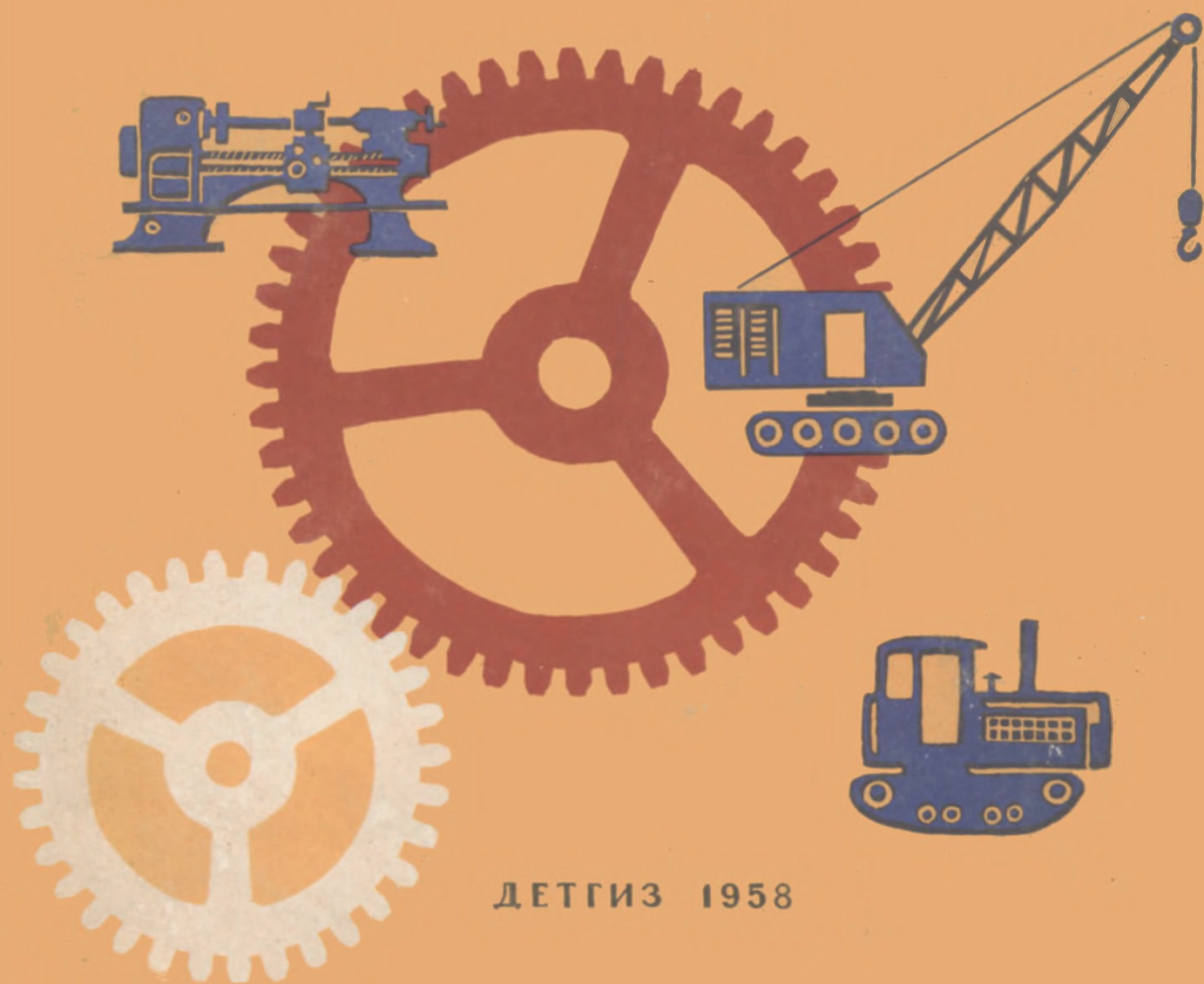


С.Л. Вальдгард ЧТО НАДО ЗНАТЬ О МАШИНАХ

С.Л. Вальдгард

ЧТО НАДО ЗНАТЬ О МАШИНАХ

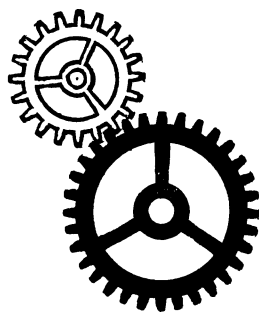


ДЕТГИЗ 1958

ШКОЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА

С. Л. ВАЛЬДГАРД

ЧТО НАДО ЗНАТЬ О МАШИНАХ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ДЕТСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР
МОСКВА 1958



Scan AAW

Рисунки художников

П. РЯБОВА, О. РЕВО, Л. ТАРАКАНОВА

Обложка

П. РЯБОВА и О. РЕВО

Макет книги

П. РЯБОВА

К ЮНЫМ ЧИТАТЕЛЯМ

Что может быть увлекательнее техники — тех разнообразных машин, механизмов, приборов, аппаратов, которые созданы человеческим разумом и обслуживают все стороны нашей жизни! У кого из вас не вызывают они самый живой интерес.

Мы живем в замечательное время, когда строится новое, счастливое, коммунистическое общество. Это — общество, в котором нет угнетения одних людей другими, нет разделения на богатых и бедных, в котором все люди живут радостной и зажиточной жизнью; общество, основанное на богатстве всего народа. Но чтобы построить такое общество, надо производить как можно больше всяких продуктов — больше пищи, одежды, больше машин, топлива, электроэнергии и т. д. А для этого нужна высокоразвитая техника. Передовая техника — основа коммунизма.

По решению XX съезда Коммунистической партии в нашей стране осуществляется шестой пятилетний план развития народного хозяйства СССР. Это пятилетка дальнейшего громадного роста всех отраслей хозяйства, невиданного технического прогресса и повышения производительности труда. Во всех областях производства внедряются новейшие машины, автоматические устройства и

вообще самая передовая техника. Производится все больше продуктов для удовлетворения нужд нашего общества. А на основе этого значительно повышается благосостояние и культура советского народа.

В такое время знакомство с техникой становится особенно интересным. Оно просто необходимо каждому.

Коммунистическая партия и Советское правительство поставили перед нашей школой очень важную задачу: подготовить юношей и девушек к будущей практической деятельности, помочь им выбрать наиболее интересующую их профессию, а для этого дать им знания об основах современной техники и производства.

Но ведь современное производство и техника чрезвычайно обширны и разнообразны. Существует множество разных производств, на которых применяются тысячи всевозможных машин и других технических средств. Как разобраться в этом многообразии техники? Надо уметь выделить в нем основное, главное — те общие технические принципы, которые применяются в разных производствах и лежат в их основе.

При этом очень интересно проследить, как развиваются эти общие технические принципы и какие подчас своеобразные измене-

ния испытывают они в своем развитии, переходя из одних областей производства в другие.

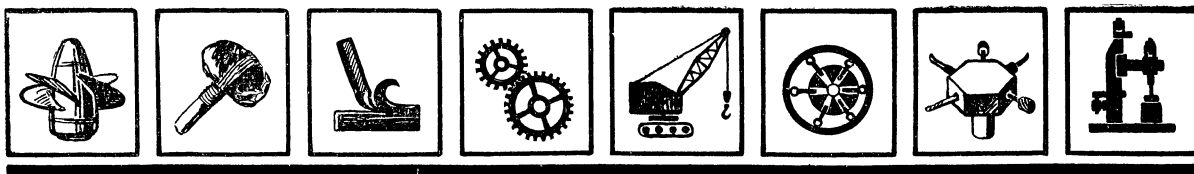
Эта книга посвящена машинам. Машины имеют громадное значение в современной технике.

В плане шестой пятилетки уделено особое внимание производству и применению все большего количества новейших, совершенных машин. В области машин и механизмов

также надо уметь видеть общее и основное — общие технические принципы и их развитие в разных машинах.

Работа машин связана с теми вопросами механики, которые проходят в шестом, а потом в восьмом классах средней школы. Учащимся этих классов мы в особенности и предназначаем эту книгу о машинах.

Автор



Г л а в а I. И З И С Т О Р И И К О Л Е С А

Одним из наиболее общих принципов, особенно широко применяемых в технике, является принцип вращающегося колеса. Мы встречаем его всюду не только в виде колес, в собственном смысле слова, но и в виде различных других вращающихся устройств. Вращение называют также ротацией, а вращающиеся устройства — ротационными. На примере колеса можно хорошо проследить, как вообще развиваются, видоизменяются и обогащаются общие технические принципы.

В работе машин колеса имеют такое громадное и всестороннее значение, что им стоит посвятить эту первую главу и лишь потом уже перейти к самим машинам.

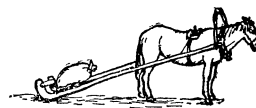
Колесо в транспорте

За тысячи лет до того, как возникли первые машины, колесо стало применяться в транспорте.

Что лучше: сани или колесная повозка? Смотря когда. Легко и быстро мчатся сани зимой, когда полозья их скользят по снегу или льду и когда к тому же между полозьями и снегом образуется тонкая пленка воды, действующая подобно хорошей смазке. Но представьте себе тяжело нагруженные сани летом. Какое громадное трение скольжения пришлось бы преодолевать для их движения! А ведь и теперь еще иногда применяются сохранившиеся от прадедовских времен так называемые волокуши — нечто вроде удлиненных оглоблей, скользящих концами по земле, на которых вывозят из леса дрова, сено и проч.

Еще в далекой древности люди стали задумываться над тем, как уменьшить трение при перевозке грузов. И многовековой народный опыт научил применять простые катки —

круглые бревна, которые подкладывали под груз. Бревна катились под ним по земле, отчего громадное трение скольжения заменялось гораздо меньшим трением качения.



Волокуша

Рис. 1.

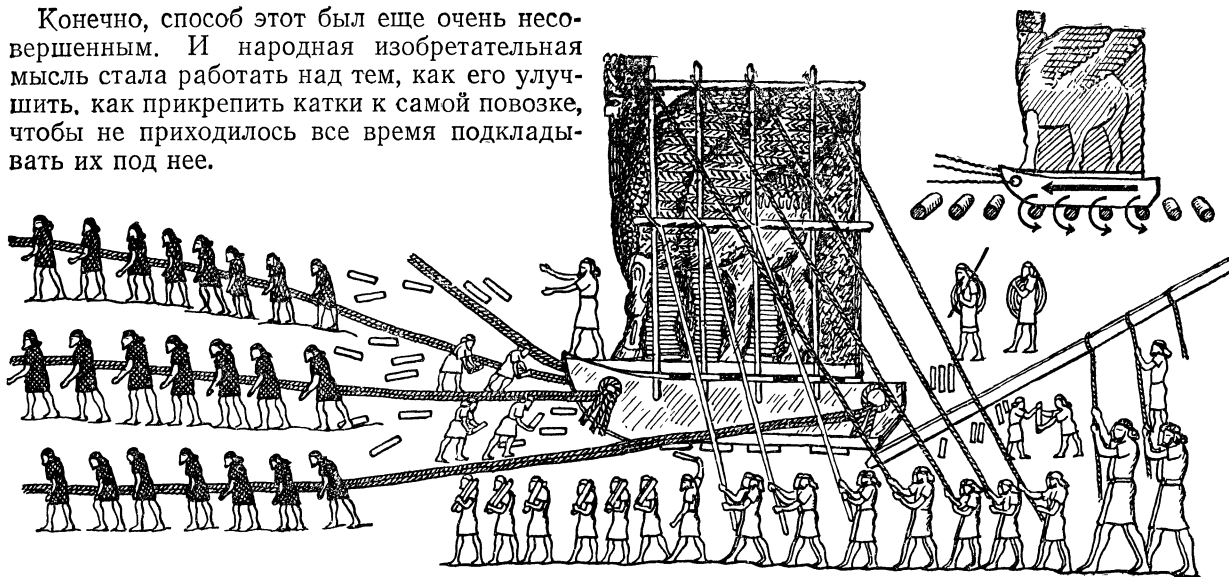
Сохранились в нашей стране названия древних русских городов: Волоколамск, Вышний Волочок и др. Возникли эти города когда-то на старинных волоках — в местах, где из верховьев одной реки в другую волокли по земле плоскодонные лодки. Вдоль всего волока лежали круглые бревна — катки. Их все время приходилось подкладывать под лодку спереди, так как, пройдя по одним каткам, лодка должна была переходить на другие.



Волок.
Миниатюра
из Кунгурской
летописи

Рис. 2.

Конечно, способ этот был еще очень несовершенным. И народная изобретательная мысль стала работать над тем, как его улучшить, как прикрепить катки к самой повозке, чтобы не приходилось все время подкладывать их под нее.



Передвижение на катках статуи в Ассирии

Рис. 3.

В нижней части повозки по бокам стали делать отверстия, в которых вертелась ось катка. Так были созданы первые простейшие подшипники. У катка же среднюю часть стали делать более тонкой, в виде оси, которая и вращалась в этих подшипниках. А по краям катка оставались более широкие части (круги) — примитивные колеса. Так родилось настоящее колесо. У древних греков и римлян были уже хорошие боевые колесницы, правда еще с деревянными колесами.

Знаете ли вы, чем отличается устройство осей и колес железнодорожных вагонов и паровозов от колес и осей большинства других экипажей? Обычно оси не вращаются и наглухо связаны с повозкой, колеса же надеваются на ось и вращаются вокруг нее. У вагонов же и у паровозов оси вращаются вместе с колесами, которые наглухо соединены с ними. Вращаются эти оси в особых подшипниках (буксах), прикрепленных к вагонам. Такие два колеса с осью называются скатом. Скаты были созданы даже раньше настоящих колес. Именно на них катились наиболее древние деревянные колесницы. И лишь позже были созданы более сложные и совершенные колеса, ступицы которых вращаются вокруг неподвижных осей.

Долго движущей силой в транспорте была лошадь и другие животные. Но развитие об-

щественного хозяйства требовало все большей скорости езды и перевозки все большего количества грузов. Для удовлетворения этих требований были созданы само-

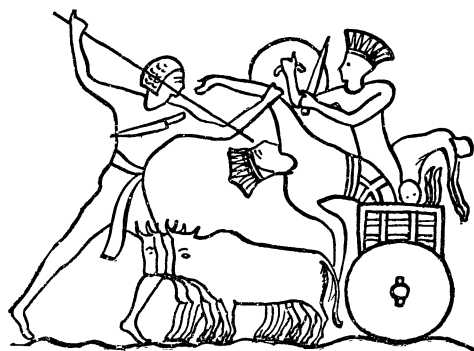


Рис. 4.



Рис. 5.

движущиеся виды транспорта — поезда и автомобили.

Движущие, или ведущие, колеса паровозов и автомобилей — это основные рабочие органы транспортных машин, приводящие их

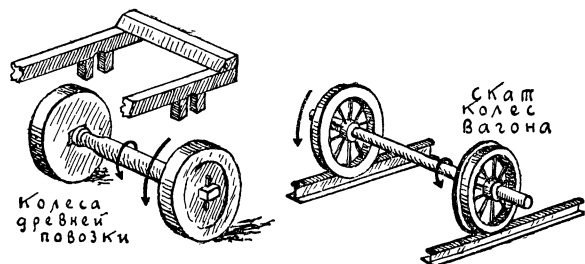
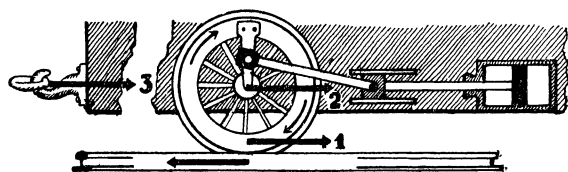


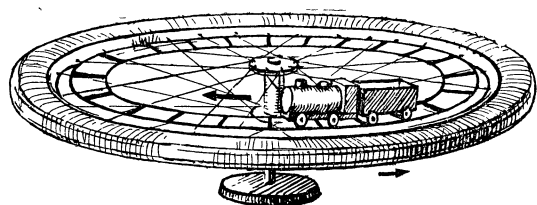
Рис. 6.

в движение (как говорят, их движители). Тепловой двигатель вращает эти колеса-движители, а они, как бы отталкиваясь от рельсов или от дороги, создают движение всего паровоза или автомобиля. Здесь используется принцип реакции, или закон действия и противодействия: колеса толкают рельсы назад, а рельсы с такой же силой толкают машину в противоположную сторону — вперед. На рисунке 7 видно, как эта противодействующая сила, образующаяся на ободу движущегося колеса 1, переносится на его ось 2, а затем и на тяговый крюк 3 паровоза или трактора — в виде силы тяги.

Если у вас есть заводной игрушечный паровозик, движущийся по кругу (по рельсам в виде кольца), проделайте с ним интересный опыт. Установите на вертикальной оси велосипедное колесо, прикрепите к нему эти



Силы, действующие на ведущих колесах паровоза
Рис. 7.

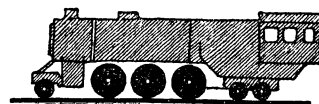


Взаимодействие ведущих колес и рельсов (модель)
Рис. 8.

рельсы и пустите по ним паровозик (рис. 8). Он побежит вперед, а велосипедное колесо с рельсами будет отталкиваться им назад и начнет вращаться в противоположную сторону. Таково действие и противодействие в работе ведущих колес транспортных машин.

Читая о паровозах, вы можете встретить обозначения из трех цифр, например: 1—3—2 или 1—5—1 и др. О чем говорят эти цифры? Они означают, что, например, у товарного паровоза «ФД» впереди находится одна пара небольших поддерживающих колес (бегунков), потом пять пар больших ведущих, или движущих, колес, а сзади, под будкой машиниста, еще одна пара бегунков (рис. 9). Увеличение числа ведущих колес — это одно из средств увеличить ту силу, с которой паровоз тянет тяжелые поезда.

1-3-2



1-5-1

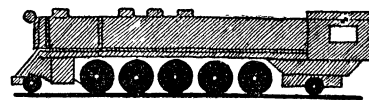
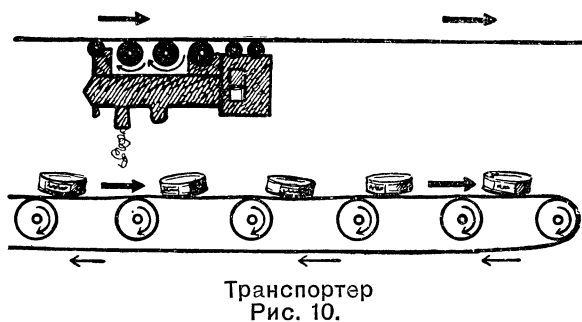


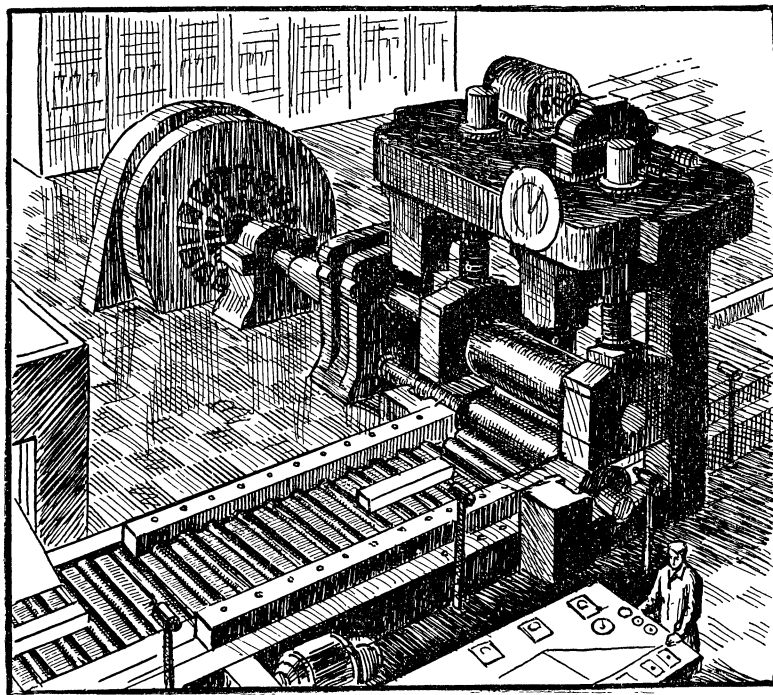
Рис. 9.

А теперь вообразим себе невероятную картину: паровоз или автомобиль перевернут колесами вверх, а над ним, на его колесах, лежит полотно дороги. Сама машина двигаться не может, но ее колеса, вращаясь от двигателя, толкают и приводят в движение «дорогу»... Нечто подобное происходит в устройствах для перемещения грузов. Многие из вас, наверное, видели транспортеры (рис. 10), в которых длинная прорезиненная лента переносит громадные количества зерна, песка или других материалов. Под ней вращаются ролики, которые и приводят в движение эту бесконечную «бегущую дорогу».

Если вам придется быть на машиностроительном заводе, обратите внимание на рольганги. Это целые дороги из блестящих стальных вращающихся роликов, по которым от станка к станку движутся части будущих автомобилей или других машин. С первого взгляда можно подумать, уж не возвращается ли здесь техника к каткам древних волоков? И с ними действительно есть некоторое сходство. Но это чрезвычайно легко

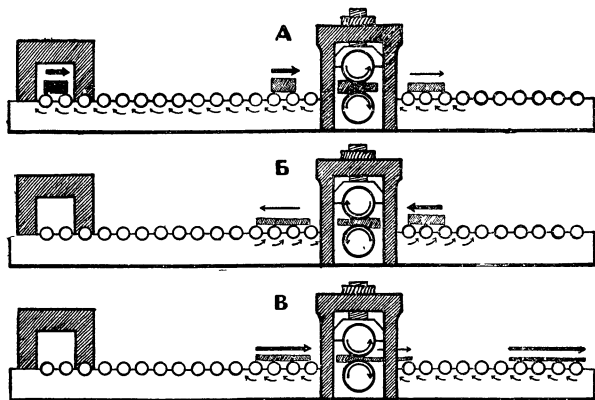


вращающиеся ролики на шариковых подшипниках. И оси их закреплены в краях рольганговой дороги, так что сами «катки» не смещаются вперед при движении груза. Бывают рольганги простые, безмоторные, по которым изделия движутся от руки. Но есть и моторные рольганги с приводом от электродвигателей. Они сами вращаются и проталкивают вперед положенные на них изделия. И тут есть сходство с опрокинутым паровозом, только колеса его толкают и движут не «дорогу», а заводские изделия.



Блюминг
Рис. 11.

На наших металлургических заводах работают гигантские обжимные станы — блюминги (рис. 11). Раскаленный 10-тонный стальной слиток из подогревающей печи поступает на рольганговый путь, и в ту же секунду автоматическое устройство приводит во вращение десятки роликов, которые быстро несут слиток к громадным вращающимся валкам стана (рис. 12). Проходя между ними, слиток прокатывается, сплющивается, удлиняется и снова попадает на рольганги, но уже по другую сторону валков. Тогда автоматическое устройство переключает двигатели как блюминга, так и рольгангов. Ролики начинают вращаться в противоположную сторону и опять несут слиток к валкам стана. Так повторяется несколько раз — рольганги несут слиток то в одном, то в другом направлении, а могучие валки блюминга



Рольганг блюминга
Рис. 12.

каждый раз прокатывают его и делают всё тоньше и всё длиннее. Вот какого совершенства достигли потомки древних катков!

Развитие транспортных колес привело также к созданию нового, своеобразного способа передвижения посредством гусеничного хода.

Гусеничный ход, в сравнении с обычными колесами, во много раз увеличивает площадь опоры на грунт, уменьшает этим давление на каждый его квадратный сантиметр, а поэтому улучшает проходимость машины.

Первый прообраз трактора на гусеничном ходу (рис. 13) был создан талантливым русским изобретателем из народа Ф. А. Блиновым в 1888 году. Блинов был простым волжским машинистом, сыном крестьянина и

свою замечательную машину предназначал для облегчения тяжелого крестьянского труда.

Когда смотришь сбоку на гусеницу трактора или танка, то кажется, будто это какое-то растянутое колесо, потерявшее свою

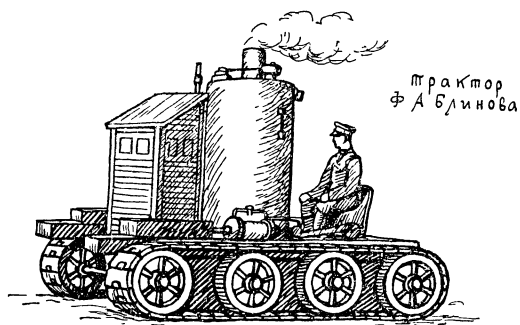
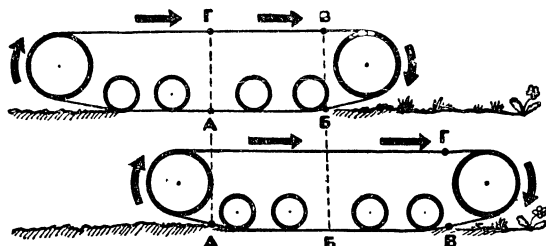


Рис. 13.



Как движутся гусеницы трактора
Рис. 14.

