы:

а — горизонтально-фрезерного станка; *б* — вертикально-фрезерного станка;
1 — обрабатываемое изделие; 2 — фреза; 3 — оправка.

конец оправки лежит в подшипнике подвески 4. Подвеска укреплена на хоботе 2 станка. Деталь укрепляют на продольном столе 5, который лежит в направляющих поперечного стола 6. Как поперечный, так и продольный стол может передвигаться в направляющих от руки с помощью винта или от электродвигателя, расположенного в консоли 7. Консоль может перемещаться в вертикальном направлении по направляющим станины с помощью подъемного винта 8.

Перемещение консоли и стола 6 служит для установки обрабатываемой детали, а перемещение продольного стола обеспечивает подачу при фрезеровании.

Основное отличие вертикально-фрезерного станка от горизонтально-фрезерного заключается в расположении шпинделя, в приводе его и размерах хобота. В вертикально-фрезерном станке шпиндель расположен вертикально на конце хобота, длина которого значительно меньше по сравнению с хоботом горизонтально-фрезерного станка. В соответствии с этим отличается и система передачи движения к шпинделю.

Строгальные станки. Строгальными называются металлорежущие станки, предна-

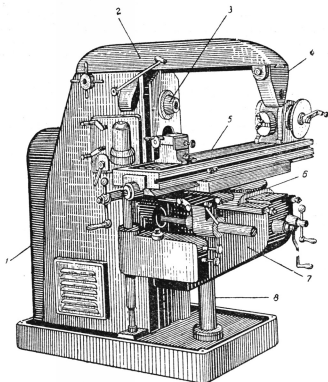


Рис. 98. Горизонтально-фрезерный станок:

1—станина; 2—хобот; 3—патрон шпинделя; 4—подвеска; 5—продольный стол;
6—поперечный стол; 7—консоль; 8—подъемный винт.

значенные для обработки резцами преимущественно плоских горизонтальных поверхностей способом строгания. К типу строгальных относится долбежный станок, предназначенный для обработки строганием вертикальных плоских поверхностей.

По конструкции строгальные станки делятся на поперечно-строгальные и продольно-строгальные. Долбежные условно можно отнести к вертикально-строгальным станкам.

Для обработки поверхностей строганием применяют резцы по типу токарных. На рисунке 99 показано движение резца поперечно-строгального станка.

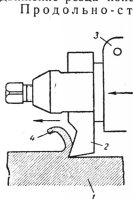


Рис. 99. Движение резца поперечно-строгального станка:

1 — изделие; 2 — резец;
3 — суппорт; 4 — стружка.

Продольно-строгальный станок (рис. 100) предназначен для обработки заготовок больших размеров, например станин станков. Заготовка крепится к столу и вместе с ним движется в продольном направлении (движение резания). Резцы крепятся в резцедержателях 4 суппорта и вместе с ним перемещаются в поперечном направлении (движение подачи).

На рисунке 101 показан поперечно-строгальный станок. Обрабатываемую деталь закрепляют на столе 1, а резец — в суппорте 2, устанавливаемом в передней части ползуна 3. Ползун совершает возвратно-поступательное движение в направляющих 5 станины 10. Он получает движение от электро-

двигателя, который через ременную передачу приводит в движение коробку скоростей с зубчатыми колесами, размещенную внутри станины. Переключение скорости производится рукояткой 8. Коробка скоростей соединена с ползуном кулисным механизмом, общий вид которого был показан на рисунке 73. Кулиса получает движение от шестерни 3, сидящей на выходном валу коробки скоростей. Сergyа 8 кулисы присоединена гайкой к винту 7, соединенному с ползуном. Ход ползуна регулируется изменением положения гайки на винте.

Поперечное движение подачи стола производится от коробки подач через механизм, смонтированный в чугунном корпусе. Подача происходит при обратном холостом ходе ползуна. Величина подачи регулируется

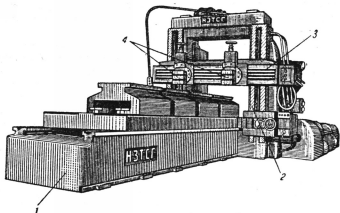


Рис. 100. Продольно-строгальный станок:

1—станина; 2—вертикальная колонна; 3—поперечная траверса; 4—резцедержатели.

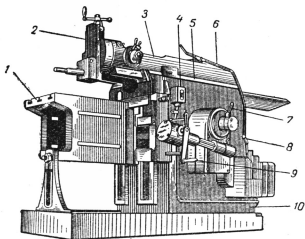


Рис. 101. Поперечно-строгальный станок:

1—стол; 2—суппорт; 3—ползун; 4—кнопки пуска и остановки; 5—направляющие; 6—рукоятка пуска станка; 7—рукоятка механизма подачи стола; 8—рукоятка переключения скоростей; 9—рукоятка подачи стола от руки; 10—станина.

рукояткой 7 (рис. 101). Подача стола может осуществляться и от руки вращением рукоятки 9.

Сверлильные станки. Сверлильные станки служат для сверления отверстий и дальнейшей обработки отверстий.

По расположению шпинделя они делятся на вертикально-сверлильные, горизонтально-сверлильные и радиально-сверлильные.

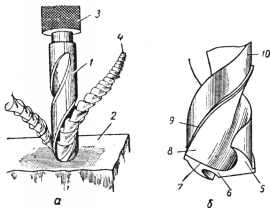


Рис. 102. Сверло:

а—движение сверла и образование стружки; *б*—элементы сверла; 1—сверло; 2—обрабатываемое изделие; 3—патрон шпинделя сверлильного станка; 4—стружка; 5—задняя поверхность сверла; 6—сердцевина; 7—режущая кромка; 8—передняя поверхность; 9—ленточка; 10—зуб сверла.

По числу шпинделей сверлильные станки делятся на одношпиндельные и многошпиндельные. Одношпиндельные используются обычно как универсальные станки для выполнения разнообразных работ в несерийном производстве, многошпиндельные же применяются для обработки деталей в условиях серийного и массового производства.

Режущим инструментом при сверлении является сверло. Спиральные сверла имеют два винтовых зуба 10 (рис. 102), соединенных между собой сердцевиной 6.

Передней поверхностью 8 в сверлах является поверхность винтовой канавки, прилегающей к режущей кром-

ке 7. Задняя поверхность 5 затачивается в конце сверла на конус. Сверло 1 хвостовиком закрепляется в патроне 3 шпинделя.

Вертикально-сверлильный станок изображен на рисунке 103. Он состоит из станины 1, на верхней части которой помещается электродвигатель 4, передающий через коробку скоростей 3 вращательное движение шпинделю с патроном 6. В патрон вставляют хвостовик сверла. Переключением зубчатых колес с помощью рукоятки 5 можно изменять число оборотов шпинделя.

Движением подачи служит вертикальное движение шпинделя, осуществляемое от руки вращением штурвала 2 или через коробку подач.

Обрабатываемую деталь устанавливают на столе 8, который может перемещаться в вертикальном направлении по направляющим станины с помощью винта 9.

Для охлаждения сверла во время работы его поливают специальной жидкостью из крана 7.