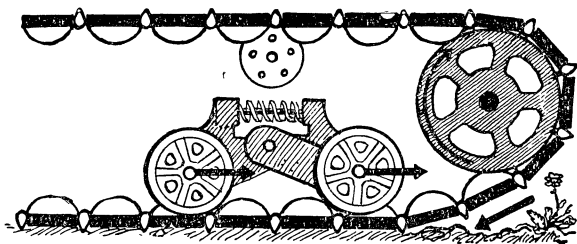


Рис. 15.

обычную круглую форму. Колесо это по-своему «катится» по земле — звенья гусеницы сзади поднимаются вверх, в верхней части движутся вперед, а спереди опять опускаются вниз (рис. 14). Только у этого своеобразного колеса нижняя часть, соприкасающаяся с грунтом, как бы вытянута и место соприкосновения с землей стало гораздо большим, чем у круглых колес, что и создает хорошую проходимость по топкому грунту. Но ответьте вот на какой вопрос: движется ли назад нижняя часть гусеницы во время

хода трактора? Может показаться так: раз верхние звенья гусеницы движутся вперед, то нижние должны двигаться назад. Однако этого нет — при нормальном ходе нижняя часть гусеницы неподвижно лежит на земле. Двигается она (проскальзывает, буксует) лишь при неправильном ходе по слишком скользкому грунту, например по глинистому косогору или по льду.

Если присмотреться внимательнее к движению машины на гусеничном ходу, перед нами раскроется более сложная и интересная картина. Внутренняя сторона гусеницы представляет собой своеобразный рельсовый путь (рис. 15). По этим рельсам катятся небольшие колеса — опорные катки, на которых трактор или танк движется вперед. Звенья гусениц, опускаясь спереди, подкладываются под машину и удлиняют перед ней этот рельсовый путь. Таким образом, трактор или танк сам подкладывает под себя свою дорогу, все время удлиняя ее, и сам же катится по ней на обыкновенных круглых колесах.

Так развивалось и видоизменялось применение колес в транспорте.

Принцип колеса в производстве

Еще в глубокой древности оценили люди преимущества колеса, вращательного движения, и в другой области — в области производства. Одним из первых завоеваний человеческого гения было добывание огня. Его получали трением. Чтобы разложить костер и согреться или приготовить нехитрый обед, нашим далеким предкам приходилось долго тереть один кусок сухого дерева о другой, отчего они нагревались, начинали тлеть и воспламенялись. Но многовековой опыт человека подсказал ему, что вместо того, чтобы двигать деревяшку взад и вперед, гораздо лучше быстро вертеть заостренную палку в углублении какой-нибудь чурки (рис. 16). Так было создано «огневое сверло». Вначале его вращали между ладонями. Позже придумали особое приспособление вроде лука с тетивой, которую обматывали вокруг «сверла» и этим приводили его в быстрое вращение, пока не появлялся огонь.



Добывание
огня
Рис. 16.



Работа на гончарном круге и гончарные изделия
Рис. 17.

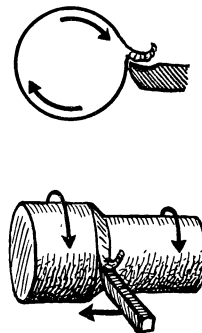
Очень давно было сделано и другое великое изобретение — создан гончарный круг (рис. 17), с помощью которого изготовляли различные круглые изделия из глины (горшки, кувшины и др.).

Глину клали в середине деревянного круга, который быстро вращали, и гончар рукой или деревянным инструментом придавал ей нужную форму. Преимущество этого способа обработки состоит в том, что для изготовления круглого изделия человеку не приходится совершать рукой сложные движения по кругу. Благодаря применению вращения работа человека, по существу, очень упрощена — гончар только держит руку или инструмент в определенном положении, а материал (глина), вращаясь под его рукой, принимает по всей своей окружности одина-

ковую нужную форму. Представьте себе, во сколько раз труднее была бы работа человека, если бы ему надо было изготовить горшок или миску из неподвижного куска глины и со всех сторон точно по кругу обработать изделие.

Чтобы удобнее было приводить гончарный круг во вращение, на той же вертикальной оси, внизу, стали делать еще один круг, который гончар быстро вращал ногой. Так вращательное движение (принцип колеса) дало возможность сравнительно простыми приемами изготавливать круглые глиняные изделия разнообразной и сложной формы. Посмотрите на эти причудливые изящные старинные вазы. Все они изготовлены на гончарном круге.

Родственным гончарному кругу было и такое замечательное изобретение человека, как токарный станок. Основной принцип работы в нем, в сущности, почти тот же: чтобы обработать какое-нибудь круглое изделие, например колесо, движение по кругу совершает не рука человека с инструментом, а обрабатываемая часть самого вращающегося изделия. Инструмент же (резец) все время остается с одной и той же стороны, но благодаря вращению изделия он обрабатывает его равномерно со всех сторон, придавая ему правильную круглую форму (рис. 18). На рисунке видно также, что для обточки длинного круглого (цилиндрического) изделия надо, чтобы оно вращалось, а резец двигался вдоль него. Это называется подачей резца. Тогда изделие будет обработано по всей своей длине.



Принцип
токарной
обработки

Рис. 18.

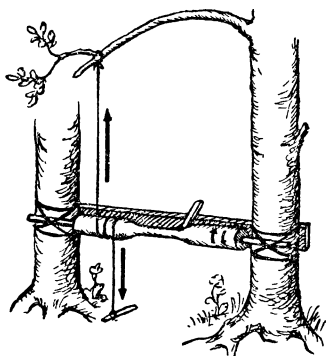
Развитие техники от изготовления глиняной посуды к обработке деревянных, а потом и металлических изделий потребовало значительных нововведений. Изделия эти уже нельзя было обрабатывать просто рукой, как мягкую глину. Надо было создать прочные и заостренные режущие инструменты — резцы. Потребовалось и особое устройство станка с приспособлением для вращения изделия.

Конечно, первые старинные токарные станки были еще очень примитивны (рис. 19). Устраивали их где-нибудь под де-

ревом и для вращения изделия использовали упругую силу ветви этого дерева. Ветвь нагибали и привязывали к ней веревку, обмотанную вокруг изделия. Разгибаясь, она тянула веревку и вращала изделие. Токарь же держал в руках примитивный резец (вначале, может быть, еще сделанный из камня) и грудью нажимал на него, чтобы обточить нужную ему вещь.

В этом прадедушке токарного станка был зародыш развития будущих замечательных машин.

В современной технике сложные и совершенные токарные станки стали одной из наиболее распространенных машин. На наших машиностроительных заводах они составляют



Древний
токарный станок
Рис. 19.

значительную часть всех работающих станков. Это объясняется тем, что обработка на них круглых, вращающихся изделий сравнительно проста и выгодна. А самые изделия эти — различные валы, колеса и др. — особенно широко применяются в современных машинах.

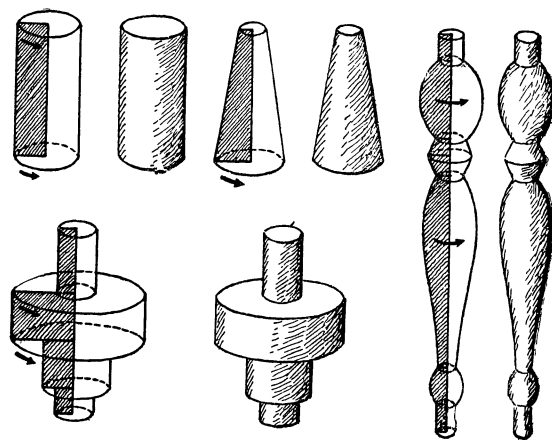
Такие детали круглой формы в геометрии называют телами вращения (рис. 20). Простейшим из них является цилиндр, например цилиндрический вал, с одинаковым диаметром по всей своей длине. Тела вращения бывают и более сложной формы: в виде конусов или сочетаний цилиндрических частей с коническими; в виде ступенчатых валов, диаметр которых в одних местах больше, а в других меньше; и даже в виде сложных фасонных, но все же круглых деталей. Однако в каждом месте по их длине сечение, перпендикулярное к оси, образует круг. Поэтому все эти детали обрабатываются по кругам и изготавливаются на токарных станках.

В современном производстве вращательное движение все более завоевывает господствующее положение. Вращательное движение идет здесь на смену прямолинейному, поступательно-возвратному движению, при котором рабочие части машин и инструменты двигаются то вперед, то назад. Постоянные перемены хода задерживают работу, снижают скорость и производительность ма-

шины, создают в ней опасные напряжения и удары. Вращающиеся же части машин движутся ровно, без толчков и остановок. Это позволяет работать гораздо быстрее и производительнее.

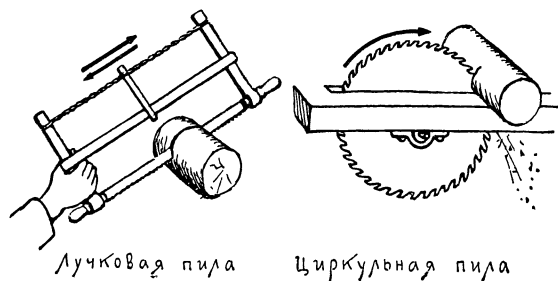
Кому не приходилось пилить обыкновенной ручной пилой, которую надо водить взад и вперед. В современных механических дисковых, циркульных пилах это возвратно-поступательное движение заменено непрерывным вращением круглого диска (рис. 21). Режущие зубья расположены по окружности тонкого стального диска, который вращается с большой скоростью и врезается в дерево, быстро перепиливая поперек толстые брусья.

Переход от возвратно-поступательного движения к вращательному в рабочих частях машин можно хорошо проследить в развитии печатных машин. Когда-то, чтобы напечатать страницу книги или газеты, бумагу клали на плоскую доску, и части машины совершали поступательное движение, прижимая лист к плоскому же набору типографских букв (шрифту). Печатный станок был похож на



Тела вращения

Рис. 20.



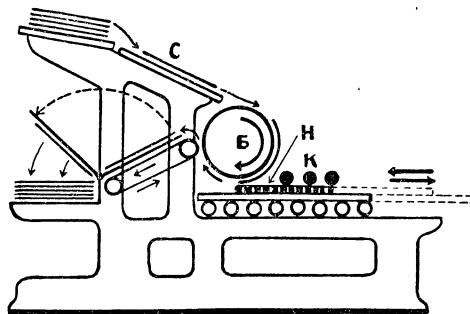
Лучковая пила Циркулярная пила

Рис. 21.

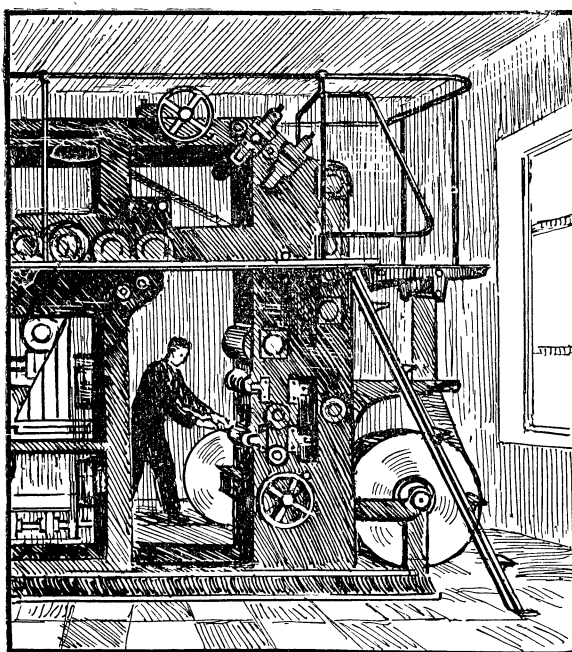
пресс (рис. 22). Потом перешли к так называемым плоскопечатным машинам (рис. 23). Печатная форма в них была еще плоской, но лист бумаги уже прижимался к ней вращающимся барабаном. На рисунке 23 видны основные части этой машины. Набор букв *Н* совершает прямолинейное движение сперва вправо, где красочный аппарат *К* покрывает его краской, потом возвращается влево и проходит под печатным барабаном *Б*. В это время чистый лист бумаги подается с накладного стола *С*, захватывается барабаном и проходит между барабаном и набором, причем барабан прижимает бумагу к набору. От этого на листе получается оттиск. Это



Печатный пресс
Рис. 22.



Плоскопечатная машина
Рис. 23.



Ротационная печатная машина
Рис. 24.

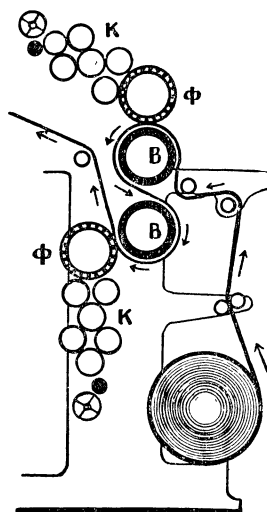


Схема ротационной
печатной машины
Рис. 25.

было первой ступенью в переходе к вращательному движению.

Производительность у такой плоскопечатной машины с возвратно-поступательным движением была еще очень невелика.

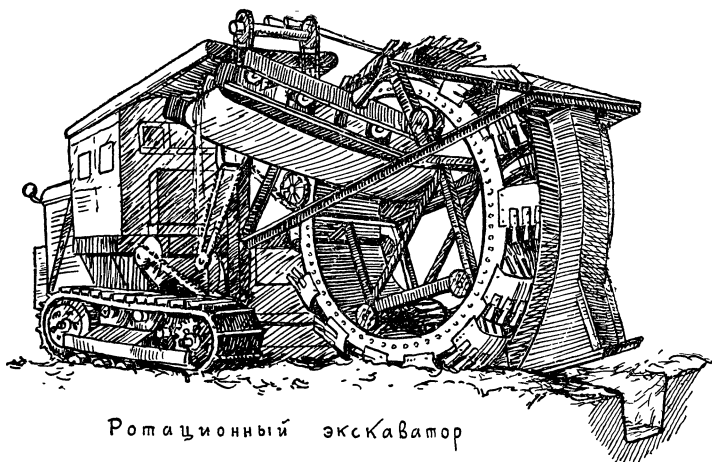
Но и ей на смену пришла ротационная печатная машина (рис. 24, 25). Ее рабочий орган представляет собой круглый вращающийся цилиндр, или барабан, на поверхности которого укреплена печатная форма *Ф*. Набор целого газетного листа занимает как раз всю круглую поверхность цилиндра. Движущаяся непрерывная широкая лента бумаги приходит в соприкосновение с поверхностью этого цилиндра и прижимается к печатной форме мягкой

поверхностью вала *В*. За один оборот цилиндр с набором отпечатывает на бумажной ленте целую газетную страницу. Так как лента все время движется, то часть ее с оттиском уходит дальше, и за следующий оборот цилиндр снова отпечатывает на ленте такую же страницу (валики *К* на рисунке изображают красочный аппарат).

Так непрерывно и с большой скоростью печатаются тысячи экземпляров газет. Бумажную ленту с оттисками остается только разрезать на отдельные газетные листы.

Наши типографии оборудованы новейшими печатными машинами, которые автоматически разрезают бумажную ленту на части, складывают газетные листы и выбрасывают целые пачки готовых газет. Производительность таких машин очень велика.

А вот перед нами новый, ротационный многоковшовый экскаватор для рытья траншей под фундаменты зданий (рис. 26). Ковши рас-



Ротационный экскаватор

Рис. 26.

положены по окружности огромного колеса, диаметр которого вдвое больше человеческого роста. Когда колесо вращается, ковши один за другим врезаются в землю, поднимают ее и ссыпают на ленту транспортера. Это создает высокую производительность работы машины: за рабочую смену она может вырыть траншею длиной в километр и глубиной 1,8 метра.

Так применяется вращательное движение (принцип колеса) в рабочих органах машин, то есть в тех частях их, которые непосредственно производят работу: режут металл, копают траншеи, печатают книги. Если же заглянуть внутрь машины, в ее сложные передающие механизмы, то там мы увидим еще большее число различных зубчатых и других колес и колесных механизмов, передающих движение от двигателя к рабочим частям машины.

С древних времен было известно применение колес в повозках. Но потребовалась громадная изобретательность людей, для того чтобы применить колеса в новой области — во вращающихся механизмах. Ведь самое движение колес здесь совершенно иное. Колеса повозки катятся по неподвижной дороге, причем ось колес, как и вся повозка, движется поступательно вперед. В механизмах же оси колес все время остаются на одном месте. При этом окружность колеса движется не по неподвижной дороге, а по окружности другого, зацепленного с ним колеса. Оба колеса как бы катятся одно по другому, оставаясь при этом на прежних местах. И от этого вращение непрерывно передается от одного колеса к другому.

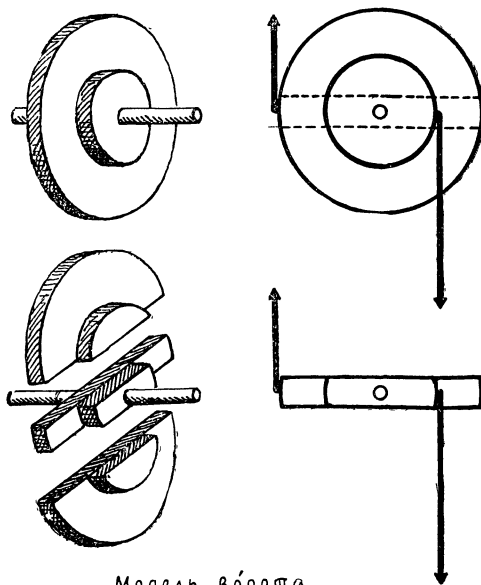
Задолго до применения колесных механизмов люди научились пользоваться рычагами.

Ими поднимали тяжести, например громадные каменные глыбы при постройке египетских пирамид. Рычаг тоже совершает некоторое вращение вокруг своей точки опоры. Но повернуть его можно лишь на некоторый угол. Попробуйте сделать полный оборот рычага — он соскочит с опоры. Поэтому с помощью рычага нельзя получить продолжительного, непрерывного движения механизма.

Но всепобеждающий разум человека преодолел и это затруднение. Из рычага развился ворот — первый простейший колесный механизм с непрерывным вращением. Все вы видели, как в деревне с помощью ворота поднимают из колодца тяжелые

ведра с водой. Рукоятка ворота находится на большем расстоянии от оси вращения; веревка же, на которой висит ведро, наматывается на барабан меньшего радиуса, значительно ближе к оси.

Нарисуйте схему ворота (вид сбоку, с торца) или, еще лучше, выпилите модель его из фанеры в виде двух кругов — большого и малого — на общей оси (рис. 27). Отпилите верхнюю и нижнюю часть этих кругов так, чтобы осталась лишь узкая планка, идущая через ось в одну сторону к рукоятке, а в другую — к веревке на окружности барабана. И вы получите хорошо знакомый вам рычаг. А теперь снова при-

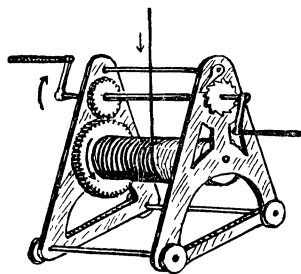


Модель вóрота

Рис. 27.

крепите отпиленные части кругов — и ваш рычаг опять превратится в ворот, который может непрерывно вращаться вокруг оси.

Медленно, в течение тысячелетий, рождались и накапливались наработки техники в те давние времена, когда не было еще науки.



Лебедка

Рис. 28.

Следующим большим шагом вперед был переход от вёрота к лебедке (рис. 28), позволившей получить еще большую силу. Это уже более сложный механизм, так как между рукояткой и барабаном, на который наматывается канат, находятся промежуточные зубчатые колеса. На одном валу с рукояткой вращается малое зубчатое колесо. Оно сцеплено с большим колесом, на одном валу с которым вращается барабан лебедки. Это как бы два вёрота, соединенных вместе. Но вращение уже передается здесь от одного колеса к другому.

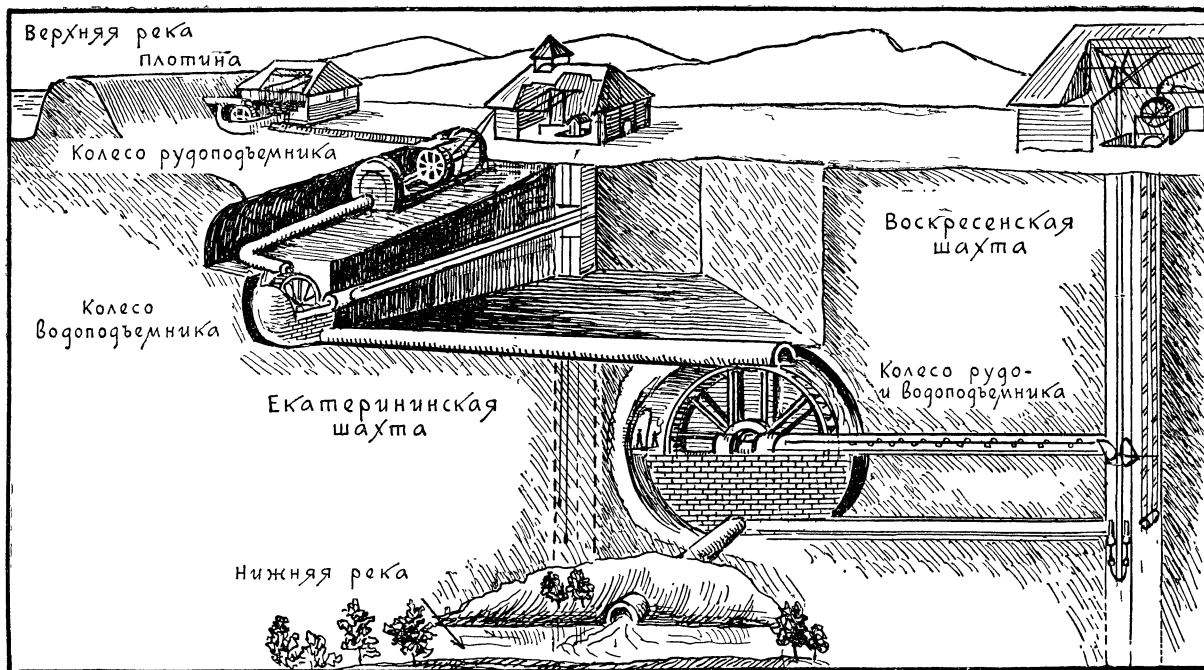
Эта простейшая зубчатая передача в руч-

ной лебедке была зародышем развития бесчисленного множества всевозможных других, гораздо более сложных колесных механизмов, передающих движение в машинах. Позже мы узнаем, что с помощью передающих колес осуществляются самые разнообразные движения рабочих частей машин.

Колеса-двигатели

Есть еще одна интересная и важная ветвь развития принципа вращения в технике. Это — применение его в двигателях для производства и превращения энергии. И здесь люди уже очень давно оценили преимущества вращательного движения. Из глубины веков доходят до нас сведения о применении водяных колес. В древнем Египте ими пользовались для орошения полей. Течение реки вращало большое деревянное колесо с лопатками. По окружности колеса были прикреплены черпаки, которые зачерпывали из реки воду, поднимали ее наверх и выливали в желоб, идущий на орошаемое поле. Тысячелетнюю давность имеют также и водяные мельницы.

Шли века. Водяные колеса развивались и



Водяные колеса Фролова
Рис. 29.

совершенствовались. Лет двести — триста назад, когда стала развиваться промышленность, а паровых двигателей еще не было, машины приводились в движение мощными водяными колесами. Если посмотреть на карту того времени, то бросится в глаза, что промышленные предприятия были расположены как бы цепочками вдоль берегов рек, с которыми крепкими узами связывали их водяные колеса-двигатели.

Строителем огромных водяных колес в нашей стране был талантливый русский изобретатель Кузьма Дмитриевич Фролов. Родился он в 1733 году и с одиннадцати лет начал тяжелую трудовую жизнь. Но у юного Кузьмы Фролова была необычайная жажда знания — он все время учился, ночи сидел над книгами и самостоятельно овладел технической наукой. Сделавшись мастером, он стал строить из дерева замечательные гигантские водяные колеса — некоторые до 18 метров диаметром.

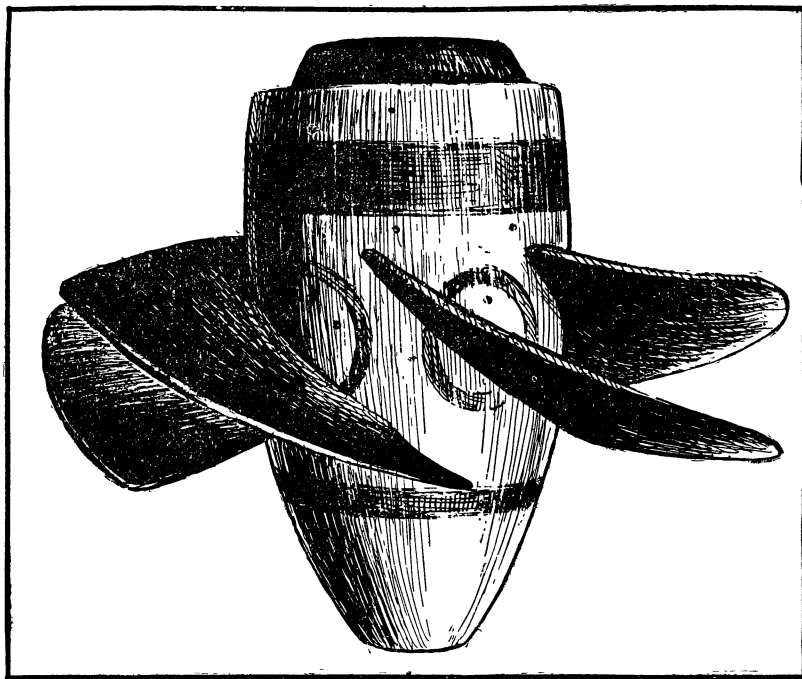
Фролов работал на Алтайских рудниках. И колеса эти он устанавливал глубоко под землей, в вырытых там громадных камерах (рис. 29). Вода, отведенная из реки, устремлялась к ним по подземным коридорам. Приведя в движение одно колесо, она направлялась к другому, расположенному еще ниже. Эти замечательные гидротехнические

сооружения Фролова приводили в действие устройства, откачивающие воду из шахт, а также поднимающие наверх руду.