Горизонтально-сверлильные станки в многшпиндельном исполнении применяются в массовом производстве в виде агрегатных станков. Одношпиндельные горизонтально-сверлильные станки служат для глубокого сверления тяжелых и длинных (до 16 м и более) деталей.

Радиально-сверлильные станки применяются для обработки тяжелых изделий, неподвижно устанавливаемых на фундаментной плите станка. Шпиндель со сверлом этого станка может перемещаться по радиусу вместе с рукавом вокруг неподвижной колонны, а также вдоль рукава вместе со сверлильной головкой.

Шлифовальные станки. Шлифовальным называется металлорежущий станок, предна-

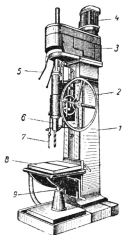


Рис. 103. Вертикально-сверлильный станок:

1—станина; 2—штурвал перемещения шпинделя; 3—коробка скоростей; 4—двигатель; 5—рукоятка коробки скоростей; 6—шпиндель с патроном; 7—кран охлаждающей жидкости; 8—стол; 9—подъемный винт.

значенный для обработки поверхностей деталей абразивными инструментами.

На этих станках выполняют обдирку, точную обработку, разрезку, отделку поверхностей деталей и заточку инструментов.

Для обдирочных работ применяются обдирочно-шлифовальные станки с горизонтальными или вертикальными шпинделями.

Для точной обработки — размерного шлифования применяются круглошлифовальные, внутришлифовальные, бесцентровошлифовальные, плоскошлифовальные и других типов станки.

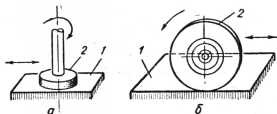


Рис. 104. Применение абразивных инструментов при плоском шлифовании:

а — обработка торцом; б — обработка периферийной окружности камня;
1 — изделие; 2 — шлифовальный камень.

Абразивным инструментом называется режущий инструмент, применяемый для шлифования различных материалов (металла, дерева, кожи, стекла, пластмасс и т. д.), заточки инструмента и других работ. Изготавливаются из твердых кристаллических зернистых или порошкообразных материалов (абразивов) путем спекания в виде объемных тел различной формы и размеров: прямоугольных и трехгранных брусков, цилиндрических кругов, тонких прорезных дисков, чашечных кругов, колец, шаровых и конических головок и т. д. Высокая твердость абразивных зерен позволяет обрабатывать на шлифовальных станках закаленные детали.

На рисунке 104 показано применение абразивных инструментов при плоском шлифовании.

Круглошлифовальный станок, показанный на рисунке 105, служит для шлифования валов или

других деталей цилиндрической формы. На станине 1 смонтирована шлифовальная бабка 3, задняя бабка 2 и передняя бабка 5 со столом 6. Рычаги и штурвал управления расположены на панели 7.

Обрабатываемую деталь закрепляют в центрах передней и задней бабки. Вращательное движение обрабатываемая деталь получает от шпинделя передней бабки. Кроме вращательного, изделие совершает возвратно-поступательное движение вместе со столом, передней и задней бабками.

Стол получает движение от гидропривода, размещенного в станине станка.

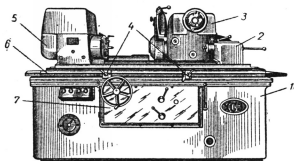


Рис. 105. Круглошлифовальный станок:

1—станина; 2—задняя бабка; 3—шлифовальная бабка; 4—переключатели направления хода стола; 5—передняя бабка; 6—стол; 7—панель управления.

Вал с шлифовальным кругом вращается от электродвигателя, находящегося в шлифовальной бабке. Для подведения круга к обрабатываемой детали шлифовальная бабка перемещается поперек станины в направляющих. Перемещение шлифовальной бабки производят от руки или от привода.

2. Станки-автоматы

Автоматом называется такая машина, которая выполняет все необходимые для данной работы движения без содействия человека. Такая машина нуждается

лишь в предварительной наладке и общем контроле за ее работой.

Существуют полные автоматы и полуавтоматы.

Полные автоматы по окончании рабочего цикла (определенной последовательности рабочего процесса при обработке изделия) самостоятельно начинают его сначала и так продолжается до тех пор, пока не будет израсходован весь запас загруженных в машину заготовок или исходных материалов.

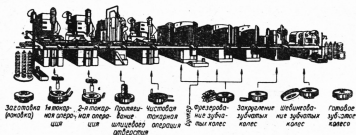


Рис. 106. Автоматическая линия для изготовления зубчатых колес.

При работе полуавтоматов рабочий цикл приходится прерывать для снятия вручную готового изделия и установки новой заготовки или для загрузки заготовок и выгрузки готовых изделий. По окончании одного автоматического цикла полуавтомат сам останавливается и вновь пускается в ход рабочим.

Автоматы и полуавтоматы широко применяются в самых разнообразных областях промышленности — в машиностроении (особенно автотракторном производстве), в текстильной, пищевой, стекольной, химической, транспорте, технике связи и др.

Ряд последовательно установленных автоматов, которые последовательно выполняют весь комплекс операций по обработке заготовок или материалов и транспортируют их от одного автомата к другому, называется автоматической линией.

На рисунке 106 приведена **автоматическая линия** для изготовления зубчатых колес. В линии расположены 9 станков, последовательно выполняющих 7 операций, которыми завершается изготовление зубчатого колеса из заготовки. Для выполнения наиболее трудоемкой операции по фрезерованию зубчатых колес установлены 3 фрезерных автомата.

Выполняемые станками операции наглядно показаны на рисунке.

В настоящее время все более и более внедряются в мелкосерийном и индивидуальном производстве **станки с программным управлением**.

К станкам с программным управлением относятся: копировальные станки и станки с фотоголовкой.

Копир — сменное приспособление, направляющее движение узла станка с режущим инструментом. При переходе на обработку другого изделия на станок устанавливают копир другой формы, обеспечивающей требуемую последовательность движения узла станка. Таким образом копир является программой станка.

В станках с фотоголовкой программой служит чертеж, разделенный на белое и черное поле. К резцовой головке станка прикрепляют фотоголовку. Движение подачи резцовая головка получает от гидро- или электродвигателя, которым управляет фотоголовка.

Принцип действия фотоголовки заключается в следующем. От электролампы, заключенной в фотоголовку, на чертеж направляется луч света, который, отражаясь от него с помощью зеркал, помещенных в фотоголовку, попадает на фотоэлемент. От белого поля чертежа отражается света больше, чем от черного и соответственно через фотоэлемент будет протекать большей или меньшей силы ток. Изменение силы тока вызывает включение электродвигателя поперечной подачи. Таким образом фотоголовка будет удерживаться на границе белого и черного поля чертежа, автоматически управляя подачей станка.

Цифровое программное управление, основанное на принципе построения электронных счетных машин, позволяет также контролировать точность перемещения

узлов станка и управлять механизмами, служащими для данного инструмента.

Цифровая программа, закодированная определенным образом, записывается на программноносителе — киноленте, бумажной, пластмассовой или магнитной ленте, барабане или карточке.

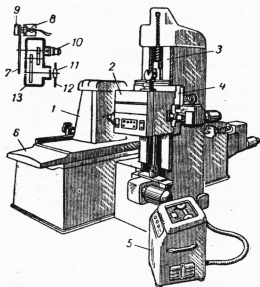


Рис. 107. Схема фрезерного станка с программным управлением:

1—приспособление с закрепленной деталью; 2—шпиндельная бабка с фрезой; 3—направляющие стойки; 4—промежуточная плита с направляющими; 5—пульт программного управления; 6—стол; 7—диск; 8—фотозлемент; 9—лампа; 10—электродвижитель; 11—шестерня; 12—рейка; 13—редуктор.

Специальное устройство (узел программного управления) считывает программу, преобразуя ее в электрические сигналы, с помощью которых и происходит управление работой станка, как и в станке с фотоголовкой. В некоторых конструкциях узел (пульт) управления контролирует точность выполнения программы, получая

обратные сигналы от датчиков, установленных на узлах станка.

На рисунке 107 показана схема фрезерного станка с цифровым программным управлением. Обрабатываемая деталь закрепляется на приспособлении 1, которое получает продольное перемещение со столом 6 по горизонтальным направляющим. Шпиндельная бабка 2 с фрезой совершает вертикальное и горизонтальное перемещения. Вертикальное перемещение осуществляется по направляющим 3 стойки, а горизонтальное (подвод фрезы к обрабатываемой детали) — по направляющим промежуточной плиты 4. Перемещение детали и фрезы в этом станке происходит импульсами (прерывисто). Величина перемещения за каждый импульс составляет всего 0,02 мм, что обеспечивает достаточную чистоту обработки поверхности.

Программоносителем здесь служит магнитная лента. Управление движением узлов станка осуществляется автоматически с пульта 5 в соответствии с записанным на программоносителе заданием. Движение узлов станка контролируется датчиками обратной связи, которые сообщают на пульт управления о замеченных отклонениях их перемещений от заданных программой.

Датчик приспособления 1 представляет собой диск 7 с прорезями. Вращается он от рейки 12 посредством шестерни 11 и зубчатого редуктора 13. Рейка закреплена на столе 6 с приспособлением 1. Электродвигатель 10 служит для устранения зазоров в зубчатых передачах, удерживая в непрерывном контакте зубья колес передач устройства.

При вращении диска фотоэлемент 8 периодически освещается через прорези диска. Источником света служит лампа 9 с линзой. При освещении фотоэлемент посылает по проводам электрические импульсы в пульт программного управления, где они автоматически сравниваются с программными записями на магнитной ленте. При их несовпадении (рассогласовании) пульт управления автоматически корректирует перемещение приспособления 1.

Перемещение шпиндельной бабки контролируется отдельными датчиками обратной связи.

При переходе с одного вида изделия на другой станки с цифровым программным управлением не требуют

переналадки. Производится лишь замена инструмента, и в пульте управления устанавливается программноноситель с новой программой работы станка.

3. Подъемно-транспортные машины

Подъемно-транспортными называются машины, устройства и сооружения, предназначенные для перемещения грузов и людей на относительно небольшие расстояния в пределах территории фабрик и заводов, строительных площадок, товарных железнодорожных станций, речных и морских портов, перевалочных и зерноочистительных пунктов, складских и других предприятий.

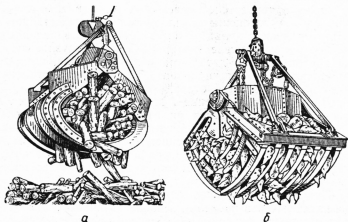


Рис. 108. Грузозахватное приспособление—грейфер:
а—для захвата дров; б—для захвата корнеплодов.

Подъемно-транспортные машины играют большую роль в комплексной механизации промышленности и сельскохозяйственного производства. Сельскохозяйственное производство связано с необходимостью перемещать большие массы продуктов, кормов для животных, удобрений и пр. Например, в 1965 г. намечается внести на

поля 700 миллионов тонн навоза, торфа и минеральных удобрений, погрузить и перевезти 500 миллионов тонн силосной массы и сотни миллионов тонн пудов зерна и других сельскохозяйственных продуктов.

Подъемно-транспортные устройства делятся на периодические и непрерывно действующие.

К устройствам периодического действия относятся грузоподъемные машины и краны различных конструкций и подъемники (домкраты, полиспасты, различные тали, лебедки, лифты и пр.). Эти устройства относятся к

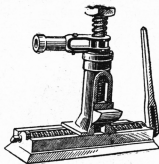


Рис. 109. Домкрат.



Рис. 110.
Полиспаст.

периодически действующим потому, что груз с их помощью перемещается отдельными порциями через определенные промежутки времени, необходимые для движения машины за новой порцией груза.

Устройствами непрерывного действия являются транспортеры различных типов, конвейеры, эскалаторы, рольганги и пр. В устройствах непрерывного действия груз перемещается непрерывным потоком.

К особому виду подъемно-транспортных машин относятся машины наземного и подвесного транспорта, совмещающие в себе особенности транспортной и грузоподъемной машины. К этой группе машин относятся:

средства наземного безрельсового транспорта — электрокары, автокары, тачки, штабеллеры и т. п.; средства наземного рельсового транспорта — узкоколейные дороги с откаткой вагонеток вручную или с помощью электро- или мотовоза, подвесные рельсовые и канатные дороги.

Грузоподъемные машины применяются для перемещения штучных грузов — ящиков, тяжелых частей машин, готовых изделий, слитков металла и пр. Для перемещения навалочных грузов (зерно, уголь, руда, солома, дрова и пр.) грузоподъемные машины оборудуются специальными грузозахватными устройствами — ковшом, грейфером и пр. На рисунке 108, а изображено грейферное грузозахватное приспособление с захватом дров, а на рисунке 108, б — с захватом корнеплодов. При захва-

те новой порции раскрытые челюсти грейфера своей тя-

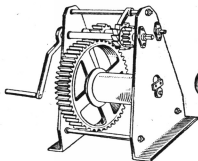


Рис. 111. Лебедка.

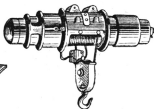


Рис. 112. Электроталь.

жестью погружаются в навалочный груз и смыкаются при натяжении каната или цепи. Подъемники служат для перемещения груза в вертикальном направлении.

Простейшими **подъемниками** являются домкраты (рис. 109) и полиспасты (рис. 110). Полиспаст представляет собой систему подвижных и неподвижных блоков для подъема или передвижения тяжестей. Каждый блок сидит на отдельной оси. К простым подъемникам относится также имеющая широкое распространение ручная лебедка (рис. 111). Более совершенным подъемником является электроталь (рис. 112), состоящая из электродвигателя, соединенного зубчатыми передачами с бара-

баном, на который навивается канат с подвешенным к нему крюком. Электроталь снабжается двумя тормозами: один для удержания груза на весу — стопорный и другой для плавного опускания груза — спускной. Управление талью производится с помощью кнопочного электроустройства.