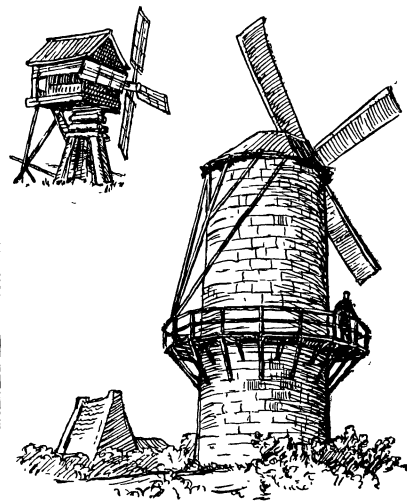
Потомками старинных водяных колес являются современные могучие гидротурбины, работающие на гидроэлектростанциях. На смену примитивным деревянным лопастям пришли стальные лопатки турбин, сложная форма которых специально рассчитана, чтобы как можно лучше преобразовать энергию водяной струи в энергию вращающегося двигателя.

Водяные колеса-двигатели стали предметом глубокого научного исследования. Для гигантских гидроэлектростанций на Волге, Куйбышевской, Сталинградской, советские заводы изготовляют самые большие в мире гидротурбины — водяные колеса диаметром около 10 метров. 20 таких турбин развивают мощность 2100 тысяч киловатт. Наши заводы строят и небольшие гидротурбины для колхозных электростанций.

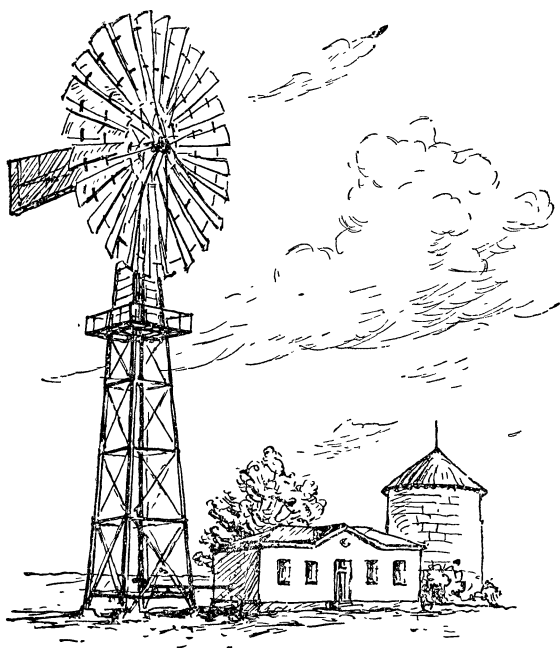
Очень давно были созданы и ветряные колеса-двигатели. Из древних времен дошли до нас ветряные мельницы. Ветер вращает большие деревянные лопасти этого своеобразного колеса, поставленные под углом к направлению ветра. А от них движение передается жернову, размалывающему зерно. Но ветряные двигатели применяются не



Рабочее колесо гидравлической турбины
Рис. 30.



Старинные ветряные мельницы
Рис. 31.



Современный ветряной двигатель
Рис. 32.

только в мельницах. В Голландии народ на протяжении столетий борется с морем, которое постоянно грозит затопить низко расположенную за дамбами местность. По всей стране сооружены тысячи ветряков, приводящих в движение насосы для перекачивания воды в море.

Советские ученые создали усовершенствованные мощные ветряные колеса-двигатели, которые могут приводить в действие колхозные электростанции. Большое стальное колесо со многими лопастями устанавливается на высокой башне. Оно само поворачивается в зависимости от направления ветра, а его лопасти автоматически устанавливаются под нужным углом, соответственно большей или меньшей силе ветра.

От ветряных колес-двигателей нить развития принципа вращения ведет нас к паровым колесам-турбинам, которые приводятся во вращение мощным потоком водяного пара.

Сперва были изобретены поршневые паровые машины с возвратно-поступательным движением поршней в цилиндрах. В дальнейшем же развитии паровых машин были созданы

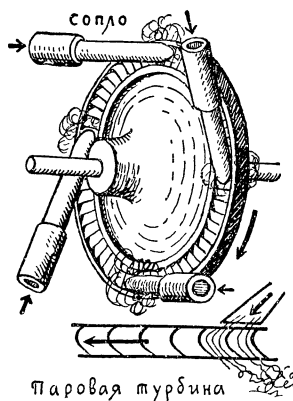
более сложные и совершенные двигатели вращательного, колесного типа — турбины (рис. 33). Турбины значительно выгоднее поршневых паровых машин — они превращают в полезную работу большую часть энергии тепла. Вращаются они ровно, без толчков, и их можно строить колоссальной мощности. Ленинградские машиностроители построили турбины высокого давления мощностью сперва 100 тысяч киловатт, затем 150 тысяч, а теперь и 200 тысяч киловатт.

В шестой пятилетке, кроме этого, должны быть разработаны гигантские паровые турбины еще большей мощности — 300 тысяч киловатт.

Однако развитие техники идет сложными путями. И соревнование поршневых двигателей с ротационными, колесными, продолжается.

Был создан новый, более совершенный тип поршневых машин — двигатели внутреннего сгорания. И хотя в них происходит возвратно-поступательное движение поршня в цилиндре, они обладают рядом ценных преимуществ. У них отсутствует громоздкий котел для производства пара. Они выгодны и удобны в работе. Эти двигатели находят себе широкое применение и устанавливаются на самолетах, автомобилях и тракторах.

Мысль ученых стала работать над тем, как соединить ценные свойства двигателей внутреннего сгорания с бесспорными преимуществами вращательного движения (принципа колеса). Поиски привели к новому, высшему типу двигателя — к газовой турбине, или турбине внутреннего сгорания (рис. 34). Ее основная часть — вращающееся «колесо»



Паровая турбина

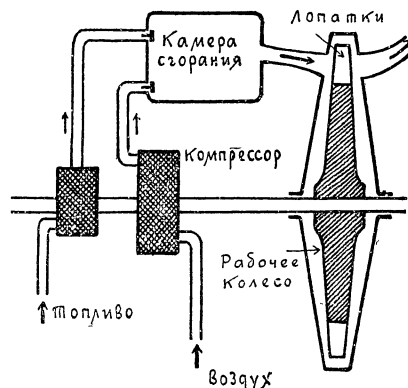


Схема газовой турбины

Рис. 33.

Рис. 34.

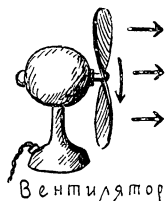
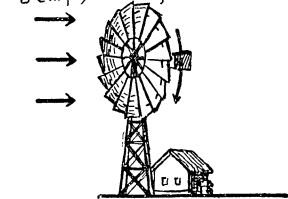
(ротор), но приводится оно в движение уже не паром, а газом. Топливо сгорает внутри турбины (в особой камере сгорания), и образующиеся от этого газы, расширяясь, давят на лопасти ротора и вызывают его вращение. Газовая турбина уже стала важнейшей частью двигателей реактивных самолетов и прекрасно в них работает. Ей, несомненно, принадлежит большое будущее. По решению XX съезда КПСС должны выпускаться стационарные и транспортные газотурбинные установки, а также передвижные газотурбинные электростанции.

В кратком очерке нельзя охватить все многообразные пути развития принципа вращения в технике. Технические принципы часто бывают, как говорят, обратимы, то есть могут действовать в противоположных направлениях (рис. 35).

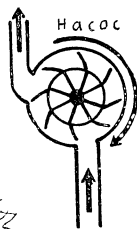
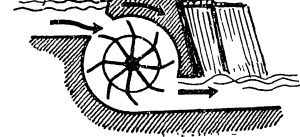
Вспомним ветряное колесо. Если обдуть его струей воздуха (ветром), оно от этого вращается и служит двигателем. Если же вращать его электродвигателем, оно погонит струю воздуха и превратится в вентилятор.

Обратно и водяное колесо. Если направить на него струю воды, оно вращается и работает как двигатель.

Ветряной двигатель



Водяной двигатель



Обращение ветряных и водяных колес
Рис. 35.

А что произойдет, если вращать водяное колесо каким-нибудь другим двигателем? Оно будет гнать струю воды и превратится в водяной насос.

Такие ротационные насосы куда лучше старых, поршневых, с их возвратно-поступательным движением поршня в цилиндре. Они дают непрерывную струю воды и могут развивать гораздо большую скорость и мощность.

Возьмем и третий случай — будем вертеть водяное колесо и дадим возможность его оси двигаться поступательно вперед, например прикрепив ее к пароходу. Тогда оно превратится в гребное колесо, будет отталкиваться своими лопастями от воды и двигать плывущее судно вперед.

Развитие движителей водного транспорта тоже шло от возвратно-поступательного движения весел к непрерывному вращению гребного колеса, а затем к дальнейшему превращению этого колеса в еще более совершенный гребной винт (рис. 36).

Конечно, во всех этих превращениях водяных и ветряных колес надо соответственно изменять форму их лопастей и др. Мы говорим здесь лишь о развитии основного принципа.



Гребной винт
Рис. 36.

Электрические и магнитные колеса

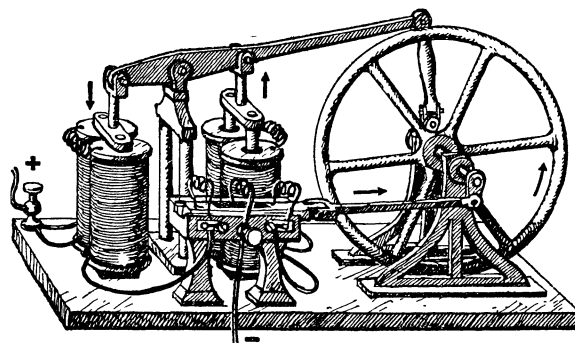
В нашей стране применение электричества стало одной из главных основ развития техники всего народного хозяйства.

В электротехнике возникли совершенно новые формы вращающихся устройств, действующих по принципу колеса, — как бы электрические и магнитные колеса. Конечно, это не колеса в буквальном смысле слова. Но они родственны им по основному принципу вращения и исторически являются потомками колеса. Вращается в них уже не только ротор машины с проводниками, но и электрический ток в этих проводниках, и его магнитное поле.

Создание машин, производящих электроэнергию (генераторов), и электрических двигателей с самого начала пошло по пути применения вращательного движения.

В 1831 году знаменитый английский ученый Майкл Фарадей открыл замечательное явление электромагнитной индукции. Он двигал внутри катушки из проводов магнит или, наоборот, катушку по отношению к магниту. От этого движения проводников в магнитном силовом поле в них возбуждался электрический ток.

Техники оценили громадное практическое значение этого открытия. Они поняли, что на его основе можно создать генератор электроэнергии. Но они поняли также и то, что для производства непрерывного и мощного электротока возвратно-поступательное дви-



Электродвигатель по принципу возвратно-поступательного движения

Рис. 38.

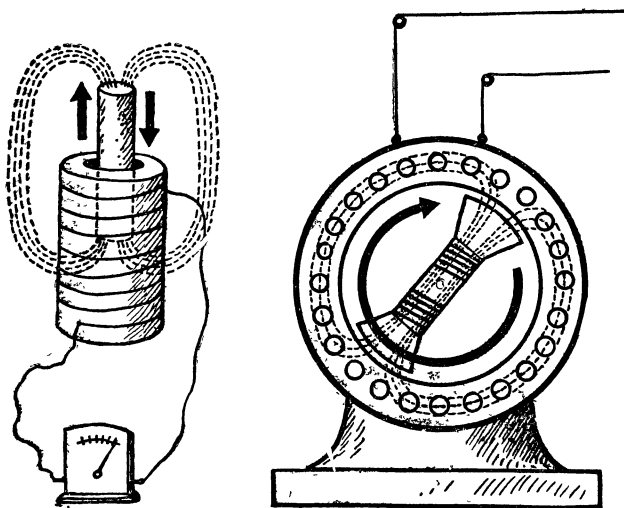
жение магнита, как это было в опытах Фарадея, непригодно. Для этого надо было изобрести такое устройство, в котором магниты (или проводники) совершали бы вращательное движение, и благодаря этому происходило бы непрерывное движение проводников в магнитном поле, а следовательно, и непрерывная индукция — возбуждение тока.

Десятки лет пошли на создание и совершенствование таких генераторов электроэнергии.

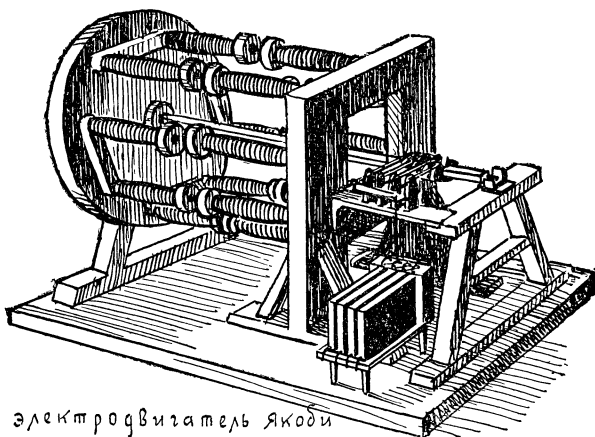
В наше время генераторы достигли высокого совершенства. И именно по принципу подобного электромагнитного «колеса» производится электроэнергия на всех современных электростанциях.

Электрическое, или, вернее, электромагнитное, «колесо» лежит и в основе работы электродвигателей. Электродвигатель — это, по существу, обращенный генератор. В генераторе надо вращать ротор с электромагнитами, и от этого он будет вырабатывать ток. Электродвигатель же, чтобы привести его в движение, надо питать током.

Электрический двигатель впервые в мире был создан в России академиком Б. С. Якоби в 1834 году. Правда, и раньше делались попытки построить электрический двигатель, но они не увенчались успехом, потому что изобретатели шли по ложному пути. Подражая движению поршней в цилиндрах паровой машины, они пытались и электродвигатель построить с возвратно-поступательным движением якорей в электромагнитных катушках. И только передовой русский ученый Б. С. Якоби понял, что правильное решение в создании электродвигателя за-

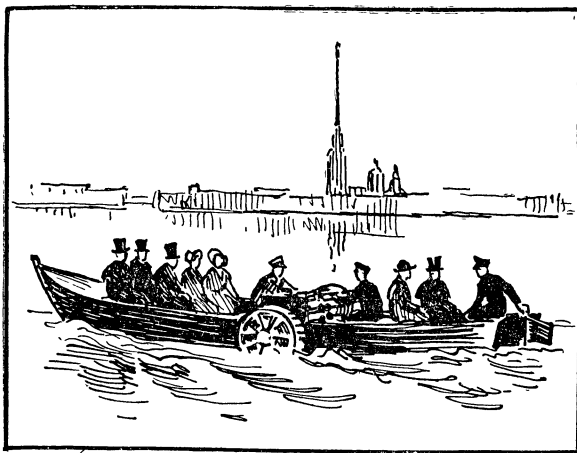


Опыт Фарадея и принцип генератора электрического тока
Рис. 37.



электродвигатель Якоби

Рис. 39.



Лодка Якоби с электродвигателем

Рис. 40.

ключается в применении вращательного движения.

В 1891 году другой выдающийся русский ученый и изобретатель М. О. Доливо-Добровольский создал асинхронный двигатель переменного тока, который ныне господствует в промышленности всего мира. В основе его действия лежит замечательное физическое явление — вращающееся магнитное поле. Это еще одна, совершенно новая и особая форма «колеса».

Чтобы разобраться в нем, познакомимся с переменным током. Он все время — сто раз в секунду — меняет свое направление и идет то в одну, то в другую сторону. На рисунке 41 это изображено в виде кривой линии, причем часть кривой над горизонтальной линией соответствует току в одном направлении, а часть кривой под ней — току в противоположном направлении. Форма кривой и тол-

щина ее линии показывают, что сила тока сперва увеличивается в одном направлении, достигает наибольшей величины и затем уменьшается. А потом происходит увеличение и уменьшение тока в другом направлении.

Вы, вероятно, видели, что переменный ток часто передается по трем проводам. Это трехфазная система, состоящая из трех переменных токов. Присмотритесь к изображающим ее трем кривым на рисунке 42. Вы видите, что наибольшая сила тока *НСТ* (вершина кривой) сперва наступает в первом из этих токов, немного позже — во втором, еще немного позже — в третьем, а потом опять в первом, втором, третьем и т. д. Наибольшая сила тока как бы бежит вдоль проводов трехфазной системы.

Было выяснено, что вокруг провода с током всегда действуют магнитные силы — образуется магнитное силовое поле. При



Кривая переменного тока

Рис. 41.

Кривые трехфазного тока

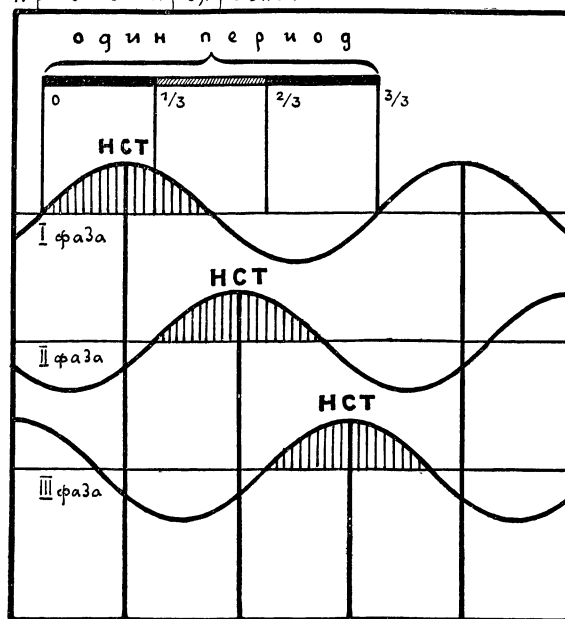
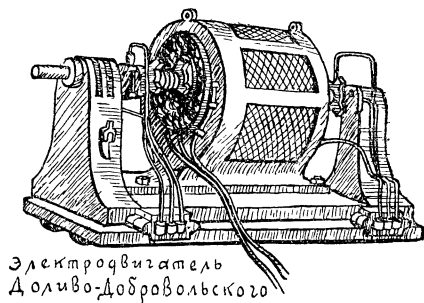


Рис. 42.



Электродвигатель
Долливо-Добровольского

Рис. 43.

этом чем больше сила тока, тем сильнее становится и его магнитное поле. Значит, в нашей системе из трех переменных токов наиболее сильное магнитное поле сперва наступает в первом токе, потом во втором, затем в третьем и т. д. Получается, что магнитное поле тоже как бы бежит вдоль проводов трехфазной системы. Но здесь еще нет вращения.

А теперь посмотрим, что происходит в трехфазном электродвигателе Долливо-Добровольского (рис. 43). По окружности его неподвижной части (статора) поочередно расположены три фазовые обмотки (рис. 44) с переменными токами 1, потом 2, потом 3, затем опять 1, 2 и 3. Поэтому наибольшая сила тока *НСТ* наступает сперва в первой обмотке, затем во второй, в третьей, потом опять в первой и т. д. А вместе с этим и наи-

большее магнитное поле тоже поочередно образуется вокруг первой, второй и третьей обмоток.

Что же от этого получается?

Переходя от одной фазовой обмотки к другой, магнитное поле как бы бежит по окружности статора двигателя. А если взять весь статор в целом, то магнитное поле как бы вращается по нему (хотя сам статор и остается неподвижным). Получается своеобразное, невидимое для глаз вращение магнитного поля — «магнитного колеса».

Не будем рассматривать дальше сложное действие асинхронных двигателей — то, как магнитное поле статора действует на вращающуюся часть двигателя — ротор и увлекает его за собой. Нам хотелось только показать вам, как развитие принципа вращения в технике привело даже к такому своеобразному явлению, как вращающееся магнитное поле.

Мы вообще немного увлеклись и отошли от нашей основной темы о машинах. Но мы сделали это для того, чтобы на примере принципа вращения проследить, как сложно и многообразно изменяются и развиваются общие технические принципы.

Двигатели — тоже машины, но это машины особого рода. Наша же книга посвящена машинам-орудиям, то есть таким машинам, которые производят те или другие изделия. На них мы теперь и сосредоточим внимание.

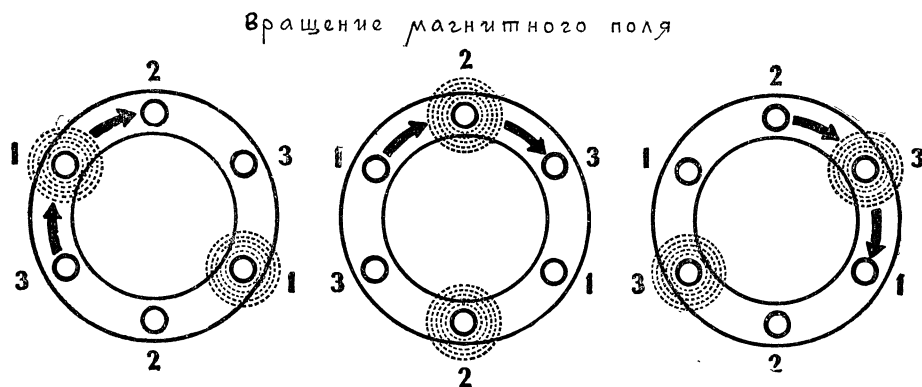
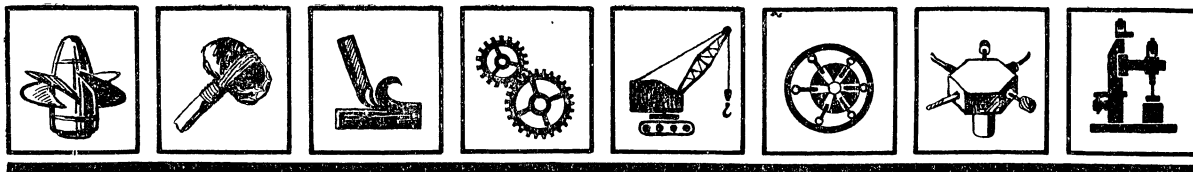


Рис. 44.



Глава II. МАШИНЫ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

От ручного труда к машинам

Основой нашей жизни, основой человеческого общества является труд. Человек своим трудом воздействует на природу и производит все, что ему необходимо для жизни. Но человек работает и воздействует на природу не голыми руками. В своем труде он применяет орудия — различные инструменты, машины, аппараты. Мы режем ножом, рубим топором, пашем плугом, производим все нужное нам металлорежущими, текстильными, сельскохозяйственными и всевозможными другими машинами. В труде, в производстве мы применяем также различные печи, электрические, химические, оптические и другие приборы и аппараты. Все это наши орудия труда, средства производства. При этом человек не только применяет орудия, но и производит их. Ведь все наши орудия — будь то сложная машина или самый простой нож — природа не дает нам в готовом виде. Их надо сделать.

Первые орудия человека были очень грубы и примитивны. Это была простая палка, слегка заостренная, чтобы легче было выкапывать ею корни; простой камень (кремень) с заостренным краем, грубо оббитый другим камнем.

Озябший, полуголодный бродил по лесам первобытный человек, сжимая в руке каменное орудие. Он разбивал им твердую скорлупу плодов, разрывал мясо убитых животных, дробил их кости.

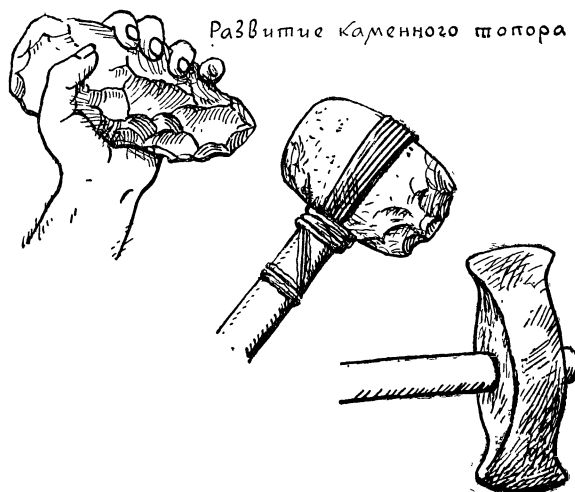
Первые орудия не были еще специализированы для производства определенных работ. Но этот грубо оббитый камень был зародышем всего дальнейшего развития техники.