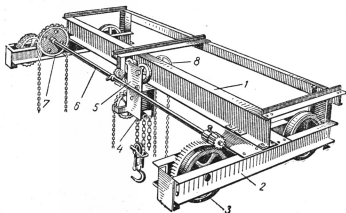


Рис. 113. Мостовой кран с ручным приводом:

1 — несущая балка; 2 — концевая тележка; 3 — ходовое колесо с зубчатым венцом; 4 — червячная таль; 5 — тележка тали; 6 — вал ходовых колес; 7 и 8 — тяговые колеса.

Грузоподъемные краны в зависимости от характера пути, совершаемого грузом при горизонтальном передвижении, делятся на мостовые, поворотные и козловые. Поворотные краны бывают стационарные и передвижные, они делятся на стреловые и консольные.

Мостовые краны обслуживают площадь склада, цеха, мастерской или другого помещения. Мостовой кран (рис. 113) движется по рельсам, уложенным на выступах продольных стен помещения, перекатываясь по ним на ходовых колесах 3, укрепленных на концевых тележках 2 крана. Вдоль несущей балки 1 передвигается червячная таль 4, подвешенная к тележке 5. Груз на кране может передвигаться в трех направлениях: вверх (подъем), поперек (вправо или влево) и вдоль помещения. Движение подъема совершается с помощью тали.

При поперечном передвижении тележка 5 тали движется по несущей балке 1 крана. Вдоль помещения груз перемещается при движении крана по рельсам.

Передвижение тележки осуществляется от руки через тяговое колесо 8, вал которого зубчатыми передачами связан с ходовыми колесами тележки. Движение вдоль помещения кран получает от тягового колеса 7, сидящего на валу 6. Шестерни вала 6 приводят в движение по рельсам ведущие ходовые колеса 3 с зубчатыми венцами.

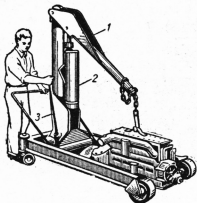


Рис. 114. Передвижной стреловой кран с гидроприводом:

1—стрела; 2—гидроцилиндр; 3—ручной насос.

Мостовой кран с электроприводом отличается от крана с ручным приводом тем, что каждое движение осуществляется не вручную посредством цепей, а с помощью электродвигателя.

Поворотный кран совершает движение с грузом по окружности. Примером передвижного поворотного крана служит кран «Пионер», показанный в начале книги на рисунке 2. Поворотные краны, кроме механизма подъема, имеют механизм поворота.

Для выполнения работ по подъему тяжестей вне помещений (на строительстве дорог или других объ-

ектов, удаленных от источников электроэнергии) используют стреловые поворотные краны, устанавливаемые на автомобиле (автокраны).

Для перемещения в пределах помещения цеха, склада и т. п. применяют передвижные краны, перемещаемые с места на место вручную. На рисун-

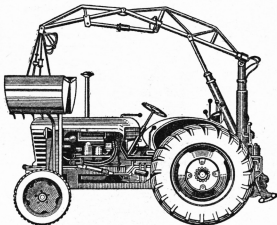


Рис. 115. Грейферный стреловой кран с гидроприводом на тракторе.

ке 114 изображен передвижной стреловой кран с гидроприводом. Стрела 1 поворачивается в вертикальной плоскости при помощи гидроцилиндра 2. Подача масла в гидроцилиндр производится от ручного насоса 3.

Погрузчики, применяемые в сельском хозяйстве, в большинстве случаев представляют собой стреловые поворотные (или фронтальные) краны с гидравлическим приводом, смонтированные на тракторе. На рисунке 115 показан такой кран с грейфером для сыпучего материала.

Транспортеры применяются для перемещения на небольшие расстояния навалочных грузов (зерна, кирпича, земли и др.) непрерывным потоком.

В зависимости от типа рабочих (захватывающих) органов транспортеры делятся на ленточные, скребковые, винтовые, пневматические.

Ленточные и цепные транспортеры представляют собой бесконечную ленту или цепь, движущуюся в одном направлении. На цепи крепятся устройства (скребки, ковши, пластины и др.), несущие груз.

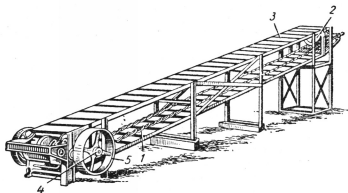


Рис. 116. Пластинчатый транспортер:

1—бесконечная цепь; 2—звездочки; 3—пластины; 4—вал шкива и звездочки; 5—шкив для ременной передачи.

На ленточные транспортеры, работающие с малым углом подъема, груз укладывают непосредственно на ленту.

На рисунке 116 показан пластинчатый транспортер. На бесконечных цепях 1, охватывающих звездочки 2, прикреплены деревянные пластины 3. На валу 4 звездочек укреплен шкив 5 ременной передачи от электродвигателя. Груз укладывается на пластины и перемещается вместе с ними.

Большое распространение имеет винтовой транспортер, состоящий из вала с винтовой захватывающей поверхностью, вращающегося в желобе. В желоб засыпают перемещаемый материал (зерно, песок, землю, золу и пр.). Винт, вращаясь, захватывает материал и перемещает его вдоль желоба.

Различные типы транспортеров применяются в качестве узлов сложных сельскохозяйственных машин (скребковые и винтовые транспортеры на комбайнах, молотилках, зерноочистках и др.), а также в погрузочно-разгрузочных машинах, предназначенных для загрузки зерном и другим материалом автомашин или складов.

Широкое распространение получили электрокары и автокары, применяемые в качестве внутрицехового транспорта. Они снабжаются подъемными площадками. Электрокары приводятся в движение электродвигателями, питающимися от устанавливаемых на них аккумуляторов, а автокары — от двигателей внутреннего сгорания небольшой мощности, компактно расположенных на тележке.

§ 4. СРЕДСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, РЕГУЛИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ РАБОТЫ МАШИН

Контроль качества выполнения задания и выявления необходимости внесения коррективов в наладку станка-автомата производится в результате контроля размеров изделий, поступающих со станка.

Трудоемкость неавтоматизированных контрольных операций и переналадки станков во многих случаях в несколько раз превышает трудоемкость рабочих операций станка-автомата. Например, штамповка изделий требует долей секунды, а неавтоматизированный контроль ее размеров — нескольких секунд; накатка резьбы на болтах длится 1—2 сек., а неавтоматизированный контроль ее — десятки секунд. На заводах, где отсутствует автоматический контроль размеров изделий, штат браковщиков достигает 20—30% от числа производственных рабочих.

При поточном производстве, когда автоматизация линий, цехов и всего производства является экономически особенно выгодной, автоматический контроль и регулирование становятся существенно необходимыми.

Большой вред народному хозяйству приносит неритмичная работа линий цехов и целых предприятий, что является следствием отсутствия четкого согласования работы отдельных агрегатов и машин, участвующих

в едином производственном процессе. Устранение этой несогласованности на современных крупных предприятиях возможно лишь путем организации автоматизированного оперативного управления производством всего предприятия.

Под автоматической системой управления понимается совокупность управляемых объектов (автоматических станков, линий, цехов) и управляющих ими технических средств управления.

Технические средства автоматической системы управления включают в себя разнообразные устройства и приборы. Одни из них служат для получения контрольной информации о ходе и параметрах (технических показателях) производственного процесса — температуры, скорости, давления и пр. (к ним относятся реле, датчики, анализаторы), другие — для преобразования контрольной информации в формы, необходимые для сравнения с заданной программой режима работы объекта и образования в пункте управления информации, требующей устранения рассогласования между заданной программой и ее выполнением (к ним относятся

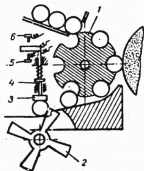


Рис. 117. Схема автоматического контролера и подналадчика при бесцентровой шлифовке роликов:

1 — диск с гнездами для роликов; 2 — толкатель; 3 — плоский башмак измерительного шпинделя; 4 — шпиндель; 5 — контакт сигнала о нарушении размера ролика в сторону уменьшения его диаметра; 6 — контакт сигнала о нарушении размера ролика в сторону увеличения.

усилители, регуляторы, счетнорешающие машины).

Система передачи информации состоит: из передатчика, преобразующего все то, что подлежит передаче в сигналы; линии связи — проводные или радиолнии, по которым передаются сигналы; приемника, вновь преобразующего сигналы в сообщения. Передатчик получает информацию от датчика (источника сообщения). Приемник выдает информацию получателю сообщений.

Принципы, на которых действуют устройства, весьма разнообразны. Например, датчики, выдающие первичный импульс, бывают электрические, тепловые, оптические,

акустические, жидкостные, газовые, механические и др. Реле автоматики, реагирующие на изменение какого-либо параметра (давления, влажности, температуры и пр.), разделяются также на электрические, механические, тепловые, жидкостные и пр. Анализаторы, определяющие состав и свойства веществ и смесей, делятся на газоанализаторы, масспектрометры, хроматографы и пр.

Рассмотрим принцип действия системы автоматического управления, контроля и регулирования на двух следующих примерах.

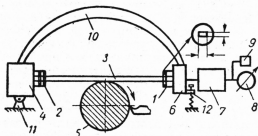


Рис. 118. Схема автоматического бесконтактного контроля размеров валов, обрабатываемых на токарном станке с применением рентгеновских или гамма-лучей:

1 и 2 — диафрагмы; 3 — пучок рентгеновских или гамма-лучей; 4 — излучатель; 5 — обрабатываемая деталь; 6 — приемник излучения; 7 — усилитель; 8 — гальванометр; 9 — реле; 10 — жесткая скоба; 11 — шарнир для поворота скобы при настройке; 12 — микрометрический винт для поворота скобы.

На рисунке 117 изображена схема электромеханического устройства для автоматического контроля размера ролика, обрабатываемого на бесцентровом круглошлифовальном станке с автоматической подналадкой (регулированием). К шлифовальному кругу ролики подводятся диском 1. Из гнезд диска после шлифования они выпадают и толкателем 2 продвигаются под плоским башмаком 3 измерительного шпинделя 4. Если размер ролика окажется больше допустимого, то замкнется контакт 6 и через систему механизмов произойдет автоматическая подналадка круга. Кон-

такт 6 будет замкнут до тех пор, пока под башмак 3 не будут поступать ролики допустимых размеров.

При отклонении размера ролика в сторону уменьшения от требуемого замыкается контакт 5, приводя в действие световую сигнализацию непосредственно у станка или на щите пульта управления. Подналадка в данном случае автоматически не производится. Для подналадки с пульта управления к станку вызывается наладчик.

На рисунке 118 изображена схема контроля размера вала, обрабатываемого на токарном станке, с применением рентгеновских или гамма-лучей. В отличие от рассмотренного ранее примера измерение диаметра изделия производится бесконтактным способом. Узкий пучок рентгеновских или гамма-лучей 3, пропускаемый через диафрагмы 1 и 2, направляется из рентгеновской установки 4 переносного типа (или контейнера с радиоактивными изотопами, излучающими гамма-лучи) по касательной к контролируемой детали 5 на приемник 6. В качестве приемника используется счетчик Гейгера. Электроток с внешней цепи счетчика поступает в усилитель 7 (электронную лампу), связанный электропроводами с гальванометром 8 и реле 9. Интенсивность потока лучей, падающего на приемник, зависит от размеров обрабатываемой детали и ее положения в измерительном пучке лучей и может быть измерена гальванометром по соответственно изменяющейся величине силы тока внешней цепи приемника.

Приемник и излучатель жестко связаны скобой 10 и могут быть правильно установлены путем поворота скобы около оси 11 с помощью микрометрического винта 12.

Команда на автоматическое отключение станка поступает при определенной силе тока от реле 9, включенного параллельно гальванометру. Одновременно с отключением станка на пульт управления поступает световой сигнал.

Рассмотренные примеры системы автоматизированного управления называются разомкнутыми, так как сигналы с производственных объектов поступают на щит управления автоматически, а команда для изменения ритма работы или регулирования дается оператором.

На многих современных предприятиях количество контролируемых параметров может быть очень велико. На крупных тепловых электростанциях, например, контролируются от 800 до 2000 параметров. В этом случае применяются счетнорешающие машины, так как оператор не может удовлетворительно за короткий срок обработать данные поступающих сигналов и выбрать лучшее решение для команды. Для применения счетнорешающих машин, заменяющих оператора, сигналы с датчиков могут быть переработаны в цифровую информацию с помощью специальных устройств. Счетнорешающие машины в короткий срок обрабатывают полученную информацию, сравнивают с заданным режимом и находят лучшее решение для команд к производственным объектам. Такая автоматическая система управления называется замкнутой.

§ 5. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАШИН

В период перехода от социализма к коммунизму Коммунистическая партия Советского Союза проводит курс на непрерывный технический прогресс, необходимый для быстрого создания материально-технической базы коммунизма. Путь развития машин на базе последних достижений науки и техники сформулирован в решениях XXI и XXII съездов партии, где говорится, что вновь проектируемые машины и оборудование должны обладать высоким коэффициентом полезного действия, высокой производительностью, надежностью в работе при значительном снижении их веса. Кроме того, для изготовления машин должны широко использоваться материалы с улучшенными и специальными характеристиками и свойствами, такие, как коррозионно-устойчивые и жаропрочные металлы, легкие сплавы, пластмассы, полупроводниковые, ферромагнитные и другие материалы. При высоких эксплуатационных качествах машины должны быть экономичны в изготовлении, т. е. они должны быть изготовлены с наименьшей затратой средств, труда и времени.

Повышение коэффициента полезного действия машин достигается улучшением их конструкций: заменой, там где это возможно, опор

скольжения опорами качения; повышением степени чистоты обработки зубьев зубчатых передач и других элементов деталей, где происходит вредная работа трения; применением наиболее совершенных конструкций систем смазки; применение наиболее экономичных двигателей.

Повышение производительности машин достигается повышением их рабочих скоростей, комплексной механизацией и автоматизацией рабочего процесса, повышением таких параметров, как давление газа, пара или жидкости, а также температуры и др.