Первые шаги развития техника совершала

очень медленно. Прошли тысячелетия, прежде чем человек додумался привязывать камень к деревянной рукоятке. Спустя еще многие тысячелетия научился он просверливать в камне отверстие для рукоятки и шлифовать поверхность своего топора.

Долго длился так называемый каменный век, когда люди не знали еще металлов. И величайшей революцией в развитии первобытной техники был переход от каменных орудий к металлическим. Люди научились выплавлять металлы и изготавливать из них свои орудия.

Но со временем производство разных изделий достигло значительного совершенства. Развивались различные ремесла. Старинные кузнецы научились ковать крепкие стальные мечи и латы. Из льна, шерсти и шелка искусные мастера пряли тонкую пряжу и ткали красивые ткани. Древние русские плотники



Развитие каменного топора

Рис. 45.

и столяры прославились своими искусными изделиями из дерева. В Китае изготавливались замечательные изделия из фарфора.

Но все эти изделия производились вручную, ремесленными способами, с помощью ручных орудий. В кузнице тяжелым молотом били по поковке. Плотник искусно орудовал топором. Пряжа при помощи веретена скручивала нить.

Ручной труд ремесленника был малопродуктивен, тяжел и изнурителен. Люди работали по двенадцати — пятнадцати и больше часов в сутки, выбивались из сил, а продукции получалось очень мало.

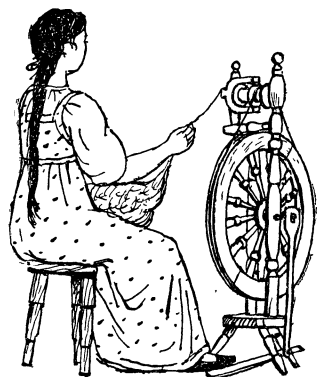
А между тем общественное хозяйство развивалось и требовало все большей производительности труда — нужно было производить больше хлеба, тканей, изделий из дерева, металла и др. И тогда в

развитии производства наступила величайшая техническая революция — были созданы машины. Начался переход от ручных орудий к машинам, от ручного труда к механизированному. Это произошло лет двести назад, в XVIII веке.

Одежда — одна из насущных потребностей человека. А для нее нужны ткани. И одними



Ручное прядение
Рис. 46.

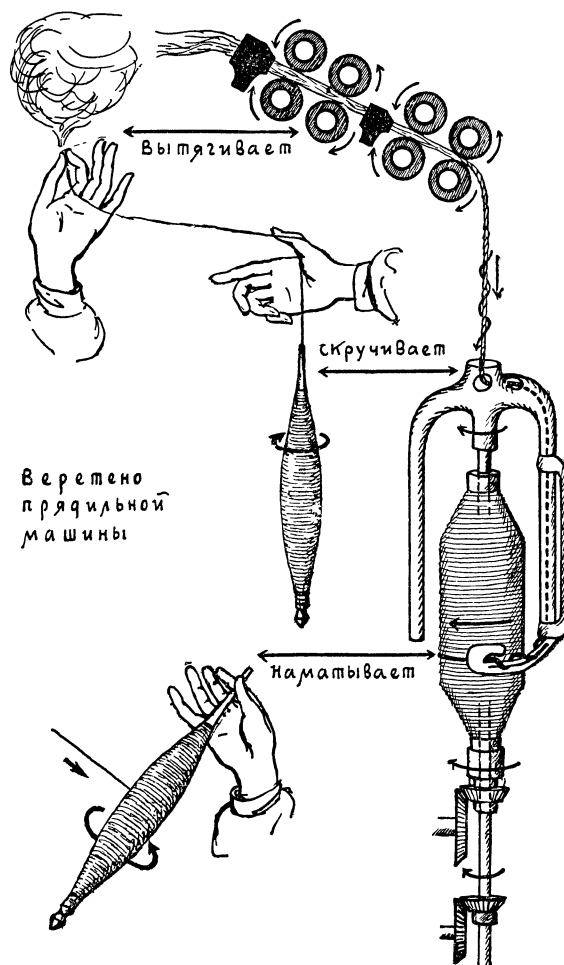


Прялка с ножным приводом
Рис. 47.

из первых были изобретены прядильные и ткацкие машины. Те движения, которые раньше делали руки ремесленника, теперь стали выполнять рабочие части машины.

Какие движения нужно было, например,

делать, чтобы из шерсти или волокон льна и хлопчатника изготовить длинную и тонкую нить — пряжу? Раньше, при ручном труде, прядильщик из висевшей перед ним кудели пальцами вытягивал волокна, соединял их вместе, скручивал в нить. Эту нить он наматывал на веретено, которое сам же при этом вращал. Вращение веретена способствовало



Работа прядильной машины
Рис. 48.

закручиванию и вытягиванию нити. Существовали уже, правда, простейшие прядильные станки, в которых веретено вращалось приводом от ножной доски с колесом, но само прядение все же производилось вручную.

И вот на смену этому пришла прядильная машина. Она стала производить те же основные операции: вытягивать и скручивать нить, наматывать ее на веретено или катушку. Заранее расчесанные волокна сперва проходят

через вытяжной аппарат машины. Это несколько пар соприкасающихся роликов, между которыми протягивается будущая нить. Вторая пара роликов вращается быстрее, чем первая; третья пара еще быстрее, чем вторая. Что от этого получается? Так как через вторую пару роликов нить должна проходить быстрее, чем через первую, она в промежутке между этими роликами несколько растягивается. В следующем промежутке, между второй и третьей парой роликов, она растягивается еще больше (рис. 48).

Выйдя из вытяжного аппарата, нить наматывается на вращающуюся катушку, надетую на веретено. Вокруг этой катушки вращается изогнутый стержень (рогулька) с трубкой, через которую проходит нить. Благодаря вращению рогульки нить, идущая из вытяжного аппарата, все время закручивается и еще более вытягивается, а затем равномерно наматывается на катушку, которая для этого совершает медленное движение то вверх, то вниз. Все эти сложные движения машины производятся механически, с помощью различных механизмов, за счет энергии, получаемой от двигателя.

Первые машины были сделаны из дерева. Понятно, что дерево как материал не могло удовлетворить строителей машин. Развитие более сложных, быстроходных и прочных машин требовало применения металла. Но чтобы изготавливать металлические части машин, потребовались специальные станки для обработки металлов — машины для производства машин.

Из истории одной машины

Мы уже знаем, что первое место среди машин по обработке металлов занимают токарные станки. У них была своя интересная история. Вспомните того «прадедушку» токарного станка, в котором изделие вращалось веревкой, привязанной к упругой ветви дерева. Применяли и другие примитивные способы. Работали вдвоем: подручный вертел изделие, а сам токарь производил обработку.

Позже изобрели ножной привод (рис. 49). Внизу привода была устроена доска, на которую токарь все время нажимал ногой. От доски вверх была натянута веревка, охватывавшая петлей изделие. А еще выше веревка эта прикреплялась к длинной упругой жерди,

Ножная доска тянула веревку вниз, а упругая жердь тянула ее вверх. При этом петля скользила вокруг изделия и вращала его то в одну, то в другую сторону. Токарь мог обрабатывать изделие лишь при одном направлении вращения; когда же изделие вращалось в другую сторону, ему приходилось прерывать работу и ждать. В этом было большое неудобство.

Чтобы получить непрерывное вращение изделия в одну сторону, был изобретен нож-

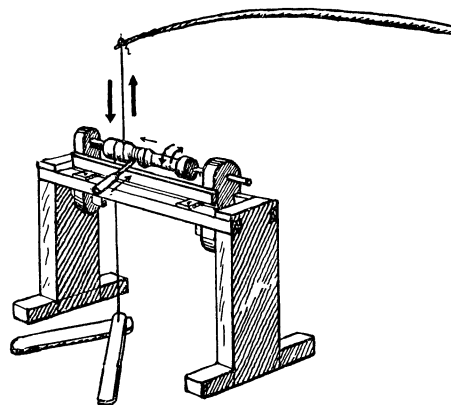


Рис. 49.

ной привод с простейшим шатуном, кривошипом и колесом, от которого ремень или веревка передавали вращение изделию (рис. 50).

На всех этих станках токарю приходилось руками держать инструмент — стамеску и обрабатывать ею изделие, опираясь на доску-подручник. Так продолжалось до тех пор, пока не был изобретен суппорт — устройство, в котором закрепляется инструмент и которое вместе с инструментом движется вдоль изделия. Токарю не приходилось уже напрягать силы, чтобы держать инструмент в руках и грудью напирать на него, прижимая к изделию.

Кто же был творцом этого замечательного изобретения? Суппорт токарного станка создан в 1712 году русским механиком А. К. Нартовым. Нартов был современником Петра I и обучал его токарному искусству. В одном из ленинградских музеев и сейчас хранится построенный им станок с суппортом.

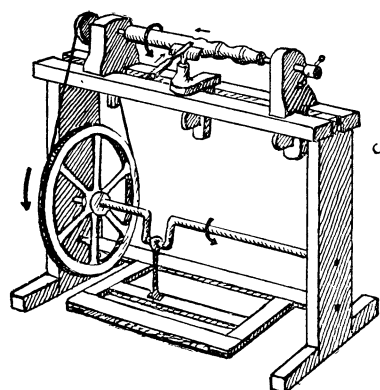
Первые суппорты все же приводились в движение от руки (рис. 51). Токарь вращал рукоятку, и суппорт с резцом двигался вдоль

изделия. Надо было очень умело и точно вращать рукоятку, чтобы подача резца была равномерной. Развитие машиностроения требовало, однако, все большей механизации труда токаря. И тогда был создан суппорт-самоход (рис. 52). Сложные механизмы сообщают ему движение, и он сам равномерно перемещается вдоль изделия. Токарь лишь наблюдает за его работой, пускает в ход и, когда нужно, останавливает.

В XX столетии машиностроение стало развиваться особенно быстро. Все более совершенствовались и машины для производства машин. Токарный станок обрастал сложными механизмами. Нужно было, например, изменять скорость вращения изделия. Для этого

между двигателем и вращающимся шпинделем с укрепленным на нем изделием были введены специальные механизмы: ступенчатые шкивы, переборы, а потом и более совершенные — коробки скоростей. А чтобы изменить скорость подачи суппорта с резцом, были созданы механизмы со сменными шестернями и сложные коробки подач.

На наших заводах вы увидите станки отечественного производства, которые одновременно работают многими резцами, обрабатывают сразу по нескольку изделий и последовательно производят одну операцию за другой. И все это «умные» машины делают сами, автоматически, так что человеку приходится лишь наблюдать за их работой и управлять ими.



Токарный
станок
с крибшипом
и колёсом

Рис. 50.

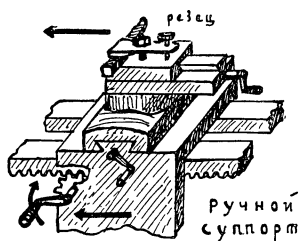


Рис. 51.

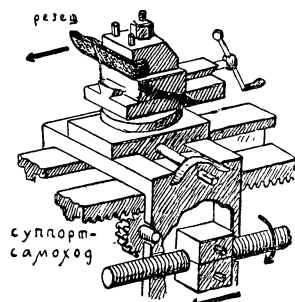
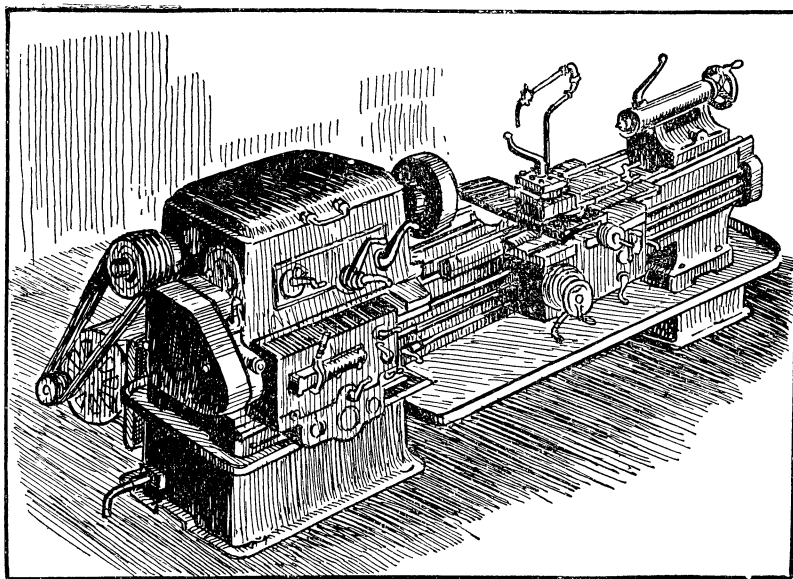


Рис. 52.



Современный токарный станок
Рис. 53.

Старое и новое

Коммунистическая партия и Советское государство обращают особое внимание на механизацию труда, на переход от тяжелого ручного труда к труду с помощью разнообразных машин и механизмов. Наши ученые и конструкторы создают тысячи различных машин. Партия и государство заботятся об облегчении труда рабочих и колхозников. В то же время применение машин во много раз повышает производительность труда, увеличивает количество производимых изделий, что

ведет к росту народного богатства, укрепляет могущество нашей Родины и необходимо для успешного строительства коммунизма.

В первую очередь у нас механизмируются такие работы, которые требуют большой затраты физического труда и наиболее утомительны для людей — например, работа строителей, шахтеров, грузчиков, а также тяжелый труд земледельцев-колхозников.

В плане шестой пятилетки, утвержденном XX съездом Коммунистической партии, огромное внимание уделено все большей механизации труда и применению различных машин во всех отраслях народного хозяйства. Съезд партии особенно подчеркнул необходимость механизировать более тяжелые, трудоемкие работы; причем механизировать их полностью, комплексно, так, чтобы все процессы работы, как основные, так и вспомогательные, выполнялись не вручную, а машинами и механизмами.

Если бы можно было перенестись лет на сорок в прошлое, вы увидели бы много странного для себя. Вот, например, строится шестиэтажный дом. Подъемного крана нет. Зато на лесах, которыми окружены стены, устроены наклонные дощатые ходы вроде пологих лестниц, по которым один за другим, согнувшись, медленно поднимаются люди, неся на спине кирпичи. Их надо было поднять таким способом на самый верх строящегося здания. Тяжелым и изнурительным был труд строителя. Большой дом строился очень медленно.

А теперь познакомимся с современной советской стройкой, механизированной по последнему слову техники (рис. 55). Гордо высятся стальные переплеты башенных подъемных кранов. Крюк на конце каната подхватывает платформу с большим грузом кирпича, а то и целые блоки — готовые части стен и перекрытий будущего дома, и мощная лебедка крана легко и быстро поднимает их на любую высоту. А там, наверху, стрела крана плавно поворачивается и аккуратно опускает свой груз у ног рабочего. Быстро, один за другим, вырастают этажи громадного здания.

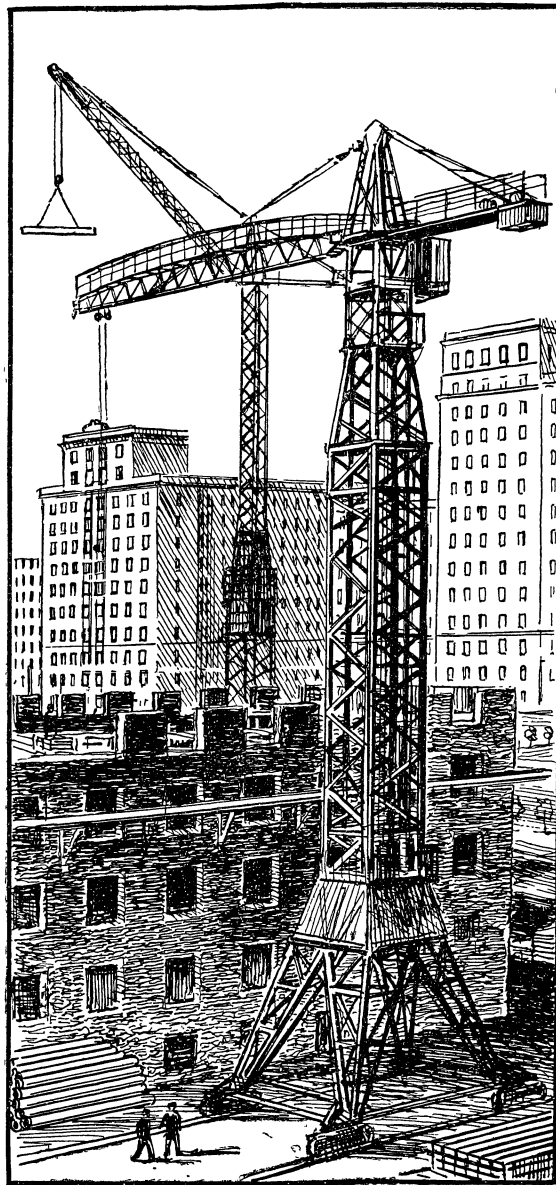
Тяжел был и труд землекопов в дореволюционной России. Из далеких деревень, полуголодные, брели на отхожие промыслы с котомками и дедовскими лопатами за плечами,



Рис. 54.

Обливаясь потом, копали они своими лопатами твердую, слежавшуюся землю и с размаху отбрасывали ее в сторону или грузили в деревянные тачки. А другие рабочие, тоже выбиваясь из сил, толкали перед собой эти тачки и отвозили землю на далекий отвал.

В наше время на смену ручной лопате и тачке пришли землеройные машины — механические лопаты. Все вы, конечно, не раз наблюдали работу экскаватора, как он ловко выдвигает рукоять и вонзает свой ковш



Современная механизированная постройка дома
Рис. 55.

в землю. А потом ковш движется вперед и вверх и срезает слой земли. После этого стрела перемещается в сторону, дно ковша открывается — и земля высыпается из него на отвал или в кузов автомашины.

Строительство гигантских гидроэлектростанций, сооружение плотин, создание судходных каналов и оросительных систем — все это связано с огромным объемом земляных работ. Надо вынимать и перемещать целые горы земли. Советские заводы выпускают для этого различные виды мощных механических лопат. Гордостью нашей техники являются гигантские шагающие экскаваторы.

Это действительно колоссы. Ковш экскаватора за один раз зачерпывает 14 куб. метров земли. Длина его стрелы равна 65 метрам. За рабочую смену экскаватор вынимает 4500 куб. метров земли, заменяя ручной труд почти тысячи землекопов. По сложности оборудования эту гигантскую механическую лопату можно сравнить с целым заводом. Управляет экскаватором квалифицированный инженер.

Шагающим экскаватор называется потому, что передвигается он с помощью огромных стальных плит, похожих на лыжи. Лыжи в нужный момент поднимаются, заносятся вперед и опускаются на землю. Опираясь на них, движется вперед и весь гигант-экскаватор, весящий 1300 тонн. Подробнее мы познакомимся с ним в главе VI.

В помощь громадным механическим лопатам советские заводы выпускают и другие гиганты — 25-тонные и даже 40-тонные автомобили-самосвалы, которые отвозят вынутую землю на более далекие расстояния.

Большая забота проявляется в нашей стране о труде горняков. Добывая каменный уголь, они снабжают необходимым топливом электростанции, паровозы, наши жилища. Добывают они также руды железа и других металлов. Страна наша сказочно богата полезными ископаемыми, и добыча их из недр земли — это первое исходное звено использования природы человеком.

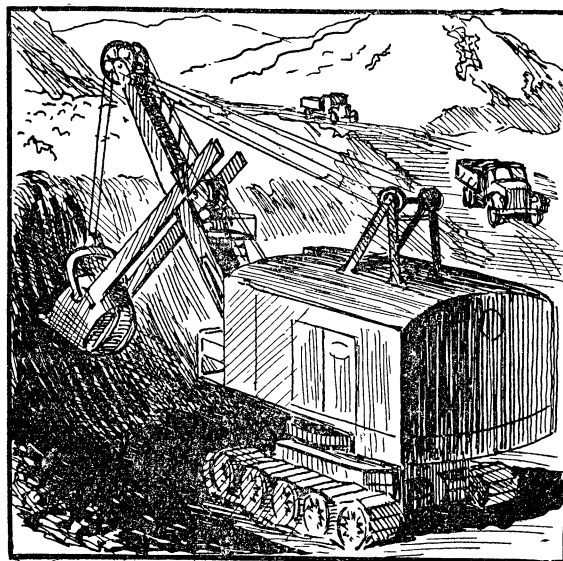


Ручная работа
землекопа
Рис. 56.

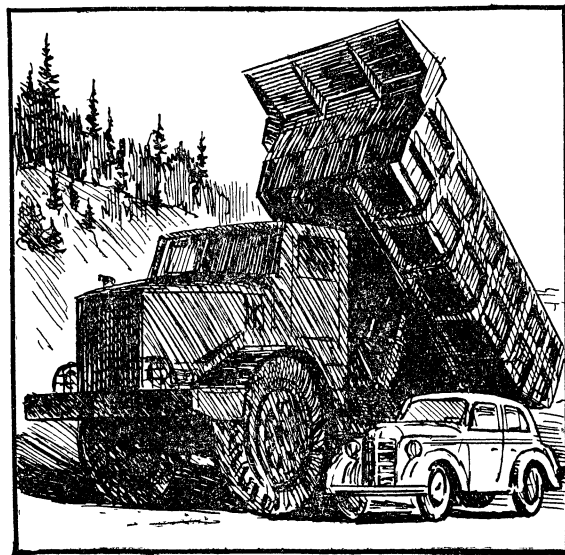


Рис. 57.

До революции в царской России работа в шахтах велась вручную, — глыбы угля или руды горняк отбивал ручной киркой (кайлом). При этом работать нередко приходилось в очень узкой или низкой выработке, так что горняк должен был работать лежа на боку или на спине. Не менее тяжел и изнурителен был и труд откатчика (кátалы), который лопатой нагружал уголь или руду в вагонетки, а затем катил их по подземным



Экскаватор за работой
Рис. 58.



25-тонный самосвал
Рис. 59.

коридорам (штрекам), причем иногда это приходилось делать под низкими сводами на коленях или даже ползком.

Производительность ручного труда в шахтах была очень низка — за двенадцать часов тяжелой работы опытный горняк добывал всего лишь около 2 тонн угля. Вот почему уже в первые годы советской власти было обращено особое внимание на механизацию труда горняков. Наши ученые и инженеры создали много новых замечательных машин для работы в шахтах и рудниках.

Прежде всего на смену старому ручному кайлу пришел механический отбойный молоток. Горняк хотя и управляет им руками, но работает такой молоток механически, силой сжатого воздуха. Боек молотка сам наносит мощные удары, один за другим, с большой скоростью — до тысячи ударов в минуту — и легко и быстро откалывает куски угля или руды.

Но отбойные молотки были лишь первым шагом механизации горных работ. Советские конструкторы создали новые, сложные и мощные врубовые машины. Машины эти своим длинным режущим органом — баром с движущимися острыми зубками — врезаются в угольный пласт и прорубают в нижней части его узкую щель. После этого уголь сравнительно легко отбивают молотками или откалывают взрывами.

Казалось бы, все главное сделано. Остается только немного — погрузить отбитые куски угля в вагонетки или навалить их на транспортер и отвезти на шахтный двор, а затем поднять на поверхность земли. Но оказалось, что такая, на первый взгляд, второстепенная операция, как навалка угля на транспортер, если производить ее ручным способом, может задержать всю работу шахты. Механизированная подрубка и отбойка дает большое количество угля. А наваливать его на транспортер лопатами не успевают. Уголь скопляется в забоях, угрожает их. И машины вынуждены стоять без действия.

Один из очень важных принципов советской техники состоит в комплексной механизации всего производственного процесса, всех его операций, как основных, так и вспомогательных. Иначе, если одни операции выполняются высокопроизводительными машинами, а другие (хотя бы и вспомогатель-



Ручная работа горняка
Рис. 60.

ные) по-старому производятся вручную, — это задерживает всю работу. Так было и в шахтах при ручной навалке угля.

Поэтому перед нашими учеными, конструкторами и рабочими-новаторами встала неотложная задача — механизировать навалку угля, создать для этого новые машины и механизмы. Упорная работа творческой мысли советских людей и здесь привела к победе. Впервые в мире ими были построены замечательные машины — горные или угольные комбайны. Комбайн — это сложная машина, выполняющая несколько различных работ. В комбайне как бы сочетается или



Работа отбойным молотком
Рис. 61.

комбинируется несколько машин. Горный комбайн подрубает угольный пласт, отбивает подрубленный уголь, а затем сам же механически грузит его на транспортер. Он сочетает в себе врубовую машину с ее режущим баром (а то и несколько таких машин), ре-



Врубовая машина
Рис. 62.

жуще-отбойную штангу для отбивки угля и устройство для его механической навалки на транспортер.

Механизация труда горняков во много раз повысила его производительность. Если кайлом опытный горняк мог добыть за смену до 2 тонн угля, а отбойным молотком — до 10 тонн, то каждая врубовая машина заменила труд тридцати забойщиков, а горный комбайн добывает 60 тонн угля в час. Дневную выработку горняка с кайлом (2 тонны) он производит за две минуты.