Непрерывное повышение рабочих скоростей машин можно проследить на таких примерах, как изменение скорости автомобиля, резания и прокатки металла, работы швейных машин. Максимальная скорость автомобиля, достигнутая в 1900 г., составляла 105,9 км/ч, а в 1955 г. — 634,5 км/ч. Эксплуатационная скорость в 1900 г. была 15—20 км/ч, а в 1955 г. — 130—150 км/ч. Также увеличились скорости резания при обработке стали на станках: до 1850 г. скорость резания составляла 5 м/мин, в 1927 г. — 70—80 м/мин, а в 1950 г. — 400 м/мин и более. Увеличилась и скорость прокатки стальной ленты. Если в 1930 г. скорость прокатки была 0,5 м/сек, то в 1950 г. — 30 м/сек. Скорости швейных машин возросли с 800 об/мин в 1915 г. до 3500 об/мин в 1947 г. То же можно сказать о многих других машинах.

Механизация и автоматизация производственных процессов приводит к частичному или полному исключению участия человека в производственном процессе (управлении машиной или управлении производственным процессом). В результате механизации и автоматизации производства производительность труда резко возрастает. Например, на автомобильном заводе имени И. А. Лихачева имеется автоматическая линия для обработки картера коробки передач автомобиля ЗИЛ-130. Линия состоит из 32 станков, на которых выполняются операции фрезерования, сверления, расточки отверстий и нарезки резьб. Детали на станки подаются специальным загрузочным механизмом. Стружка удаляется при помощи транспортера. Произ-

водительность линии — 60 деталей в час. В результате установки линии высвобождается 50 рабочих.

Под механизацией понимается использование машин, механизмов, инструмента и пр., частично или полностью освобождающих человека от выполнения вручную производственных операций и повышающих производительность труда. Рабочий при этом координирует транспортировку материалов и подачу энергии в соответствии с производственным процессом.

При комплексной механизации весь труд, связанный как с основным производственным процессом, так и с вспомогательными операциями, механизирован.

Комплексная механизация имеет большое значение для технического прогресса и является необходимой ступенью для перехода к автоматизации производственного процесса. В автоматизированных станках и линиях управление производственным процессом и контроль качества изделия производится без участия человека. Эту работу, как было показано в предыдущем параграфе, выполняют автоматические устройства, работающие по заданной программе.

Непрерывные производственные процессы автоматизировать сравнительно легко. Автоматические устройства широко применяются на электростанциях главным образом потому именно, что выработка энергии и распределение ее являются непрерывными процессами. Вместо большого числа рабочих, занятых на аппаратах и машинах с ручным управлением, при автоматизированном непрерывном процессе с работой управляется всего лишь один человек.

При комплексной автоматизации производства все основные и вспомогательные операции, необходимые для производства изделия или продукта, выполняются автоматическими машинами с общей системой управления; без участия людей производится контроль работы оборудования и во многих случаях ее подналадка. Координирование работы отдельных машин, линий и цехов осуществляется, как правило, одним человеком с поста управления.

В настоящее время в СССР действуют комплексные автоматические линии по производству автомобильных поршней, лемехов для плугов, приводных крюковых цепей, зубьев тракторных граблей, болтов и гаек, шестерен и других деталей и изделий.

Во многих отраслях промышленности применяются **автоматические роторные линии**, в которых достигается непрерывность технологического процесса.

Коэффициент использования роторных автоматических линий при 10—15 операциях достигает 95, в то время как у большинства операционных машин прерывистого действия он составляет лишь 75—85. (Коэффициентом использования называют отношение фактической производительности за смену к теоретической.)

Роторные автоматические линии обладают высокой производительностью, изготавливая от 10 до 400 изделий в минуту. Чаще всего их применяют для производства мелких деталей (таких, как радиодетали), изделий из пластмасс, метизов и др., изготавливаемых штамповкой или прессованием, а также при выполнении литейных, сборочных, отделочных и других операций.

На Краснолучском машиностроительном заводе Луганской области УССР работает автоматическая роторная линия для пайки и термической обработки режущего инструмента угольных комбайнов и врубковых машин. Раньше 27 сварщиков и термистов изготавливали за час 500 зубков. На роторной линии, которую обслуживают всего 6 человек, за час изготавливается 1800 зубков.

Использование роторной автоматической линии на орехово-зуевском заводе «Карболит» для изготовления мелких армированных пластмассовых деталей снизило трудоемкость в 14 раз, сократило производственные площади в 6 раз и в 15 раз уменьшилось число рабочих.

На рисунке 119 показан общий вид, а на рисунке 120 — технологическая схема автоматической роторной линии сборки катушек для втулочно-роликовых цепей. Производительность ее составляет 5400 катушек за час работы. Высота установки — 2,2 м, длина — 1,8 м и ширина — 0,9 м. Эта линия состоит из 4 рабочих роторов, 6 транспортных роторов, автомати-

ческих загрузочных устройств, станины и привода. Для привода роторов в линии установлены 2 электродвигателя общей мощностью 3,4 кВт (2,8 и 0,6). Для учета выработанной продукции установлен счетчик.

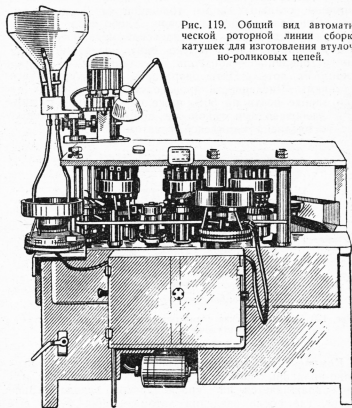


Рис. 119. Общий вид автоматической роторной линии сборки катушек для изготовления втулочно-роликовых цепей.

Перевод сборки катушек на автоматические роторные линии дал возможность высвободить и использовать на других работах 21 рабочего. Кроме этого, освободилось 320 м² производственной площади. Все это позволило получить годовую экономию в сумме 20 тыс. руб.

Комплексная автоматизация введена во многих производствах, обслуживающих разнообразные области народного хозяйства. Так, например, на заводе «Запорожсталь» построен автоматизированный цех гнутых профилей, предназначенный для гибки в холодном состоянии стальных полос толщиной от 2 до 7 мм. Цех полностью автоматизирован. Хлебозавод Дарницкого района г. Киева с комплексной механизацией и автоматизацией имеет только одну неавтоматизированную операцию — контроль и укладку готовой продукции на лотки. Пять операторов обслуживают все механизмы. Численность производственных рабочих на этом заводе почти на 50% ниже по сравнению с другими хлебозаводами такой же мощности, на которых еще не внедрена комплексная автоматизация.

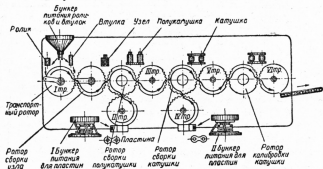


Рис. 120. Технологическая схема роторной линии сборки катушек для втулочно-роликовых цепей.

Комплексноавтоматизированное производство втулочно-роликовых цепей для сельскохозяйственных машин налаживается на краснодарском заводе «Запчасть», где после введения автоматизации будет выпускаться ежегодно 500 000 м цепей при обслуживании станков всего лишь 19 наладчиками в смену. Трудоемкость по сравнению с неавтоматизированным производством цепей снизится в 6,5 раза.