* * *

Громадное значение имеет применение машин и в нашем социалистическом сельском хозяйстве. Труд крестьянина-земледельца, если он производится ручными орудиями, без машин, — очень тяжел и малопроизводителен. Поэтому в нашей стране обращено особое внимание на механизацию труда колхозников. Советская промышленность в большом количестве производит сельскохозяйственные машины для самых различных нужд земледелия. Ученые и конструкторы создают всё новые и всё лучшие машины, помогающие бороться за высокие, устойчивые урожаи и за развитие продуктивного животноводства.

Тяжелым, изнурительным был труд крестьянина в дореволюционной деревне. Землю пахали деревянной сохой. Чтобы кое-как разрыхлить затвердевшую почву, пахарь, напрягаясь, удерживал в борозде соху, которую еле тянула его тощая лошаденка. И так маялся он от зари до зари.

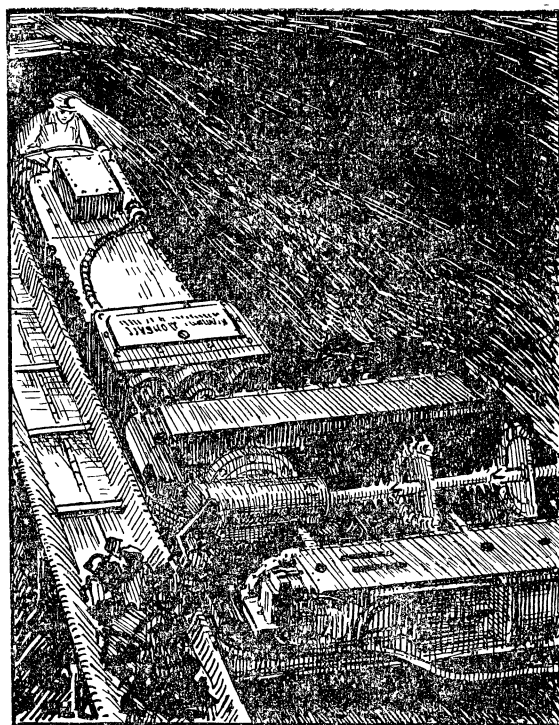
На смену крестьянской лошаденке пришел теперь мощный стальной конь — трактор, а на смену деревянной сохе — многокорпусный тракторный плуг. За один проход вспахивает он широкую полосу в три — четыре и даже пять глубоких борозд. Такой плуг прицепляли к трактору, который и тянул его за собой. Но опыт и научные исследования показали, что гораздо выгоднее навешивать плуг на самый трактор. Навесной плуг проще и легче, ему не нужны



Ручная навалка угля
Рис. 63.



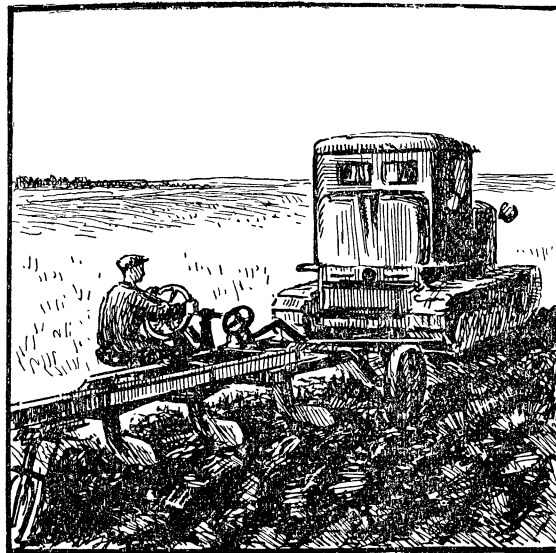
Вспашка сохой
Рис. 65.



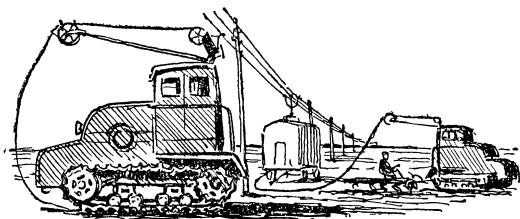
Угольный комбайн
Рис. 64.

колеса и ряд других частей, на его изготовление идет меньше металла.

Наша промышленность выпускает сотни тысяч тракторов мощностью 30—60 и даже 80 лошадиных сил.



Трактор с плугом
Рис. 66.



Электропахота
Рис. 67.

На колхозных и совхозных полях проводятся опыты и по использованию электро-тракторов. Электротрактор не нуждается в горючем. Его электродвигатель приводится в действие током, который подводится по гибкому кабелю. При движении трактора этот питающий кабель наматывается на барабан или сматывается с него. Электрический трактор прост и выгоден, особенно при дешевой энергии, которую дадут новые гигантские гидроэлектростанции.

Хлебá в старое время сеяли вручную. Крестьянин шагал по полю с мешком или лукошком через плечо. Полной горстью брал он из лукошка зерно, делал широкий взмах рукой и разбрасывал его по полосе вспаханного поля. Работа требовала большого опыта и мастерства и все же давала очень плохой результат.



Ручной посев
Рис. 68.

А теперь на колхозных полях посев производится первоклассными тракторными сеялками. Ровными рядками на определенную глубину кладут они в почву зерно.

В соответствии с требованиями агрономической науки, советские конструкторы создают различные сеялки специального назначения. Эти сеялки, если надо, вместе с зерном высевают в землю и удобрения для подкормки молодых растений; если надо, высевают семена не сплошными рядками, а отдельными гнездами. Есть и такие сеялки, которые в промежутках между рядками пшеницы сеют семена кормовых трав, чтобы они подросли к будущему году и дали обильный корм скоту.

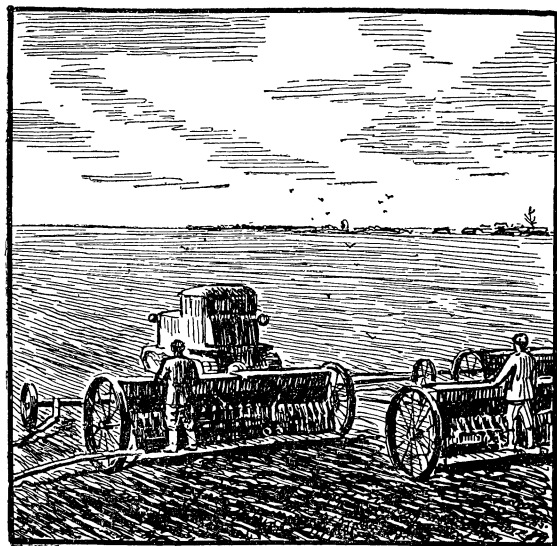
Но особенно тяжел становился труд крестьянина, ко-



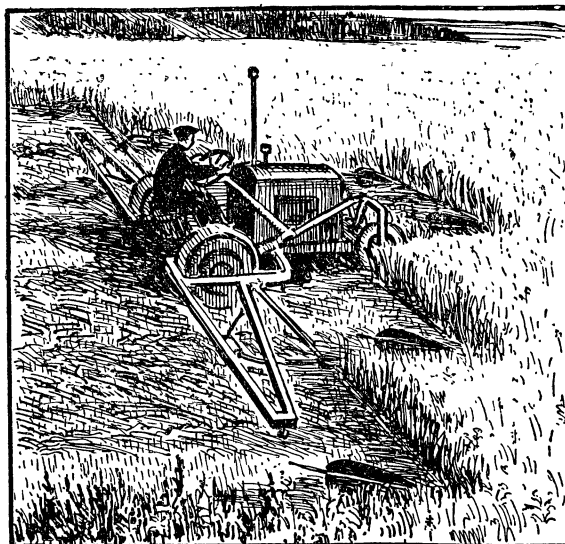
Работа косца
Рис. 70.

гда наступало время уборки хлебов. Недаром это время называли в народе «страдной порой», то есть порой страданий, порой тяжелых летних работ. Еще до того наступал сенокос — созревала трава, и надо было поскорее скосить ее и убрать сено, чтобы оно не начало гнить от дождей.

Со стороны красиво было смотреть, как рассыпались по большому лугу косцы в цветных рубахах и как ложилась высокая трава под их блестящими косами. Но нелегко



Посев тракторными сеялками
Рис. 69.



Трактор с навесной сенокосилкой
Рис. 71.

было до изнеможения, до боли в суставах махать этими дедовскими ручными косами.

А теперь... Посмотрите на рисунок — какую широкую полосу луга с одного прохода скашивают эти несколько механических ножей, навешенных на тракторе. И всем этим сложным устройством, скашивающим за день по 50—60 гектаров, управляет один человек (рис. 71).

Созревшие хлеба раньше жали серпами. Согнувшись, в самой неудобной позе работали женщины этим прадедовским инструментом. Каждый пучок стеблей надо было схватить левой рукой, а правой срезать его серпом...

Чтобы вымолотить зерно, снопы били тяжелыми цепами (причем в любую минуту можно было нечаянно ударить цепом соседа) или молотили на току передками.

На очищенную от травы землю — ток — настилали слой сжатого хлеба. Впрягали лошадей в передки от телег (передок телеги — это два колеса с осью и с оглоблями). Люди становились на эти передки и ездили кругом по разостланному хлебу. Зерно вымалачивалось колесами передков и копытами лошадей. Понятно, что вымалачивалось оно плохо: какая-то часть зерна оставалась в соломе.

А чтобы потом провеять вымолоченное зерно, его на ветру подбрасывали вверх лопатами, и ветер относил в сторону более легкую мякину. Если же не было ветра, его приходилось ждать день, два, неделю...

Все это ушло в прошлое. На колхозные поля пришли уборочные машины. Сперва появились жнейки-лобогрейки, у которых не было приспособления для сбрасывания сжатого хлеба. Их сменили жнейки-самосброски, механические ножи которых срезали стебли, а самодвижущиеся грабли сбрасывали сжатый хлеб на землю охапками. Сзади шли женщины и связывали их в снопы. Но и эта работа была нелегка: связывать приходилось жгутами из соломы, за жнейкой трудно было поспевать. На смену жнейкам-самосброскам пришли сноповязалки. Они не только срезали стебли хлеба, но и сами связывали их крепким шпагатом в снопы.

Если вам придется увидеть в поле работающую сноповязалку, обратите внимание на то, как действует ее узловязальный аппарат. Он очень интересен. Проследите, как его стальные пальцы захватывают шпагат, обводят его вокруг снопа, а



Работа серпом
Рис. 72.

затем искусно завязывают узел: делают петлю, продевают в нее шпагат, затягивают узел и обрезают конец шпагата.

Сжатый хлеб стали обмолачивать молотилками. Это сложные машины, выполняющие целый ряд работ: они вымалачивают зерно из колосьев, вытряхивают его из соломы, отделяют от мякины (веют), сортируют по величине и, наконец, насыпают в мешки. Удары дедовских цепов заменил быстро вращающийся стальной молотильный барабан; на смену ветру для веяния зерна пришел механический вентилятор, создающий сильную струю воздуха.

Но развитие нашего сельского хозяйства потребовало еще более совершенной механизации уборки хлеба, которой мешала неме-

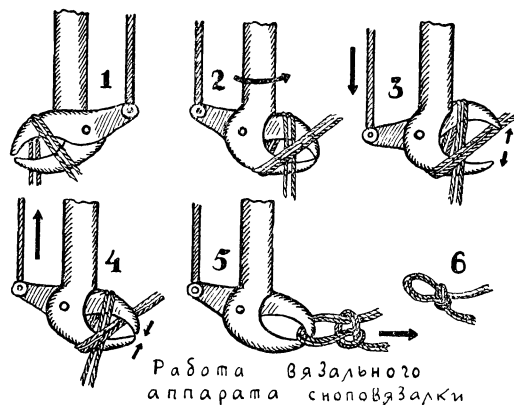
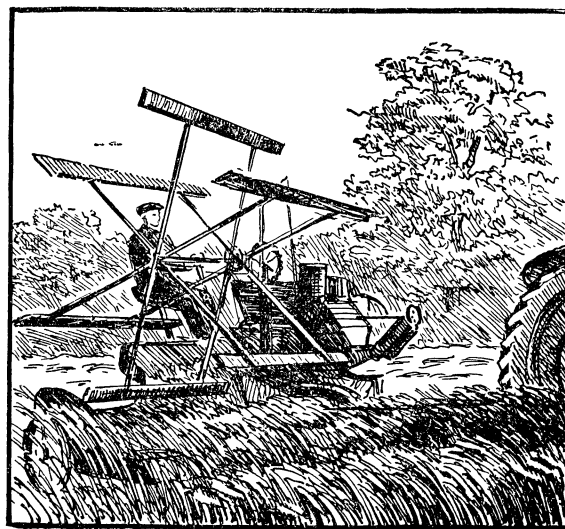


Рис. 74.



Сноповязалка
Рис. 73.

ханизированная перевозка снопов с поля на ток. Тогда машиностроители поставили молотилку на колеса и соединили ее с жнейкой. На колхозных полях появилась сложная машина — зерноуборочный комбайн, который тут же, на поле, обмолачивает хлеб, веет его и сортирует.

В различных районах нашей необъятной Родины выращиваются разные сельскохозяйственные растения. И советские конструкторы создали специальные комбайны для их уборки: для северных районов — комбайны, убирающие лен, для южных — сложные свеклоуборочные комбайны, хлопкоуборочные машины и др.

Три части всякой машины

В этой главе мы познакомились со значением некоторых важнейших машин. Но мы еще не раскрыли самое действие этих машин — как осуществляют они свою работу? Займемся теперь более углубленным изучением устройства и действия машин.

В современной технике существует громадное разнообразие всевозможных машин. Как разобраться в этом многообразии и подойти к его изучению? Наша задача: выяснить общие принципы работы машины — то

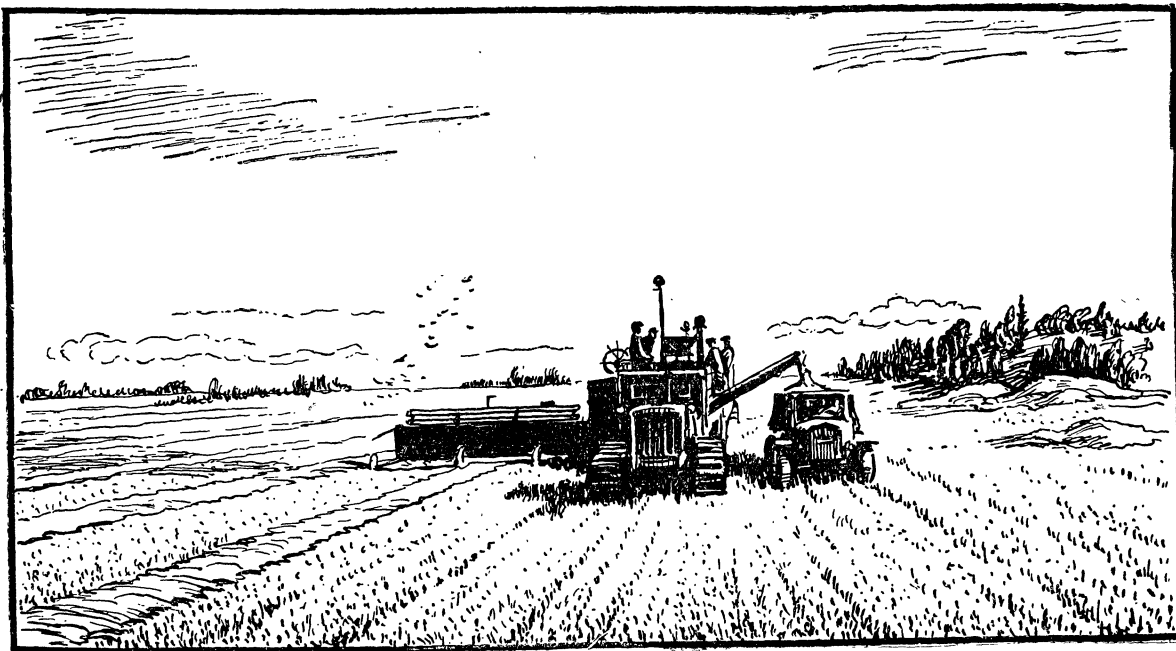
общее, политехническое, что надо знать каждому и что помогает понять разнообразные частности. Но прежде всего надо правильно понять сущность того, что мы называем машиной.

Великий ученый и вождь трудящихся Карл Маркс, всесторонне изучая законы общественного хозяйства, выяснил и сущность машин. Он учил, что каждая сложная машина состоит из трех основных частей: двигателя, передающих механизмов и рабочих органов.

Рабочие органы машины — это те ее части, которые непосредственно выполняют производственную работу.

В токарном станке, например, рабочим органом является шпиндель, в котором закрепляется и вращается обрабатываемое изделие. У токарного станка есть и другой рабочий орган — это суппорт с закрепленным на нем режущим инструментом (резцом), который совершает движение (подачу) вдоль изделия. У экскаватора рабочим органом является его ковш с рукоятью, у косилки — ее режущие ножи и т. д. Рабочие органы машин должны производить определенные и часто очень сложные движения — те именно движения, которые нужны для выполнения данной производственной работы.

Передающие механизмы машины передают



Комбайн
Рис. 75.

движение от двигателя к ее рабочим органам. Это различные зубчатые, ременные и другие передачи, коробки скоростей, кривошипно-шатунные и другие механизмы. Они не только передают движение, но и изменяют, преобразуют его — создают те нужные сложные движения, которые должны производить рабочие органы машины. В токарном станке, например, они создают нужную скорость вращения шпинделя с изделием и позволяют изменять эту скорость. Другие передающие механизмы превращают вращательное движение, полученное от двигателя, в прямолинейное, поступательное движение суппорта с резцом вдоль изделия. И чем сложнее движения рабочих органов машины, тем сложнее и ее механизмы, передающие и преобразующие движение.

Что касается третьей части машины — ее двигателя, — то он необходим как источник энергии, которая приводит в движение механизмы и производит работу. В современных заводских машинах обычно применя-

ются электродвигатели. В транспортных машинах — электрические или тепловые. Устройство и действие двигателей мы рассматривать не будем — это особый вопрос.

Каждая машина является орудием того или другого производства: орудием для изготовления пряжи или ткани, для обработки металла, для сельскохозяйственных работ и др. Поэтому к изучению всякой машины надо прежде всего подойти с точки зрения того, какую производственную работу она выполняет. В этом цель данной машины. А уже затем надо выяснить, с помощью каких технических средств, каких механизмов, выполняет машина свою работу.

Вот почему мы сперва остановимся на том, какую работу выполняют различные машины, рассмотрим устройство и действие рабочих органов этих машин, а уж потом познакомимся и с передающими механизмами, которые создают нужные движения этих рабочих органов.

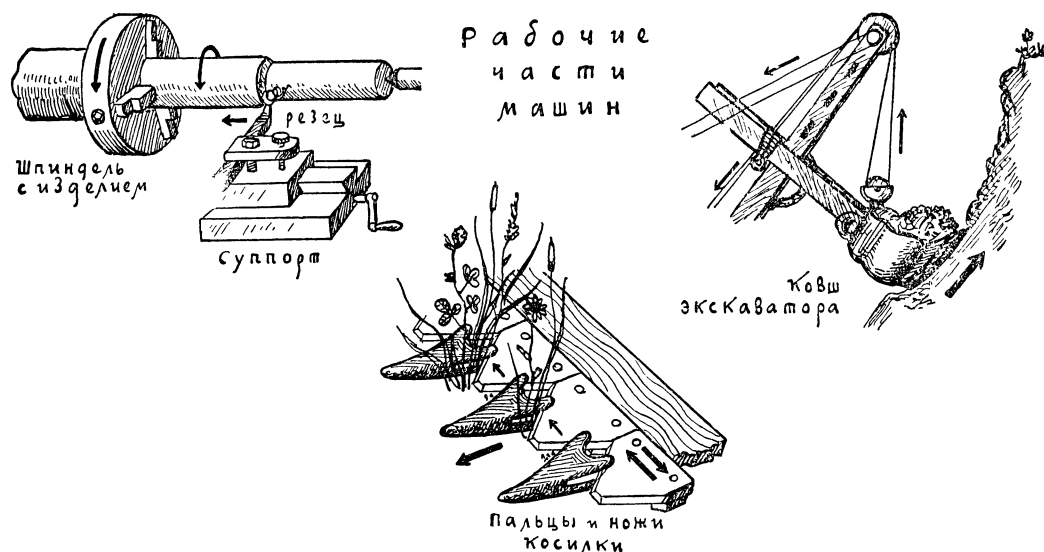
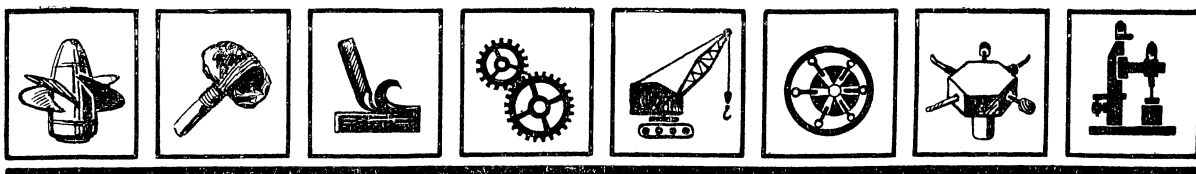


Рис. 76.



Глава III. КАКУЮ РАБОТУ ВЫПОЛНЯЮТ МАШИНЫ

Нож и его потомки

Машин много, и работу они выполняют самую разнообразную. Чтобы разобраться в этом многообразии работы машин, постараемся выделить в нем некоторые общие принципы, важнейшие способы обработки материалов, применяемые на разных производствах и в работе различных машин.

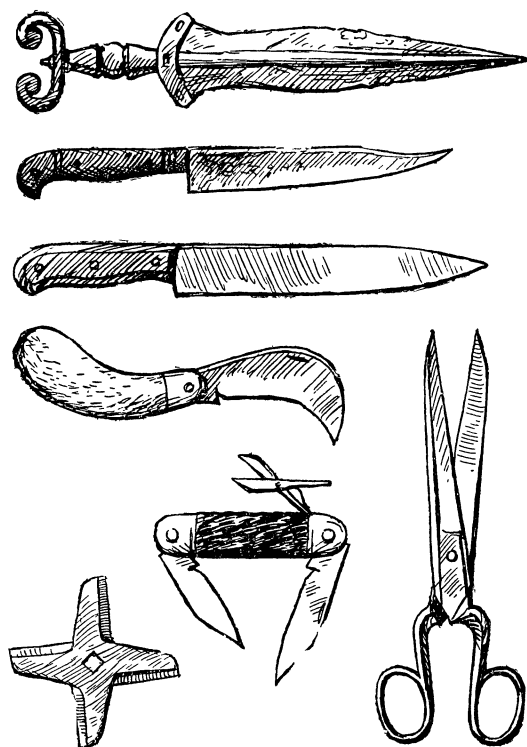
Таков, например, принцип резания, с которым мы встречаемся повседневно. Вспомним хотя бы, как много существует различных ножей: ножи столовые, кухонные, перочинные, садовые, охотничьи и т. д. Но режут не только ножи в обычном смысле слова. Режут ножницы, бритвы, мясорубки, пилы, топоры, рубанки, стамески и многие другие. В разных производствах применяются различные способы резания и режущие инструменты — потомки ножа: резцы для резания металла, сверла, фрезы, гигантские ножницы, разрезающие толстые стальные листы и брусья. Режем мы и землю простыми лопатами, ковшами экскаваторов, плугами.

Примитивный нож, или резец — предок всех этих режущих инструментов, — возник очень давно, у первобытных людей. Они разрезали им незатейливую пищу, обтачивали деревянные орудия и проч. Нож этот был еще каменным или костяным, но он имел уже заостренное режущее лезвие, целесообразно расположенные грани и правильные углы.

Принцип резания был одним из первых при зарождении техники. И он применялся на протяжении всей человеческой истории, хотя, конечно, формы и способы его выполнения чрезвычайно изменялись. В наше время он достиг высокого развития и совершенства.

Что же такое резание и что происходит, когда нож или другой инструмент врезается в материал?

Призовем на помощь знания по физике. Когда режешь что-либо, обычно испытываешь сопротивление разрезаемого предмета, и поэтому приходится прилагать силу. Если режешь дерево, то испытываешь гораздо большее сопротивление, чем когда режешь



Разновидности ножа
Рис. 77.

хлеб. А когда режут металл, сопротивление бывает еще большим и нужна огромная сила.

Что же оказывает сопротивление режущему инструменту, задерживает его проникновение внутрь материала? Сопротивляются те большие силы сцепления, которыми мельчайшие частицы вещества притягивают друг друга. Эти силы сцепления у одних материалов больше, у других меньше. И от этого зависит их различная прочность и твердость. Чтобы разорвать силы сцепления при резании, например, так называемой мягкой стали, резец должен нажимать с силой в два раза большей, чем при резании мягкого чугуна, а при резании твердой стали — с силой еще в два с половиной раза большей.

Вы хорошо знаете, что режущий инструмент должен иметь острое, отточенное лезвие, иначе он не проникнет в материал и будет лишь мять его. Но понятна ли вам физическая сущность действия острого лезвия? Из физики вы помните, что давление на каждый квадратный сантиметр или миллиметр равно всей действующей силе, деленной на площадь. Значит, чтобы сосредоточить большое давление, надо не только увеличивать силу, но и уменьшать площадь. Вот это и происходит на остром лезвии режущего инструмента. Площадь его соприкосновения с материалом очень мала, и на ней сосредоточивается громадное давление. Благодаря этому лезвие разрывает силы сцепления частиц материала и врзается в него.

Автор ваших любимых книг по занимательной физике, покойный Я. И. Перельман, рассчитал, что острие иглы портного производит на ткань громадное давление — 1000 килограммов на 1 кв. сантиметр.

В самом деле, если портной нажимает иглой с силой 300 граммов, а площадь, на которую давит острие иглы, равна 0,0003 кв. сантиметра, то давление получается:

$$\frac{0,3}{0,0003} = 1000 \text{ кг/см}^2.$$

Интересно, что жало осы гораздо острее иглы и давление его оказалось еще большим. При площади его острия в 0,00000000003 кв. сантиметра и при силе осы всего 0,000001 килограмма давление получается:

$$\frac{0,000001}{0,00000000003} = 330000 \text{ кг/см}^2.$$

Но острое лезвие — это лишь как бы авангард или головной отряд инструмента, врзающегося в материал. Вслед за ним проникает туда и основная часть инструмента. Она вклинивается в материал и еще больше



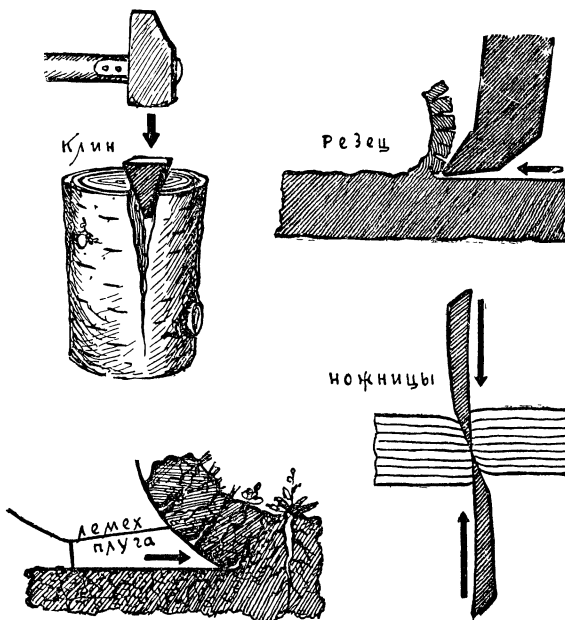
раздвигает в стороны его разрезаемые части.

Здесь надо вспомнить еще одно явление, известное вам из физики, — действие клина. Каждый режущий инструмент — каждый нож, резец или топор, каждая лопата или плуг — представляет собой не что иное, как клин,

проникающий (вклинивающийся) в материал. Только форма клина в разных инструментах бывает различной и иногда очень сложной. В этих инструментах подчас не сразу узнаешь родича того простого клина, который применяют для колки дров и который нарисован в учебнике физики. И надо суметь увидеть основной принцип клина в его различных технических видоизменениях, отвечающих задачам и условиям практики.

Посмотрите, например, как вклинивается в металл резец строгального или токарного станка и как отделяется в виде стружки верхний слой металла или как расположены друг против друга два клина ножиц, разрезающих толстый металлический лист.

Из курса физики вы знаете, что клин дает выигрыш в силе. Сила, с которой мы давим



Различные виды клина
Рис. 79.

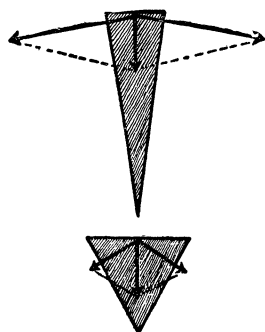
на клин вдоль его оси, разлагается на силы, перпендикулярные к его боковым граням, причем они получаются большей величины, — и именно эти силы раздвигают разрезаемый материал. Сравните на рисунке 80, как образуются эти силы у инструментов с большим или меньшим углом заострения (углом между гранями клина). Какие же инструменты лучше: у которых угол этот больше или меньше? На рисунке видно, что чем меньше угол заострения, тем большие силы образуются на гранях инструмента и тем сильнее, тем лучше он режет. Вопрос, казалось бы, прост и ясен — надо делать более тонкие инструменты с меньшим углом клина. Но в технике вопросы зачастую решаются не так просто, как кажется с первого взгляда, — приходится считаться с разными и даже противоречивыми условиями.

Тонкий инструмент (с малым углом клина) менее прочен, он легче может сломаться или затупиться, особенно когда приходится резать твердый материал и резать его с большой силой. Поэтому для резания таких материалов, в особенности металлов, приходится делать более прочные и более толстые инструменты — с большим углом клина. А ножи для резания мягких предметов и инструменты для обработки дерева выгоднее делать более тонкими.

Как режут металл

Рассмотрим теперь современный токарный резец (рис. 81). Какая у него сложная геометрическая форма! Она соответствует сложным условиям работы резца и выработана на основе векового опыта и глубокого научного исследования. Все в резце — каждая грань или угол, каждая выемка — строго рассчитано и целесообразно. Постараемся разобраться в этой сложной форме резца.

На рисунке 81 указаны основные режущие части резца и видно, какое положение они занимают во время работы. Посмотрим на работающий резец сбоку. Поверхность круглого вращающегося изделия как бы на-
двигается на резец сверху. Поэтому угол



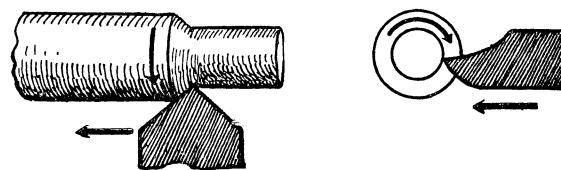
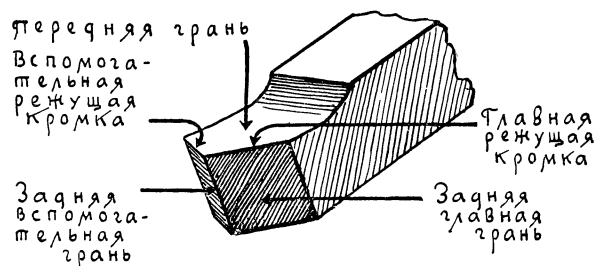
Силы в клине с малым и большим углами
Рис. 80.

заострения между передней и задней гранями резца сделан так, что направлен несколько снизу вверх и хорошо врезается в изделие. А теперь посмотрим на резец сверху. Во время работы он все время движется вдоль изделия справа налево, обтачивая всё новые и новые части его. Поэтому главная режущая кромка резца несколько скошена в сторону его подачи.

Но это еще не всё. В конструкции резца надо учитывать и другие условия его работы. При резании металла происходит значительное трение между частями стружки, между стружкой и резцом, а также между резцом и изделием. От трения резец сильно нагревается, иногда даже накаляется докрасна и светится в темноте. Он может размягчиться, и тогда режущая кромка его быстро затупится и перестанет резать. Поэтому конструкторы резцов стараются по возможности уменьшить трение. Чтобы стружка лучше сбегала по резцу, переднюю грань его немного отгибают вперед, навстречу стружке. А чтобы уменьшить трение между резцом и изделием, заднюю часть резца делают скошенной под достаточным углом к поверхности изделия. Так усложнила старый принцип клина современная наука о резании металлов и о резцах.

Чтобы производить больше частей машин и других изделий, резец должен резать металл с возможно большей скоростью. Московский токарь П. Быков, ленинградский токарь Г. Борткевич и другие передовые производственники-новаторы добились очень высоких скоростей резания металла.

П. Быков вспоминает, как лет двадцать —



Токарный резец
Рис. 81.

двадцать пять назад обыкновенными резцами на токарных станках резали со скоростью подчас всего лишь 15—25 метров в минуту. Когда советские ученые создали новый, более твердый сплав «победит», из которого стали делать режущую часть резцов, скорость резания удалось повысить до 200—300 метров в минуту. В годы Великой Отечественной войны П. Быков добился увеличения скорости резания до 500 метров в минуту, а после войны он с каждым годом продолжал повышать ее. В 1948 году он уже резал со скоростью до 800—1000 метров в минуту, в 1949 году — до 1200 метров, а в 1950 году — до 1500 метров в минуту. За четыре года он выполнил 22 годовые нормы! В 1953 году наши скоростники достигли уже скорости резания до 3000 метров в минуту. Это — 180 километров в час. С каждым годом рекорды скорости резания все более и более возрастают.

Достижению таких замечательных успехов способствовало применение инструментов из твердых металлов и улучшение их конструкции. Успехи эти явились также результатом высокой культуры труда рабочих-новаторов, которая характеризуется тщательно продуманной работой, знанием своего станка и умением использовать все его возможности, правильной организацией работы и умелым использованием каждой минуты времени.

Режущие части резцов делаются из специальных твердых сплавов, которые выдерживают нагревание до очень высокой температуры, не стираются, не размягчаются и долго не затупляются.

Учитывая нужды скоростников, советская промышленность выпускает новые все более быстроходные мощные и прочные станки. Если двадцать лет назад шпиндель с изделием делал лишь 300—400 оборотов в минуту, то теперь скорость его вращения у некоторых станков доведена до десятков тысяч оборотов в минуту.

На машиностроительных заводах есть различные ме-

таллорежущие станки: строгальные, токарные, фрезерные, сверлильные, шлифовальные и др. Все они так или иначе режут металл, но в работе каждого из них есть свои интересные особенности.

Проще всего, пожалуй, работа строгальных станков (рис. 82). Они обрабатывают резцом плоские поверхности. Предком их можно считать обыкновенный плотницкий рубанок, который тоже обстругивает плоскости. Строгальный станок — это как бы большой механический рубанок для обработки металла.

На машиностроительном заводе мы найдем два вида строгальных станков: поперечные и продольные. В поперечно-строгальных станках (шепингах) стол с укрепленным на нем изделием стоит неподвижно, резец же движется вдоль изделия и срезает с него стружку. В более мощных продольно-строгальных станках, наоборот, резец укреплен неподвижно на массивной поперечине, а длинный стол с изделием движется под резцом. На таких станках обрабатывают обычно крупные изделия. Но ре-

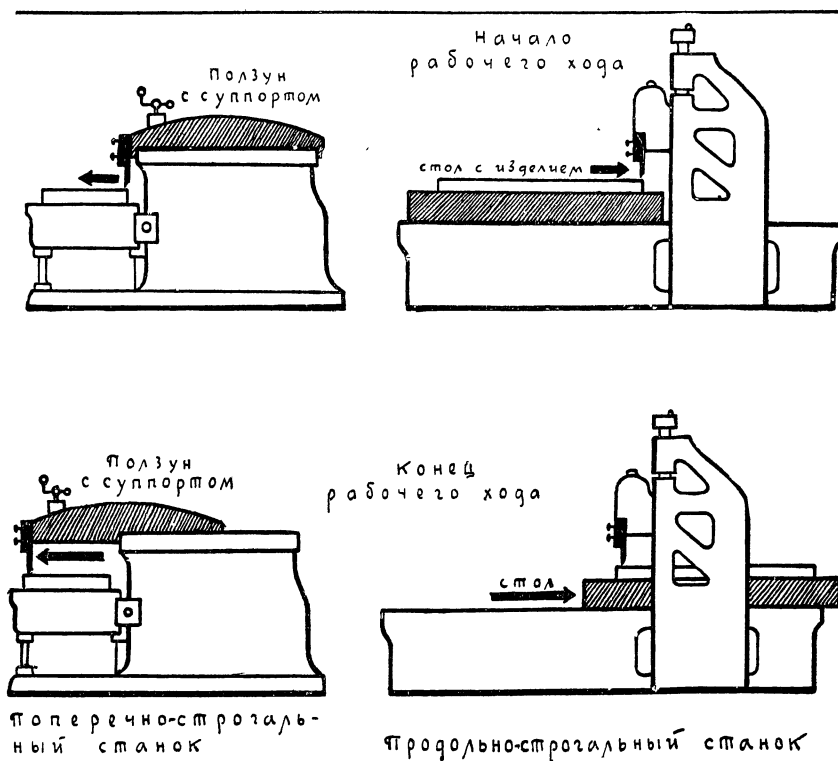


Рис. 82.

зультат, по существу, получается один и тот же. Ведь для резания важно относительное движение между изделием и резцом — одного по отношению к другому.

О токарных станках мы говорили уже много. Они обрабатывают не плоские, а круглые вращающиеся изделия. На токарном станке можно выполнить много разнообразных работ: обточить наружную поверхность изделия, обработать его с торца, расточить полое изделие изнутри, нарезать винтовую резьбу и др.

Но вот перед нами новый, еще неизвестный нам станок — фрезерный (рис. 83). Его работа отчасти напоминает работу строгального станка. На нем тоже можно обрабатывать изделия с плоскими поверхностями и различными прямолинейными частями.

Стол станка с укрепленными на нем изделиями также совершает подачу — поступательное движение по отношению к режущему инструменту. Но инструмент здесь совершенно другой. Это фреза — вращающийся диск или цилиндр, по круглой поверхности которого расположено большое число

режущих зубьев, как бы маленьких резцов. При вращении фрезы ее зубья один за другим врезаются в изделие и срезают с него стружку. Изделие же, перемещаясь под фрезой, как бы подставляет под ее зубья все новые свои части.

Этот новый, более сложный инструмент в сравнении со строгальным резцом обладает большими преимуществами знакомого нам принципа вращающегося колеса. Усилие распределяется между многими зубьями, поэтому за один проход можно срезать больший слой металла. Работа выполняется непрерывно, более быстро и производительно.

Возникнув как усовершенствование работы строгального резца, фрезерование обнаружило новые богатые и разнообразные возможности обработки металлических деталей. Оказалось, что фрезам и их зубьям можно придавать самые различные формы и выполнять ими многочисленные работы: прорезывать канавки, нарезать зубья шестерен, фрезеровать сложные фасонные поверхности и др. На рисунке 85 показаны разные фрезы и их работа.

Рабочая часть фрезерного станка

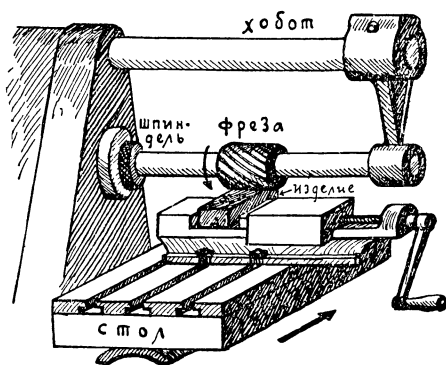


Рис. 83.

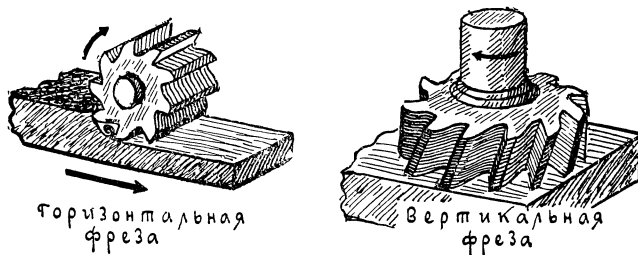
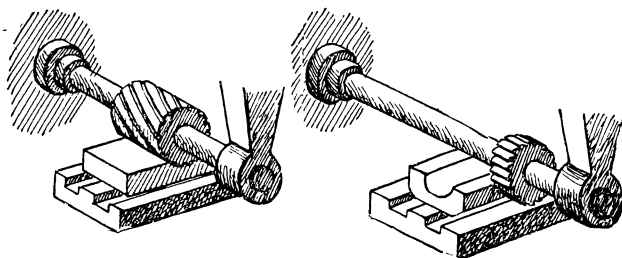
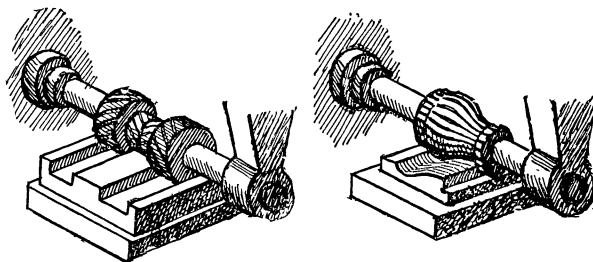


Рис. 84.



Фрезерование плоскости

Фрезерование обреза



Фрезерование канавок

Фасонное фрезерование

Рис. 85.

А вот станки еще одного типа — шлифовальные, у которых режущий инструмент (шлифовальный круг) тоже работает по принципу вращающегося колеса (рис. 86). Станки эти обычно шлифуют изделия, после того как они уже обработаны на строгальных, токарных или фрезерных станках, и делают поверхность их еще более гладкой и чистой. Отшлифованные изделия блестят как зеркало. Шлифовальные круги представляют собой как бы искусственный камень. Они сделаны из особого материала, содержащего мелкие зерна очень твердого вещества. Зерна эти и срезают с поверхности металла мельчайшую стружку.

Вы спросите: можно ли ставить это в один ряд с работой режущих инструментов? Да, можно. Ведь каждое твердое зерно шлифующего камня работает как очень маленький резец (режущий клин), а весь шлифовальный круг подобен фрезе с громадным количеством мельчайших зубьев.

Проходя по цеху, вы в разных местах его увидите станки еще одного типа — сверлильные (рис. 87). Человеку, незнакомому

с техникой, может показаться, что не такое уж важное дело — просверливать отверстия. Но в машиностроении это имеет громадное значение. Отверстий приходится сверлить очень много в самых различных деталях будущих машин. Они необходимы для скрепления этих деталей болтами и для разных других целей.

Сверлить люди научились очень давно. Вспомните древние каменные топоры с просверленным отверстием для рукоятки.

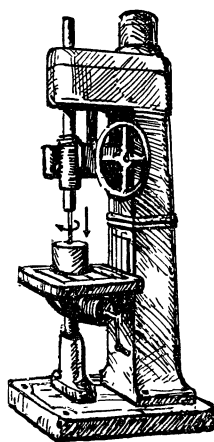
Сверло вращается и в то же время совершает поступательное движение, углубляясь в металл (рис. 88). Оно представляет собой своеобразное видоизменение все того же ножа или режущего клина. Его режущая кромка и грани, образующие клин, находятся на конце сверла и имеют сложную изогнутую форму — именно такую, какая нужна, чтобы сверло, вращаясь, резало дно отверстия и все более в него углублялось.

Советские заводы оборудованы по последнему слову техники. Среди новейших машин мы найдем на них интересные протяжные станки. Станки эти тоже проре-

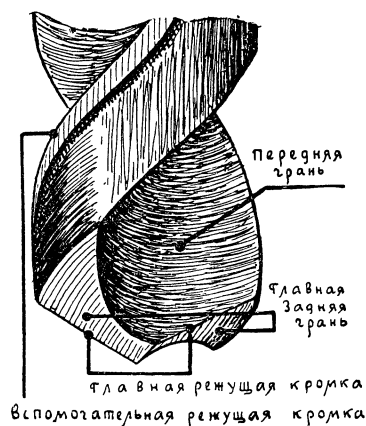
схема работы
шлифовального станка



Рис. 86.



Сверлильный станок
Рис. 87.



Сверло
Рис. 88.

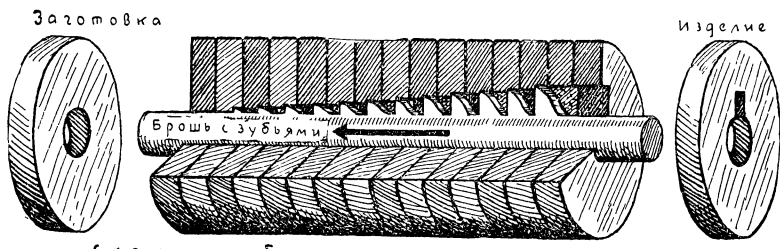


схема работы протяжного станка

Рис. 89.

зают отверстия. Но они их не сверлят — принцип работы этих станков совершенно иной. Рассмотрите его на рисунке 89. На станке одно за другим установлено в ряд большое число обрабатываемых изделий. Своеобразный инструмент — протяжка, или брошь, — представляет собой длинный стержень, на боках которого имеются острые режущие зубья. Брошь протягивается станком через весь ряд изделий и в каждом из них по очереди прорезает отверстия. Для этого каждый следующий зуб выступает немного больше предыдущего.

За один проход броши (за несколько секунд) отверстия прорезаются у большого

числа изделий. Это метод массового производства. Причем отверстия можно прорезать самой различной и сложной формы, например многогранные или с канавками по окружности (см. детали, изображенные на рис. 90). Профиль зубьев на броши соответствует той форме отверстий, которые нужно получить у изделий. Просверлить отверстия такой сложной формы сверлом было бы невозможно. Вы видите, какой сложности достиг здесь принцип ножа или режущего клина!

Металлорежущие станки бывают самой различной величины и мощности. На наших заводах тяжелого машиностроения,



Работы,



выпол-



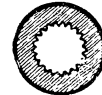
ненные



на про-



тяжном



станке

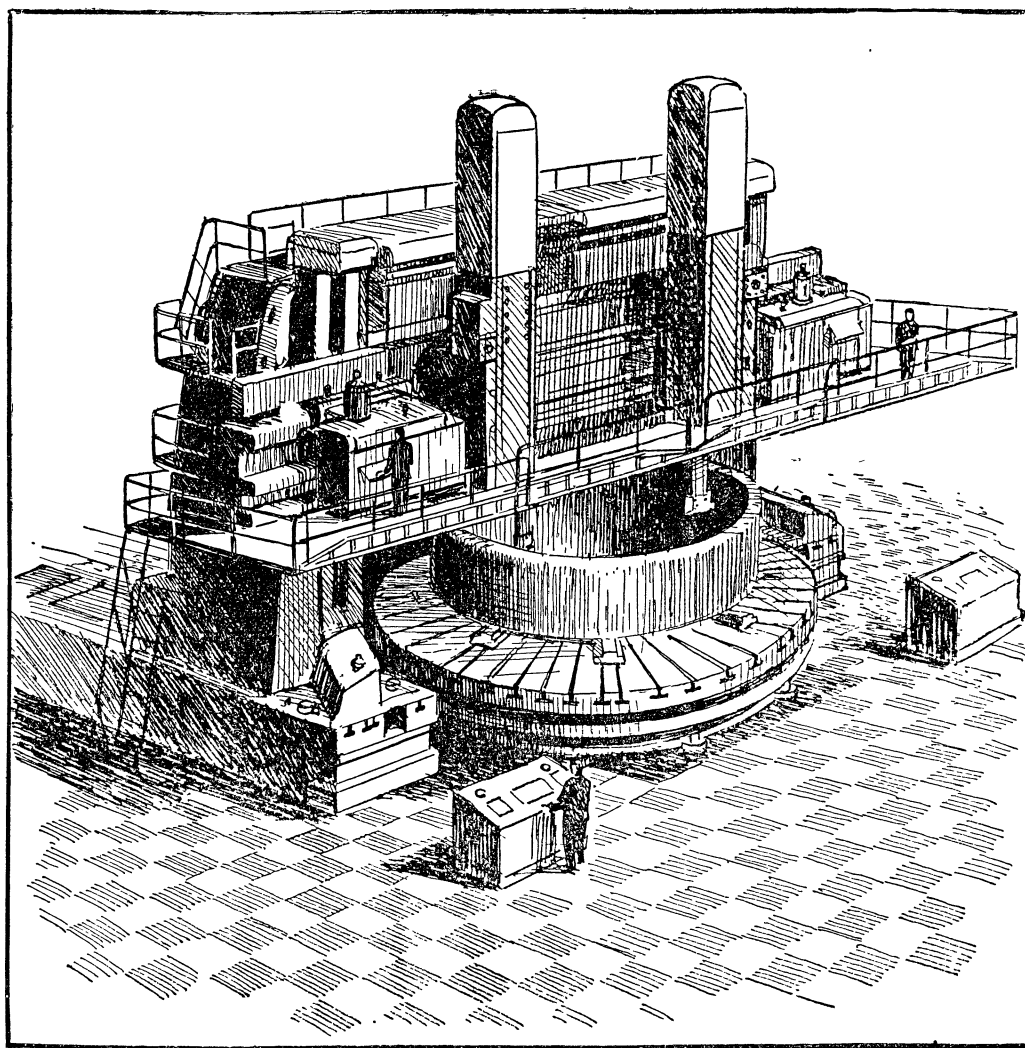
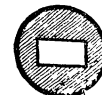


Рис. 90.

Гигантский токарный (карусельный) станок
Рис. 91.

где изготавливаются, например, громадные турбины для гидроэлектростанций, работают гигантские токарные, фрезерные и другие станки.

Посмотрите на рисунок 91. На этом станке обрабатываются «детали» — части гигантских турбин, весящие более 150 тонн и имеющие около 10 метров в диаметре. Чтобы удержать такую громадину, станок пришлось сделать карусельного типа — изделие лежит на круглой платформе и вращается вокруг вертикальной оси. Разные части станка приводятся в движение двадцатью двумя электродвигателями. Его массивные резцы развивают общее усилие до 20 тонн и за один проход срезают стальную стружку толщиной до 40—60 миллиметров.