Снижение веса машин при улучшении их качества существенно в нескольких отношениях. Во-первых, сокращение расхода металла на изготовление

машин позволяет увеличить количество выпускаемых машин и изделий за счет сокращения непроизводительного расхода металла. Кроме того, уменьшается стоимость изделия, так как в станкостроении, например, стоимость металла, используемого на изготовление станка, составляет 30—40% общей суммы производственных затрат. Во-вторых, уменьшение веса, например, транспортных машин позволяет увеличить вес перевозимого груза и уменьшить расходы на транспортирование.

Одним из показателей рациональности конструкции служит отношение ее веса к полезной нагрузке. Так, например, для двигателей этот показатель равен весу двигателя в килограммах, отнесенному к его мощности в лошадиных силах. У легковых автомобилей это отношение равно 2—5 кг/л.с., у грузовых автомобилей — 6—15 кг/л.с. и у тракторов — 10—40 кг/л.с. Следует заметить, что с увеличением скоростей величина этого показателя уменьшается.

Уменьшение веса металла в машине при улучшении ее качества возможно в результате замены малоуглеродистых, непрочных сталей более прочными, высокоуглеродистыми и легированными, тяжелых профилей в металлических конструкциях — гнутыми профилями из ленточной и полосовой стали и металлических частей — деталями из пластмасс. Уменьшение веса машины возможно также при замене механических приводов электрическими, гидравлическими и пневматическими.

Существует большое количество типов и размеров изделий. В целях упорядочения и удешевления производства изделий количество этих типов и размеров необходимо ограничить путем их стандартизации, нормализации и унификации.

Стандартизацией называется установление обязательных норм на типы, размеры и качество изделий. В СССР Государственные общесоюзные стандарты (ГОСТы) обязательны к применению во всех областях народного хозяйства.

Нормализацией называется стандартизация, принятая в пределах ведомства или завода. В некоторых случаях ведомственные нормы устанавливаются на объекты, охваченные ГОСТами, в целях лучшего при-

способления их к нуждам данной области промышленности.

Унификацией устраняется излишнее многообразие изделий путем сокращения их числа; используются детали и узлы ранее созданных машин. Унификация может распространяться на стандартизованные и не-стандартизованные детали и узлы.

Наиболее широкие возможности для унификации открываются, когда изготавливаются группы машин родственного назначения, но разных размеров. При этом оказывается возможным конструкцию машин расчленить на узлы (агрегаты, блоки) таким образом, что при разработке нового вида конструкции машины данного типа изменению подвергается только один или несколько ее узлов, а остальные блоки остаются неизменными. В результате такого расчленения на блоки (агрегаты) представляется возможным из ограниченного числа блоков создавать машины различного назначения, сокращать цикл сборки и упрощать их ремонт.

Конструкции машин, составленные из блоков (агрегатов), называют блочными (агрегатными). Блоками в краностроении, например, являются узлы ходовых колес, тормоза, редукторы, узлы барабанов и др., в самолетах — фюзеляж, крылья, оперения, силовая установка, шасси.

В сельскохозяйственном машиностроении пути создания наиболее экономичных и совершенных машин диктуются особенностями сельскохозяйственного производства, которые заключаются в том, что сельскохозяйственные машины и орудия используются в течение 15—20 дней в году. Более длительное время используются автомобили и тракторы. С другой стороны, вследствие требования повышения производительности машин и оборудования их средствами механизации и автоматизации управления и контроля качества работы они становятся все более сложными, металлоемкими и, следовательно, дорогостоящими.

Стремление не повторять в каждой сельскохозяйственной машине, работающей короткий срок, дорогостоящие элементы механизации и автоматизации привело к созданию системы навесных машин и орудий. Но так как на существующие типы тракторов можно

навесить только легкие и малогабаритные машины, то задача оставалась нерешенной. Крупногабаритные тяжелые машины (уборочные) выпускались прицепными или самоходными.

В настоящее время разработана и испытана конструкция самоходного шасси для навесных уборочных машин СШ-75. Для использования самоходного шасси СШ-75 создаются конструкции навесных комбайнов, вес которых на 30—40% меньше самоходных. Вес самоходного шасси СШ-75 с навесным комбайном равен 7300 кг, а вес трактора с прицепным комбайном — 11 300 кг. Кроме того, на шасси можно установить навесной самосвал и использовать его как транспортную машину в периоды, когда нет полевых работ.

Изложенные направления в развитии машин позволяют успешно решить задачу построения коммунизма в нашей стране, задачу создания обилия благ для удовлетворения материальных и культурных потребностей человека.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема. Машины-двигатели и рабочие машины.

Цель работы. Научиться определять вид машины и назначение ее основных частей. Составлять несложные кинематические схемы.

Оборудование. Станки, грузоподъемные машины и транспортеры, применяемые в сельском хозяйстве, ветродвигатели, гидропривод тракторов и других машин сельскохозяйственного производства, сложные сельскохозяйственные машины.

Примерные варианты работ

1. Устройство и работа сверлильного станка.

Порядок работы:

а) ознакомиться с конструкцией сверлильного станка и его работой; определить, к какой группе машин относится станок (агрегат, рабочая машина, технологическая, сельскохозяйственная и пр.); указать, какие работы производятся на этом станке;

б) назвать основные части станка (двигатель, трансмиссию, рабочую машину и рабочие органы); назвать механизмы управления станком;

в) составить кинематическую схему станка.

2. Устройство и работа крана типа «Пионер».

Порядок работы:

а) ознакомиться с конструкцией крана и его работой; определить, к какой группе машин относится грузоподъемный кран; указать, какие работы на нем производятся;

б) назвать основные части крана (двигатель, рабочую машину подъема груза и поворота, трансмиссию, рабочие органы); назвать механизмы управления краном;

в) составить кинематическую схему механизма подъема крана.

3. Устройство и работа гидропривода трактора МТЗ-5К или ДТ-14Б. Работа производится у машин с использованием плакатов.

Порядок работы:

а) ознакомиться с гидросистемой трактора, расположением частей и их назначением;

б) назвать основные части гидропривода (насос, гидроцилиндр, распределитель, маслопроводы и пр.) и указать способы регулирования гидросистемы и ее управления;

в) составить схему расположения частей гидропривода.

4. Работа и устройство кукурузоуборочного комбайна.

Порядок работы:

а) ознакомиться с устройством комбайна и работой его частей; определить, к какой группе машин он относится и его назначение;

б) назвать основные части комбайна; назвать его рабочие органы (транспортеры, делители и пр.); назвать механизмы управления;

в) составить кинематическую схему привода к одному из рабочих органов.

Контрольные вопросы к третьей главе

1. Назовите основные типы машин, входящих в зерновой комбайн.

2. Чему равен механический коэффициент полезного действия грузоподъемной машины, если мощность на крюке равна 5 л. с., а на валу двигателя — 6 л. с.?

3. Какие машины-двигатели вам известны? Опишите принцип действия реактивных двигателей.

4. Как происходит установка «на ветер» ветрового колеса ветродвигателя?

5. Какие типы металлорежущих станков вы знаете? Как называются основные элементы резца?

6. Обработку каких деталей можно производить на токарном станке?

7. Каков принцип действия станка-автомата с числовой информацией?

8. Какие машины называют транспортерами и какие — грузоподъемными машинами?

9. Какие существуют средства автоматического контроля и управления.

МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ (СИ)
ГОСТ 9867—61

Наименование величин	Единицы измерения	Сокращенное обозначение
----------------------	-------------------	-------------------------

Основные единицы

Длина	метр	<i>м</i>
Масса	килограмм	<i>кг</i>
Время	секунда	<i>сек</i>
Сила электрического тока	ампер	<i>а</i>
Термодинамическая температура	градус Кельвина	$^{\circ}\text{К}$
Сила света	свеча	<i>св</i>

Дополнительные единицы

Плоский угол	радиан	<i>рад</i>
Телесный угол	стерадиан	<i>стер</i>

Производные единицы

Площадь	квадратный метр	м^2
Объем	кубический метр	м^3
Частота	герц	<i>Гц</i>
Плотность (объемная масса)	килограмм на кубический метр	$\text{кг}/\text{м}^3$
Скорость	метр в секунду	$\text{м}/\text{сек}$
Угловая скорость	радиан в секунду	$\text{рад}/\text{сек}$
Ускорение	метр на секунду в квадрате	$\text{м}/\text{сек}^2$

Наименование величины	Единицы измерения	Сокращенное обозначение
Угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	$рад/сек^2$
Сила	ньютон	$н$
Давление (механическое напряжение)	ньютон на квадратный метр	$н/м^2$
Динамическая вязкость	ньютон-секунда на квадратный метр	$н \cdot сек/м^2$
Кинематическая вязкость	квадратный метр на секунду	$м^2/сек$
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	$дж$
Мощность	ватт	$вт$
Количество электричества, электрический заряд	кулон	$к$
Электрическое напряжение, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	вольт	$в$
Напряженность электрического поля	вольт на метр	$в/м$
Электрическое сопротивление	ом	$ом$
Электрическая емкость	фарада	$ф$
Поток магнитной индукции	вебер	$вб$
Индуктивность	генри	$гн$
Магнитная индукция	тесла	$тл$
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	$а/м$
Магнитодвижущая сила	ампер	$а$
Световой поток	люмен	$лм$
Яркость	свеча на квадратный метр или нит	$св/м^2$ или $нт$
Освещенность	люкс	$лк$

Соотношение некоторых величин
по системе МКГСС и СИ

Наименование величин	МКГСС	СИ
Сила	1 кг	9,81 н
Работа, энергия	1 кг·м	9,81 дж
Давление (механическое напряжение)	1 кг/м²	9,81 н/м²
»	1 кг/см²	98,1 · 10³ н/м²
»	1 кг/мм²	9,81 · 10⁶ н/м²
Давление	1 мм вод. ст.	9,81 н/м²
»	1 мм рт. ст.	133,3 н/м²
Температура	1°С	1°К
»	0°С (соответствует)	273,15°К

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМАХ

1		14	
2		15	
3		16	
4		17	
5		18	
6		19	
7		20	
8		21	
9		22	
10		23	
11		24	
12		25	
13		26	

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

1—вал или ось; 2—неподвижная опора; 3—шарнирная подвижная опора; 4—жесткие узлы; 5—опора скольжения с валом; 6—опора качения с валом; 7—подпятник скольжения; 8—упорный шариковый подшипник; 9—втулка, свободно сидящая на валу; 10—втулка на направляющей шпонке; 11—втулка, жестко соединенная с валом; 12—фрикционная муфта; 13—храповой механизм; 14—плоскоременная передача; 15—клиноременная передача; 16—цепная передача; 17—шкивы: а—рабочий; б—холостой; 18—кулачковая муфта; 19—цилиндрическая зубчатая пара; 20—зубчатая рейка; 21—коническая зубчатая пара; 22—червячная передача; 23—фрикционная передача; 24—винт с гайкой; 25—двигатель (кроме электродвигателей); 26—электродвигатель.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Общие сведения о машинах и их деталях	
§ 1. Общие сведения о машинах	9
§ 2. Основные машиностроительные материалы	12
§ 3. Изготовление деталей литьем и давлением	18
1. Изготовление деталей литьем	19
2. Изготовление деталей давлением	22
§ 4. Механические свойства машиностроительных материалов	26
§ 5. Разъемные соединения деталей	38
§ 6. Неразъемные соединения деталей	47
1. Заклепочные соединения	—
2. Сварные соединения	49
3. Пайка	56
§ 7. Детали вращательного движения	57
§ 8. Опоры валов и осей (подшипники)	61
§ 9. Муфты	66
1. Постоянные соединительные	67
2. Управляемые (сцепные)	70
3. Предохранительные	72
Практическая работа № 1	75
Контрольные вопросы к первой главе	77
Глава II. Механизмы, их устройство и работа	
§ 1. Основные понятия и определения	79
§ 2. Механизмы передачи вращательного движения	82
1. Ременная передача	—
2. Фрикционная передача	86
3. Зубчатая передача	89
4. Червячная передача	93
5. Цепная передача	96
§ 3. Редукторы. Коробки передач. Дифференциалы. Вариаторы	97
§ 4. Механизмы для преобразования движения	104
§ 5. Гидравлические и пневматические механизмы	110
§ 6. Тормоза	114
Практическая работа № 2	116
Контрольные вопросы ко второй главе	118

Глава III. Устройство и работа машин

§ 1. Общие понятия о машинах	120
§ 2. Машинны-двигатели	127
1. Двигатель внутреннего сгорания	—
2. Паровая машина	136
3. Турбины	138
4. Реактивный двигатель	143
5. Ветряной двигатель	145
§ 3. Рабочие машины	148
1. Металлорежущие станки	—
2. Станки-автоматы	159
3. Подъемно-транспортные машины	164
§ 4. Средства автоматического управления, регулирования и контроля работы машины	171
§ 5. Основные направления развития машин	175
Практическая работа № 3	183
<i>Контрольные вопросы к третьей главе</i>	184
<i>Приложение 1. Международная система единиц (СИ)</i>	186
<i>Приложение 2. Условные обозначения на кинематических схемах</i>	189

Павел Васильевич Усов

МАШИНОВЕДЕНИЕ

Редактор *Ф. П. Гаврилов*

Обложка художника *Л. М. Чернышева*

Художественный редактор *Б. Л. Николаев*

Технический редактор *Т. В. Карпова*

Корректор *З. А. Беспалова*

* * *

Подписано к печати с матриц 7/IV 1965 г.

84 × 108¹/₃₂. Печ. л. 6 (10,08).

Уч.-изд. л. 9,55. Тираж 190 тыс. экз.

* * *

Издательство «Просвещение» Государственного комитета Совета Министров РСФСР по печати. Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41

Отпечатано с готовых матриц на Книжной фабрике им. Фрунзе Государственного комитета Совета Министров УССР по печати, Харьков, Донец-Захаржевская, 6/8.

Заказ 5-264.

Цена без переплета 12 коп., переплет 8 коп.

Цена 20 коп.

ПРОСВЕЩЕНИЕ-1965