Есть у нас и станки-карлики. Они применяются в точной механике, например при изготовлении ручных часов. Такой миниатюрный станочек можно свободно поместить на письменном столе. Секундные стрелки часов изготавливаются из латуной ленты толщиной 0,15 миллиметра, а втулки для этих стрелок — из трубочек диаметром 0,6 миллиметра. В деталях часов приходится также просверливать отверстия. Слесарь-механик С. В. Петухов создал для этого микросверло толщиной в два свитых волоса (0,1 миллиметра). Советские часовые заводы изготавливают детали с точностью до десяти тысячных долей миллиметра.

Еще некоторые потомки ножа

Мы подробно остановились на резании металлов — на машинах, изготавливающих машины.

Но принцип резания нашел широкое применение и в других производствах. Правда, он изменяется в них, приспособляясь к особенностям каждого производства — к свойствам тех материалов, которые надо резать, к условиям, в которых машине приходится работать.

Посетим некоторые производства и познакомимся на них с разными способами резания.

Начнем с близкого — зайдем в булочную или в гастрономический магазин и

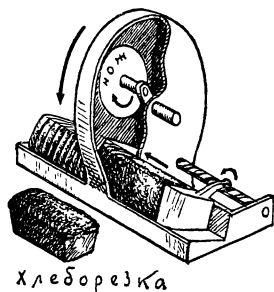


Рис. 92.

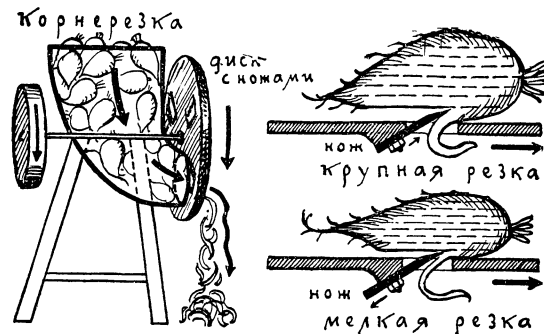


Рис. 93.

понаблюдаем работу небольших машин, которыми режут хлеб или нарезают ломтики ветчины, колбасы, сыра и др. Посмотрите, как быстро вращается ее острый дисковый нож и как он аккуратно, один за другим, отрезает тонкие ломтики, так что продавцу остается только завернуть их в бумагу. Резать приходится здесь мягкие продукты и ломки ножа опасаться нечего, поэтому он сделан в виде тонкого диска с очень малым углом режущего клина.

В деревне зайдем на животноводческую ферму колхоза, в особый механизированный цех для приготовления корма. Чтобы животные лучше усваивали корм, надо разрезать большие и жесткие корни, например кормовой моркови, на мелкие куски. Для этого здесь есть специальные машины. Вот, например, дисковая корнерезка (рис. 93). Ее главный рабочий орган — вращающийся диск с ножами. Рассмотрите его устройство. По радиусам диска сделаны прорезы, и в них выступают режущие лезвия длинных ножей. Когда корни прижимаются к диску, ножи эти, один за другим, срезают с них своего рода стружку, которой и кормят скот. Здесь стружка является основным продуктом работы машины. И к свойствам этой стружки животноводы предъявляют очень строгие требования. В этом особенность данного производства.

Чтобы стружка служила хорошим, питательным кормом, ножи диска должны срезать ее равномерно, не мять, не выжимать из нее полезный и вкусный сок. Конструкторы этих машин тщательно продумывают форму ножей, чтобы они лучше срезали стружку с нужными свойствами. Для кормления разных животных необходима различная стружка: для коров — крупная, для телят и свиней — помельче. И ножи корне-

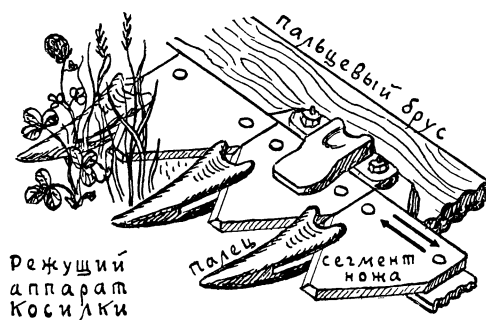


Рис. 94.

резки закреплены так, чтобы их можно было переставлять — больше или меньше выдвигать их из прорезей диска.

Но вот наступил сенокос, а за ним и уборка хлебов. На луга выехали сенокосилки, а вскоре затем на полях показались жатвенные машины и комбайны. Все они тоже имеют свой режущий аппарат — ножи, срезающие стебли травы или полевых растений. Но устройство и действие этих ножей (стальных сегментов) совершенно особое (рис. 94).

Если вы присмотритесь к длинному ряду треугольных выступов, из которых состоит режущий аппарат косилки или жатки, то заметите, что в нем есть два различных вида таких выступов. Одни из них все время движутся взад и вперед, другие же остаются неподвижными. Но и те и другие принимают участие в резании.

Нож косилки состоит из ряда острых выступающих клинков, которые движутся между неподвижными пальцами. Эти выступающие вперед неподвижные пальцы разделяют сплошную массу стеблей на отдельные полоски и направляют их в промежутки режущего аппарата косилки или жатки. Пальцы тоже имеют острые кромки и служат, как говорят, пассивным противорежущим аппаратом. Стебли зажимаются между движущимися (активными) режущими сегментами и этими неподвижными (пассивными) лезвиями и срезаются.

Перенесемся теперь в глубокую шахту, к нашим славным шахтерам-угольщикам. Им тоже приходится применять в своей работе принцип резания — резать угольные массивы. Но и здесь способы резания своеобразны.

Медленно ползет вдоль черной угольной стены приземистая врубовая машина. Впереди, на некотором расстоянии, устанавли-

вают упорную стойку, и машина сама подтягивается к ней, наматывая на барабан канат, идущий от стойки. Ее режущий орган — бар — врезается в угольный массив и прорубает в нем узкую (10—15 сантиметров), но глубокую щель. Надо сперва подрубить пласт снизу, а затем отбить и обрушить нависшую над щелью массу. Бар врубовой машины — это длинная (1,5—2 метра) металлическая рама, по краю которой движется бесконечная цепь, перекинутая через зубчатые колеса (рис. 95). На этой движущейся цепи, по всей ее длине, на определенных расстояниях укреплены острые режущие зубки — еще одна разновидность ножа, — которые и прорубают в угольном пласте щель.

Обычно бар устанавливают поперек к движению машины в горизонтальной плоскости. Но его можно повернуть и в других направлениях.

Знакомясь со способами резания металлов, мы видели, что развитие резца привело к созданию фрезы. Этот удачно найденный новый принцип вращающегося инструмента со многими резцами по окружности нашел широкое применение и в других производствах.

Торф, например, — прекрасное топливо для электростанций, и наша страна богата обширными торфяными залежами. Но добыча торфа трудоемка. Один из способов механизации торфяных разработок и состоит в фрезеровании торфа (рис. 96).

По зыбкому торфянику движется гусеничный трактор и тянет за собой машину с вращающимся цилиндром, по окружности которого насажено большое количество ножей. Ножи эти разрыхляют верхний слой торфа и превращают его в торфяную

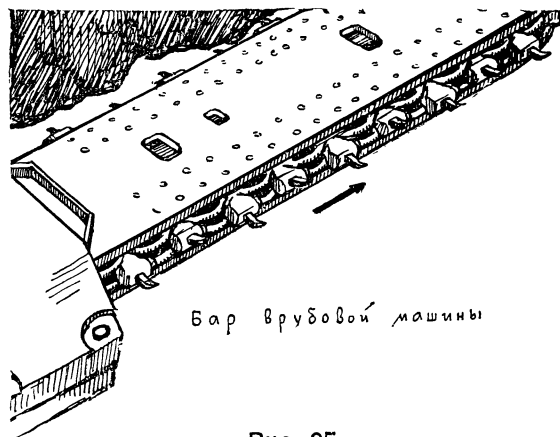


Рис. 95.

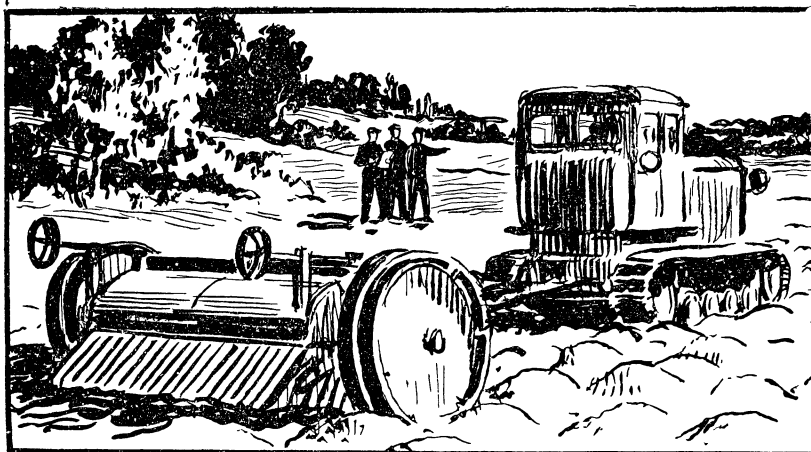
крошку, которая после высыхания хранится в больших штабелях (караванах). Торфяная фреза работает очень производительно.

Но в торфяных болотах бывает немало коряг и проч., и, попадая на них, ножи фрезы могли бы легко поломаться. Однако конструкторы предусмотрели это и сделали

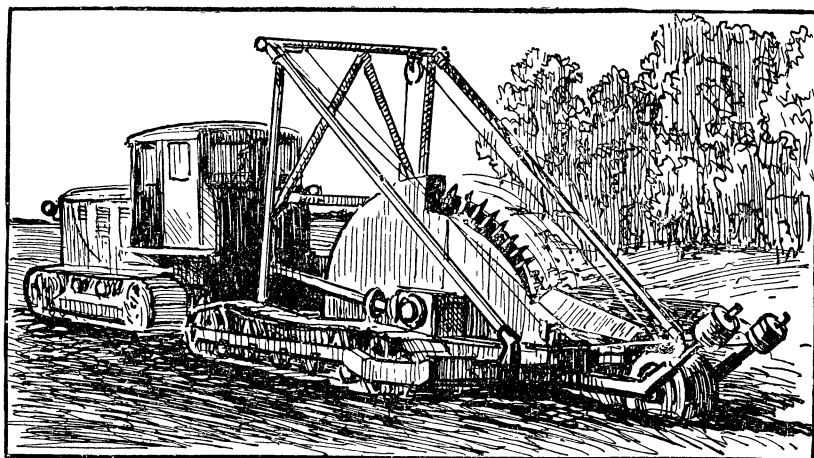
рыть в нем канавы, по которым стекала бы грунтовая вода. Нельзя ли прорыть их внутри грунта, как говорится, «под землей»? Для этого была создана своеобразная фреза, которая не только вращается в вертикальной плоскости, но в то же время совершает и качательное движение (рис. 98). От этого нижняя часть колеса раскачивается из стороны в сторону, и ножи прорывают расширяющийся книзу канал. Вслед за фрезой движутся два вращающихся диска, которые сближают верхние части стенок канала.

Принцип фрезы используется и в дорожных машинах. Большое колесо с ножами по окружности разрыхляет здесь земляное полотно будущего шоссе.

Широкое применение в разных производствах нашёл также и принцип сверла. В горных работах постоянно приходится бурить скважины (шпуры) глубиной до 3—



Фрезерование торфа
Рис. 96.



Машина, прорывающая осушительные дрены
Рис. 97.

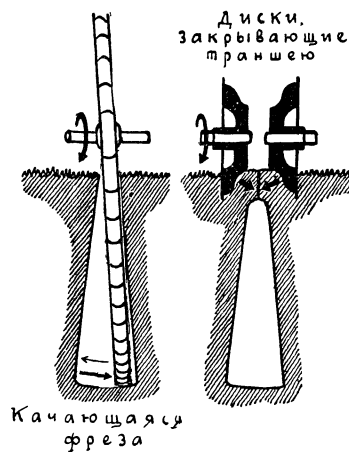


Рис. 98.

ножи пружинящими. Попадая на препятствие, ножи отжимаются назад без повреждения, а потом опять возвращаются на свое место.

Здесь же, на торфяных разработках, мы найдем и другое интересное применение фрезы. Болото надо предварительно осушить, а для этого дренировать, то есть про-

рыть в нем канавы, по которым стекала бы грунтовая вода. В них закладывают заряд взрывчатого вещества и действием взрыва откалывают и дробят горную породу. Для бурения шпуров применяют электрические сверла или инструменты, работающие сжатым воздухом.

Мощные электросверла, весящие до 120 килограммов, уже нельзя удержать в руках, и

их приходится устанавливать на прочных колонках.

Но еще более мощные и сложные бурильные устройства — потомки сверла — применяются при бурении глубоких нефтяных скважин. Буровой инструмент этих устройств проникает в нефтеносные пла-

сты, лежащие на глубине 3—4 километров и больше.

Раньше применялся ударный способ бурения — тяжелую штангу с долотом на конце высоко поднимали лебедкой, а затем она падала, дробя и углубляя дно скважины. Но и здесь возвратно-поступательное движение уступило место принципу вращения. Правда, вначале ротационное бурение было еще несовершенным — приходилось вращать всю длинную стальную трубу, опущенную в глубокую скважину, а она уже передавала вращение буровому инструменту, сверлящему дно скважины.

Советский изобретатель М. А. Капелюшников перенес источник вращения инструмента глубоко под землю. Он устроил небольшую гидротурбину, непосредственно связанную с буровым инструментом. Сверху по трубе льется жидкость — глинистый раствор (рис. 99), который приводит турбину во вращение, а вместе с ней вращается и буровой инструмент. Но у турбобура появился серьезный соперник — бур электрический: в глубине скважины работает герметически закрытый электродвигатель, приводящий во вращение буровой инструмент. В режущих частях этого инструмента можно узнать видоизменение его предка — простого сверла.

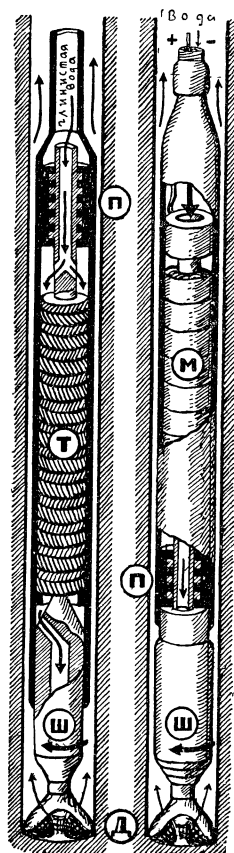


Рис. 99.
Т — гидротурбина,
М — электродвигатель,
Ш — шпиндель, Д — долото, П — опорный подшипник

Как режут землю

Развитие принципа резания можно уподобить дереву со многими ветвями, расходящимися от общего ствола. Вот еще одна большая и важная его ветвь — развитие способов копания земли. Родоначальником этой ветви была простая лопата. А потомками ее являются разнообразные современные мощные землеройные машины: экскаваторы, скреперы и др. Землю тоже приходится резать, и всякая лопата — это, по существу, разновидность ножа, особая форма режущего клина.

Посмотрите на ковш экскаватора, как он врезается в землю своей передней кромкой (рис. 100). Именно здесь, на передней кромке ковша, находится режущая часть этой громадной механической лопаты. Чтобы лучше разрыхлять плотную, слежавшуюся землю, режущая кромка ковша снабжается

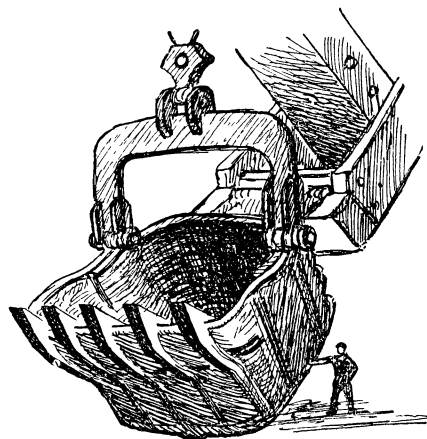


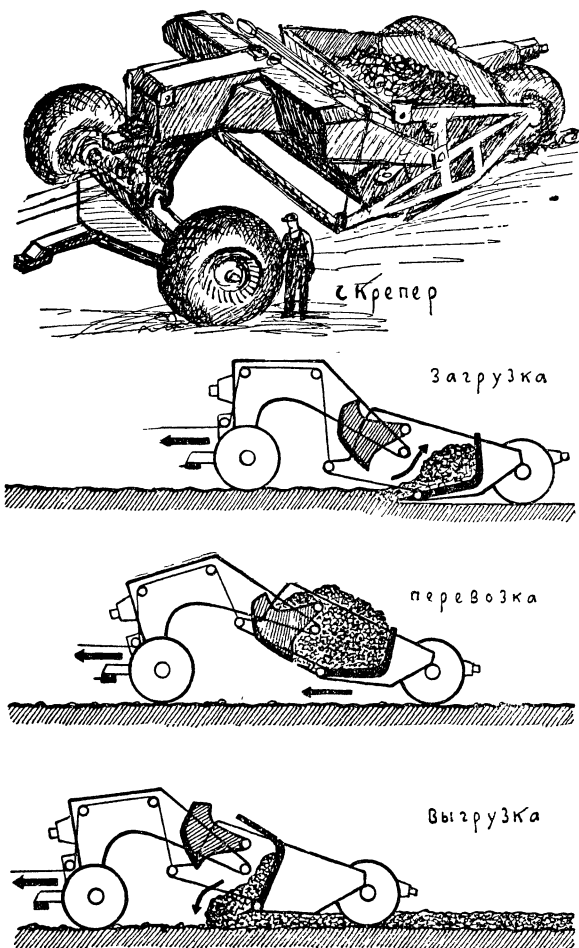
Рис. 100.
Ковш экскаватора

выступающими вперед крепкими и острыми зубьями. Ученые разработали теорию резания земли, что помогло создать лучшие режущие части землеройных машин.

В земляных работах резание тесно связано еще с одной очень важной операцией — вынутую землю надо удалить, перенести в другое место. Работая лопатой, землекоп не только срезает землю, но и отбрасывает ее в сторону. Ковш экскаватора хорошо сочетает эти две операции: он срезает землю и наполняется ею; затем стрела, поворачиваясь, относит ковш в сторону, и здесь земля высыпается на отвал.

Гигантские шагающие экскаваторы переносят вынутую землю на 100 метров и

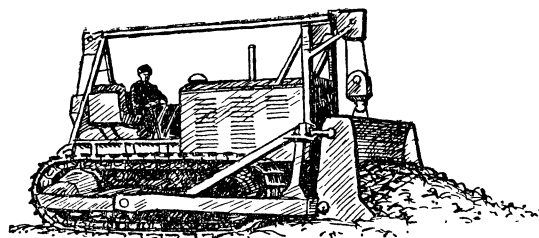
больше. Но часто бывает нужно отвозить вынутую землю на еще гораздо бóльшие расстояния. Тогда применяется другой вид машины-лопаты — скрепер (рис. 101). Его тянет за собой трактор. Когда надо начать копать, в нижней части скрепера опускается большая стальная лопата и ее острая передняя кромка врезается в землю,



Работа скрепера
Рис. 101.

Подобно огромному рубанку, скрепер срезает толстый слой земли — земляную стружку. По наклонной лопате земля эта поступает внутрь скрепера и заполняет его. А когда он заполнен, лопата поднимается, и скрепер отвозит и выгружает землю в нужном месте.

А вот еще одно ответвление в развитии лопаты — бульдозер (рис. 102). Перед гусеничным трактором укреплен щит с заостренной нижней кромкой. Он тоже сре-



Бульдозер
Рис. 102.

зает земляную стружку (толщиной до 30 сантиметров) и толкает эту землю перед собой. Щит можно поставить косо, и тогда бульдозер будет сдвигать срезанную землю в сторону. Так делают при прокладке дорог. Тот же принцип применяют и для сгребания снега с мостовых городских улиц.

В развитии принципа резания от орудий, копающих землю, отделилась еще одна ветвь особого и большого значения — это ветвь плуга, ветвь орудий, пашущих почву для возделывания на ней сельскохозяйственных растений. Плуг тоже режет землю, но режет ее совершенно особым образом. Ведь перед ним стоит задача — создать лучшие условия для жизни и развития культурных растений и полезных микроорганизмов почвы. Правильная пахота должна отвечать сложным требованиям агробиологической науки.

Пахать землю люди начали очень давно. На рисунках 103—108 вы видите предков современного плуга, как шло его развитие от первобытной ручной мотыги к деревянной сохе и от нее — к стальному плугу, сперва конному, а потом и тракторному. Обратите внимание на то, как развивался и улучшался главный рабочий орган плуга, его режущая часть — корпус.

из истории плуга



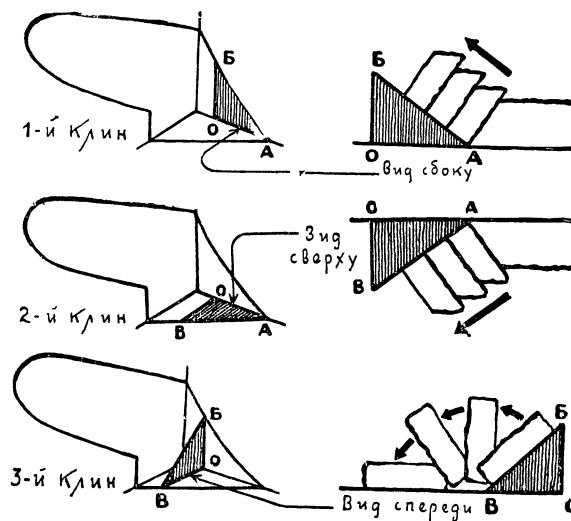
Рис. 103.

Старинные сохи очень плохо и на небольшую глубину рыхлили лишь самый верхний слой почвы. Но вот перед нами современный плуг (рис. 108 и 110). Постарайтесь лучше разобраться в его устройстве и действии и обязательно наблюдайте это в поле, на работающем плуге.

Рабочий орган плуга (его корпус) состоит из двух главных частей: лемеха (нижней части) и отвала (верхней части), отогнутого в сторону. Во время движения плуга вперед лемех подрезает нижнюю часть земляного пласта, приподнимает ее и передает на отвал. Отвал же поднимает отрезанный пласт еще выше и благодаря своей сложной изогнутой форме оборачивает его, а затем кладет в борозду. При этом пласт крошится на мелкие части.

Работа плуга очень сложна. Русский ученый, академик В. М. Горячкин долго и тщательно изучал сущность пахоты и впервые в мировой науке разработал ее теорию. Он понял, что лемех и отвал плуга действуют на пласт почвы как сложный клин, состоящий как бы из трех клиньев, расположенных в разных плоскостях (рис. 109). Первый клин отрезает пласт от дна борозды и поднимает его на себя; второй клин отрезает пласт от боковой стенки борозды и отодвигает его в сторону; наконец, третий клин (самый сложный — изогнутый и с все возрастающим углом) все более наклоняет пласт в сторону борозды и оборачивает его. Конечно, при работе плуга все эти три клина действуют одновременно.

В создании современной науки о почве и ее правильной обработке выдающуюся роль сыграли русские ученые В. В. Докучаев, П. А. Костычев и передовой советский ученый В. Р. Вильямс. Академик Вильямс всю свою жизнь отдал борьбе за осуществление в нашей стране научно поставленного земледелия, обеспечивающего



Принцип клина в работе плуга
Рис. 109.

высокие и устойчивые урожаи. Глубоко изучив свойства почвы и жизнь сельскохозяйственных растений, он ясно понял, что для плодородия почвы, для получения хорошего урожая очень важно создание мелкокомковатого строения почвы, накопление в ней влаги и борьба с сорняками. А чтобы осуществить это, нужны особые способы пахоты и особые плуги.

По учению В. Р. Вильямса, как только сжат и убран с поля хлеб, надо тут же неглубоко (на 4—5 сантиметров) взрыхлить почву. Такая неглубокая пахота производится особой машиной — лушильником, а самый процесс обработки почвы называется лушением. Лушение создает благоприятные условия для развития сорняков, и у них быстро начинают расти корни и стебли. Казалось бы: что за странная забота о сорняках? Но это делается для того, чтобы за-

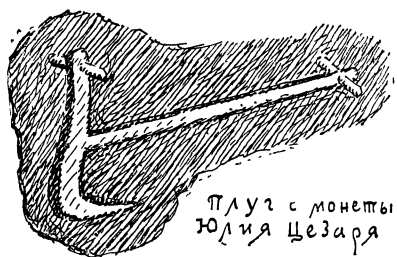


Рис. 104.

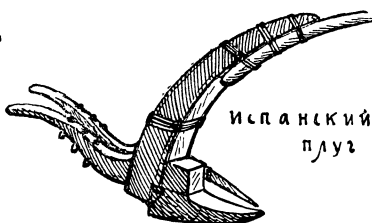


Рис. 105.

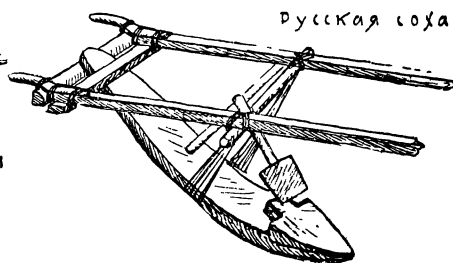
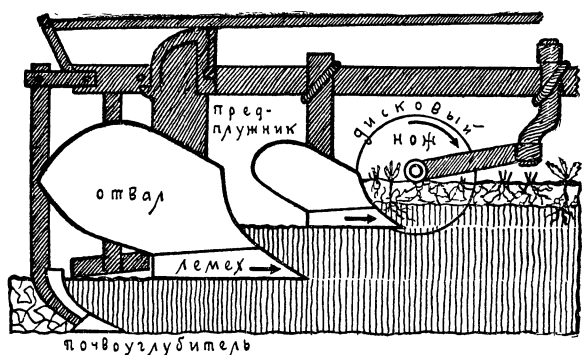


Рис. 106.



Работа плуга с предплужником

А — верхний слой с сорняками, снятый предплужником
Б — нижний слой, снятый плугом.

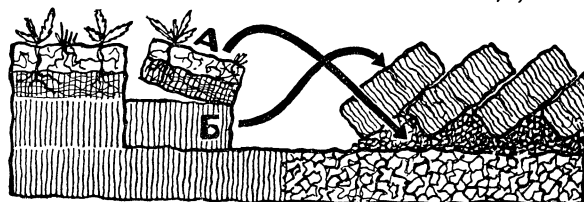


Рис. 110.

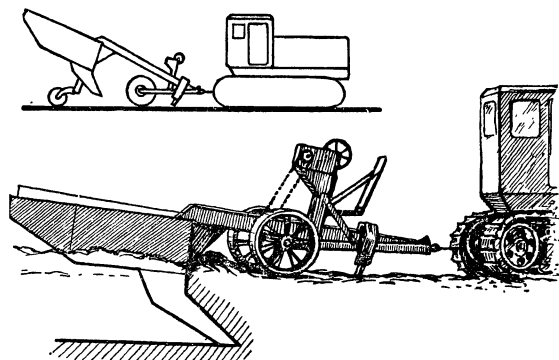
тем лучше уничтожить их. Дней через пятнадцать — двадцать производят основную, глубокую вспашку, зарывая проросшие сорняки глубоко в землю.

Но для этого надо было создать специальный плуг. И советские ученые создали плуг с предплужником (рис. 110).

Если вы внимательно рассмотрите такой плуг, то увидите, что перед каждым его большим, главным корпусом установлен небольшой плужок. Это и есть предплужник. Двигаясь впереди, он срезает слой почвы (толщиной около 10 сантиметров), в котором развились сорняки, и сбрасывает его на дно борозды. А затем надвигается основной, большой корпус плуга, который подрезает слой почвы на глубину 20—30 сантиметров. Лемех и отвал основного корпуса поднимают вверх этот нижний слой почвы, разрыхляют его и кладут в борозду — поверх уже лежащего в ней верхнего слоя, срезанного предплужником. Верхний слой почвы с проросшими сорняками оказывается, таким образом, внизу, и сорняки там гибнут.

Развитие техники сложно, и в нем подчас борются различные пути, различные методы производства. Талантливый советский колхозный ученый Т. С. Мальцев раз-

работал новый способ пахоты (один раз в четыре — пять лет) на еще большую глубину, до 45—50 сантиметров, но без переворачивания пласта. Плуг Мальцева не имеет не только предплужников, но и отвалов. Проверка нового способа обработки почвы на практике показала, что он способствует созданию высокого плодородия. В земледелии при выборе того или другого способа обработки полей очень важно учитывать местные особенности почвы, климата и др. и не применять по шаблону везде один и тот же способ.



Канавокопатель
Рис. 111.

ИЗ ИСТОРИИ ПЛУГА

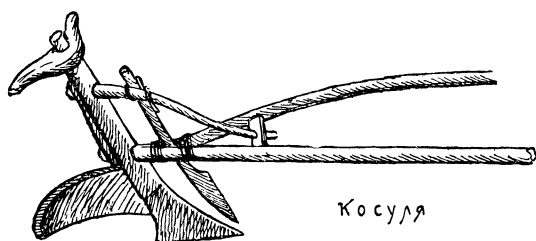


Рис. 107.

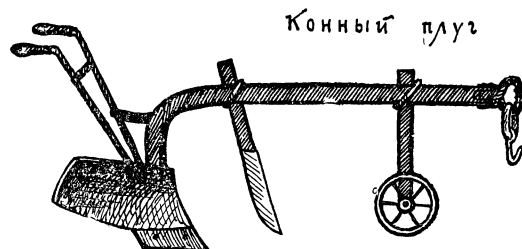


Рис. 108.

Плуг возник и развился в сельскохозяйственном производстве. Но принцип плуга нашел применение и в других областях техники.

Перед нами канавокопатель (рис. 111). Это, в сущности, тоже плуг, но громадных размеров. Он оставляет за собой «борозду» — канаву — глубиной 1 метр и шириной в верхней части более 3 метров. Есть также специальные плуги для осушения болот. Они прорывают подземные (закрытые) осушительные дрены.

Сила водяной струи

Есть у принципа резания и еще одна молодая ветвь. Это гидромеханизация — действие сильной водяной струи. Мы привыкли в обыденной жизни считать струю воды чем-то слабым и маломощным и часто не подозреваем об огромных возможностях ее механического действия. А между тем, если создать водяную струю, текущую с очень большой скоростью, она приобретает громадную силу и мощность и может не только размывать и разрыхлять землю, но даже дробить крепкие каменные породы (рис. 112). Ее дробящее действие на твердые материалы можно сравнить с резанием.

В первые годы советской власти В. И. Ленин горячо поддержал предложение талантливого русского инженера Р. Э. Классона применить способ гидромеханизации для разработки торфа.

Сильную сосредоточенную струю воды направляют на торфяной массив. Вода разрыхляет, размывает его и превращает в полужидкую кашу — гидромассу. Эта масса засасывается затем насосом, дополнительно перетирается и уже в совершенно разжиженном виде перекачивается по трубам на поля сушилки. Здесь она разливается тонким слоем и сушится.

Ценность способа гидромеханизации состоит не только в том, что водяная струя дробит и размывает породу, — вода служит также очень удобным и дешевым средством транспортирования разжиженной массы на значительное расстояние.

Главным рабочим органом, создающим сильную струю воды, служит гидромонитор. Это родной брат знакомого, вероятно, вам пожарного брандспойта — короткая металлическая труба, суживающаяся к концу. Мощный насос по шлангу подает в нее воду под высоким давлением. Благодаря узкому

отверстию наконечника вытекающая из него струя воды получает большую скорость. Напор в гидромониторах достигает 20 атмосфер, а скорость струи — 90 метров в секунду.

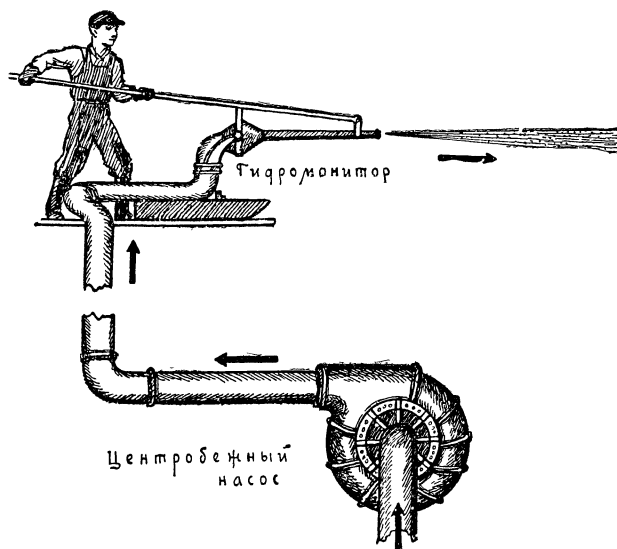
Гидромонитор устанавливают на подвижной стойке. Его можно поворачивать вправо и влево, вверх и вниз и этим направлять струю воды в нужное место.

Способ гидромеханизации оказался очень удобным, простым и выгодным. Он отличается и высокой производительностью. В нашей стране громадные залежи ценных ископаемых иногда находятся на небольшой глубине. В этих открытых горных разработках мощной струей воды сперва снимают тонкий слой пустой породы, покрывающей полезное ископаемое, а потом ею же разрабатывают и самую руду.

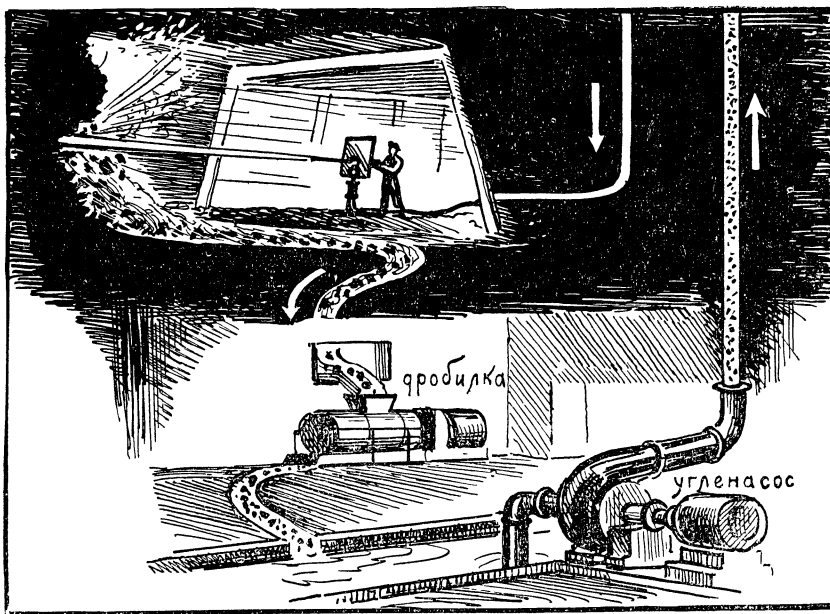
Проникает гидромеханизация и в шахты. Управляя гидромонитором, шахтер направляет мощную водяную струю в нужные места угольного массива, и она дробит его и отбивает глыбы угля. А затем эта же вода транспортирует отбитый уголь по подземным каналам, заменяя транспортеры и рудничные электропоезда (рис. 113—114).

Особенно большое значение приобрела работа водяной струи на наших стройках при выполнении невиданных по своей грандиозности земляных работ.

На строительстве гигантских волжских гидроэлектростанций работают, например, плавучие землесосные снаряды (рис. 115).



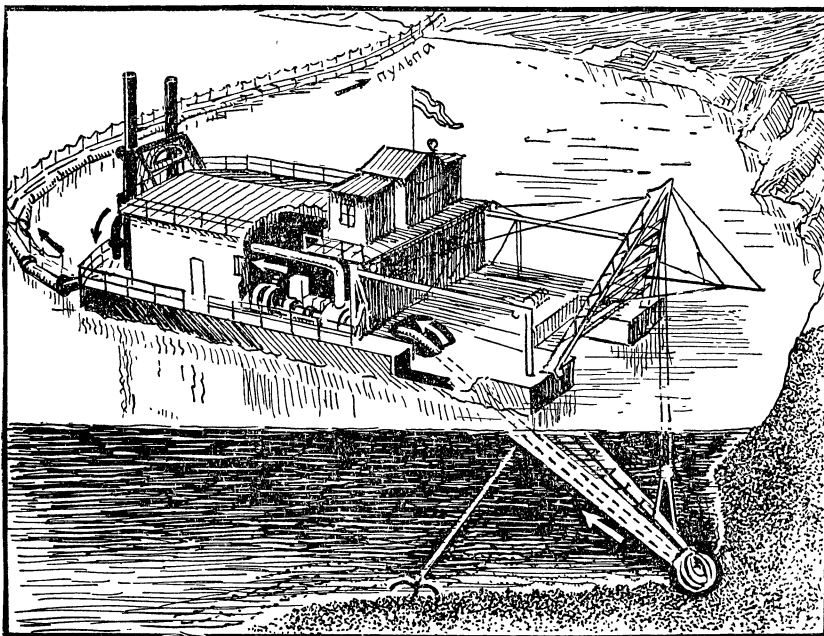
Работа сильной струей воды
Рис. 112.



Гидромеханизация в угольной шахте
Рис. 113—114.

Это целое судно, представляющее собой громадную плавающую машину. Толстая гибкая всасывающая труба опускается с него под воду к тому месту дна или берега, с которого должна быть вынута земля. Гидромонитора, правда, здесь нет; зато на вса-

сывающем конце трубы вращается большая фреза, которая своими ножами разрыхляет грунт. Образующаяся размягченная полужидкая масса (пульпа) сильным насосом отсасывается по трубе в земснаряд, а отсюда по другой трубе перекачивается на большое расстояние в место отвала. Производительность плавучих земснарядов очень высока — они вынимают за час до 500 и даже до 1000 куб. метров грунта. Вода работает и как строитель. Из полужидкой пульпы, которая размыва земснарядом и насосом нагнетается по трубам, намывают огромные плотины и дамбы. Пульпа вытекает из трубы, проложенной вдоль будущей плотины. По краям



Землесосный снаряд
Рис. 115.

сывающем конце трубы вращается большая фреза, которая своими ножами разрыхляет грунт.

Образующаяся размягченная полужидкая масса (пульпа) сильным насосом отсасывается по трубе в земснаряд, а отсюда по другой трубе перекачивается на большое расстояние в место отвала. Производительность плавучих земснарядов очень высока — они вынимают за час до 500 и даже до 1000 куб. метров грунта.

Вода работает и как строитель. Из полужидкой пульпы, которая размыва земснарядом и насосом нагнетается по трубам, намывают огромные плотины и дамбы. Пульпа вытекает из трубы, проложенной вдоль будущей плотины. По краям

Между твердым и жидким

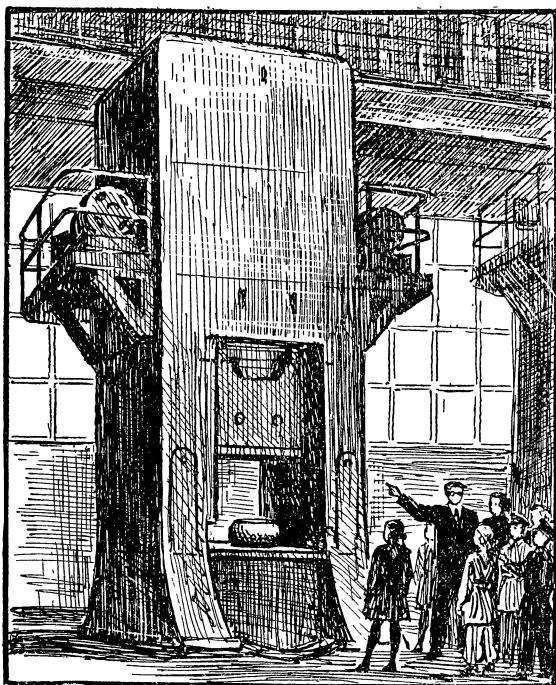
О принципе резания мы говорили так обстоятельно потому, что он имеет большое значение в работе многих машин. И на нем хорошо видно, как развиваются и видоизменяются общие технические принципы. Но прогресс техники создал новые, еще лучшие и более производительные способы обработки, которые в ряде случаев идут на смену резанию.

Очень давно, как только люди стали пользоваться металлами, возникло и кузнечное дело. Читая старинные книги, мы постоянно встречаем в них упоминания о работе кузнецов. При этом

профессия кузнеца всегда считалась почетной, так как люди сознавали ее большое значение.

Приходилось ли вам наблюдать, как работают кузнецы, как они сперва в горне докрасна накаляют куски металла, а потом на наковальне ударами молота расплющивают их, вытягивают, изгибают и вообще придают им нужную форму? В горячем состоянии, нагретая до тысячи градусов и выше, даже самая твердая сталь размягчается. Металл становится пластичным подобно воску и даже приобретает способность течь наподобие жидкости. Под ударами кузнечного молота, под большим давлением, кусок металла изменяет свою форму — он как бы течет вроде очень густой, вязкой жидкости.

Принцип обработки металлов давлением в горячем и размягченном пластическом состоянии оказался очень плодотворным и завоевывает себе все большее место в современной технике. С развитием машин ручной молот и наковальню кузнеца заменили гигантские механические молоты, которые наносят до трехсот мощных ударов в минуту по поковке. Возникли и совершенно новые методы пластической обработки металлов.



Кузнечный пресс
Рис. 116.

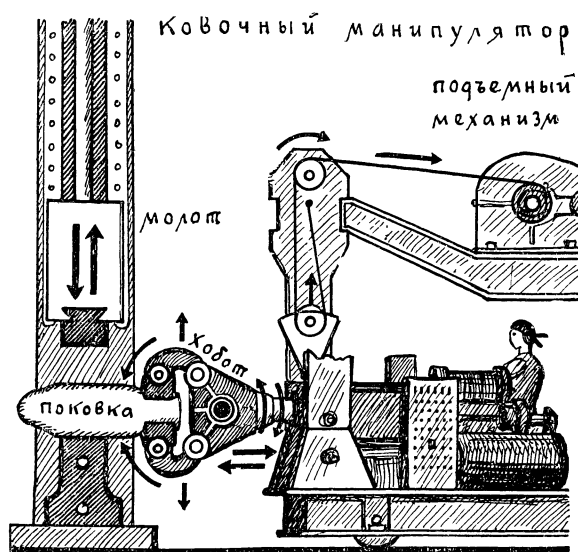


Рис. 117.

На наших машиностроительных заводах кузнечные цехи оборудованы мощными и сложными машинами. Зайдем в один из таких цехов. Уже издали встретит нас грохот тяжелых «ухающих» молотов. А рядом с ними мы увидим могучие прессы, которые как-то странно тихо, но с огромной силой нажимают на большие куски раскаленного металла. Как на молотах, так и на прессах можно выполнять два рода пластической обработки: свободную ковку и штамповку.

Вот перед нами производится свободная ковка механическим молотом. На громадной наковальне (шаботе) лежит раскаленная поковка. Кузнец — вернее, машинист молота — с помощью стальных механических рук (манипуляторов) ловко поворачивает поковку, прикладывает к ней сверху, снизу или с боков различные приспособления, помогающие придать ей нужную форму, а затем поворачивает рычаг управления, и молот быстро наносит нужное число мощных ударов (рис. 117).

Но свободная ковка — сравнительно старый метод работы. Ее постепенно заменяет штамповка — новый, более совершенный способ пластической обработки.

Рассмотрим главный рабочий орган, с помощью которого производится штамповка (рис. 118). Это штамп — своего рода стальная форма, состоящая из двух половин: нижней и верхней. Нижняя часть укреплена неподвижно, и на нее кладется горячая заготовка. Верхняя же часть штампа ударяет по ней вместе с бабой молота

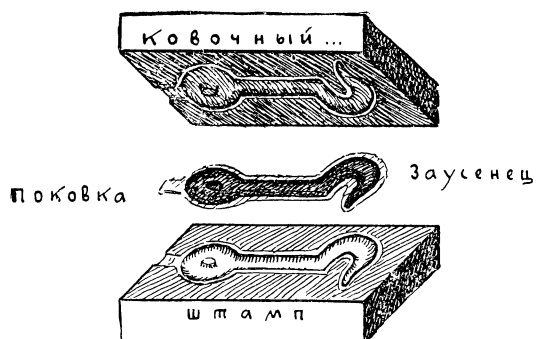


Рис. 118.

или нажимает на нее вместе с подвижной частью пресса. Как в верхней, так и в нижней части штампа вырезаны углубления (ручьи), форма которых соответствует нужной форме будущей поковки. Когда нагретая и размягченная заготовка с большой силой сжимается между обеими половинами штампа, пластичный металл как бы растекается по этим ручьям, заполняет их и принимает необходимую форму. Поковки более сложной формы часто штампуют не с одного раза, а последовательно в нескольких штампах, ручьи которых сделаны так, чтобы изделие постепенно все более точно принимало нужную форму.

Из тонких металлических листов можно штамповать и в холодном состоянии — они обладают достаточной пластичностью. Так штампуются, например, не только миски и

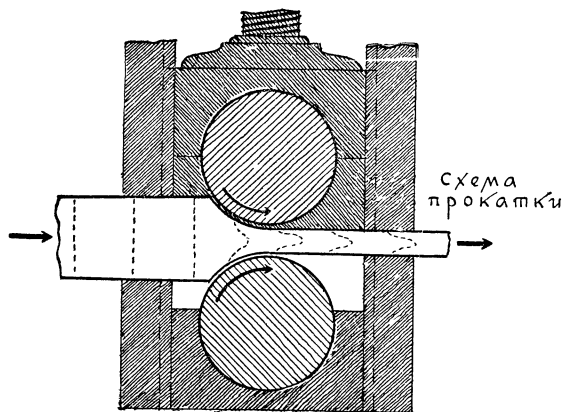


Рис. 119.

кастрюли, но и некоторые части автомобилей, самолетов и др.

Способ штамповки очень прост и в сотни раз повышает производительность труда. Правда, изготовление самих штампов до-

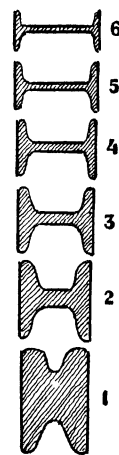
вольно сложно и обходится дорого. Но в массовом производстве, где приходится штамповать тысячи одинаковых изделий, расходы эти вполне окупаются.

Принцип штамповки, обработки давлением в горячем пластическом состоянии начинается все шире применяться в разных производствах. Он породил даже целую новую и большую область техники — технику пластических масс.

Пластмассы! На каждом шагу встречаем мы разнообразные изделия из этих замечательных материалов: посуду, письменные приборы, части электротехнических аппаратов и многое другое. Из прочных пластмасс изготавливают многие части автомобилей, самолетов и других машин, делают даже зубчатые колеса, передающие значительные усилия. Пластмассы — это новый материал, обладающий многими ценными свойствами: прочностью, иногда не уступающей прочности металлов, химической стойкостью, красивым видом и проч.

Не будем подробно останавливаться на том, как изготавливаются сами пластмассы, — это вопрос химического производства. Скажем только, что делаются они из самого различного сырья с добавкой склеивающих смолистых веществ. Когда смесь в виде хорошо размельченного порошка готова, из нее штампуют изделия нужной формы. Пластические массы потому так и называются, что обладают большой пластичностью. А чтобы сделать их еще более пластичными, их нагревают до высокой температуры. Приготовленной смесью наполняют форму (прессформу). Здесь ее плотно сжимают подвижной частью прессформы, прогревают, выдерживают небольшое время — и изделие готово. Стенки прессформы прогреваются изнутри проложенными в них электрическими нагревателями.

Если вы когда-нибудь попадете на кондитерскую фабрику, вы и там можете увидеть обработку веществ в нагретом, размягченном или даже жидком состоянии. Так формируются шоколадные плитки или различные фигурки и другие фасонные кондитерские изделия. Приготовленную массу сперва подогревают. Потом этой своеобразной «пластмассой» заполняют формы, и она



Калибровка балок

Рис. 120

хорошо проникает во все их фигурные углубления. Заполненные формы на конвейере въезжают в холодильную камеру, чтобы масса в них затвердела. И наконец из форм вынимают готовые изделия.

Но вернемся к металлу. Есть еще один важный принцип обработки металла в горячем, пластическом состоянии — это прокатка (рис. 119).

Главная, рабочая часть прокатного стана — клеть — состоит из вращающихся валков, между которыми проходит обрабатываемый металл. Валки вращаются друг другу навстречу. Они захватывают раскаленный слиток, с громадной силой сжимают его и проталкивают дальше, так что слиток все время движется вперед между валками. Пока он проходит между ними, горячий размягченный металл от очень сильного сжатия течет и изменяет свою форму.

Конечно, нельзя превратить толстый, короткий слиток в длинную тонкую полосу, пропустив его один раз между парой валков. Для этого надо пропустить слиток между несколькими парами валков, которые прокатывают его все больше и больше.

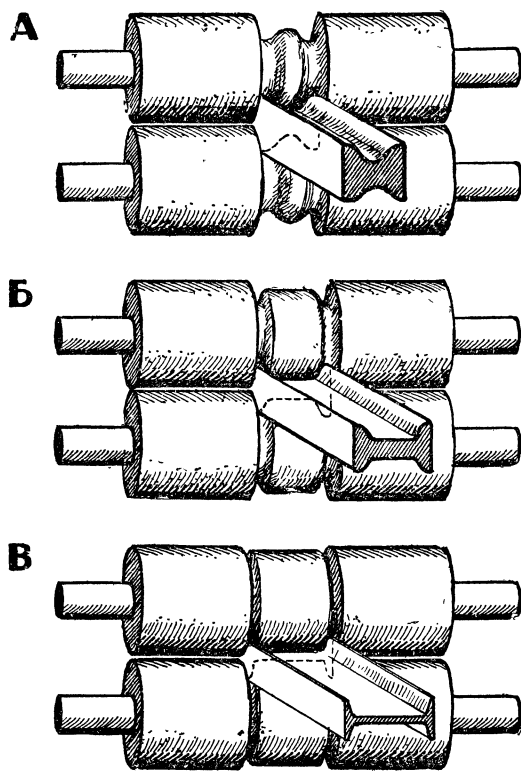


Рис. 121.

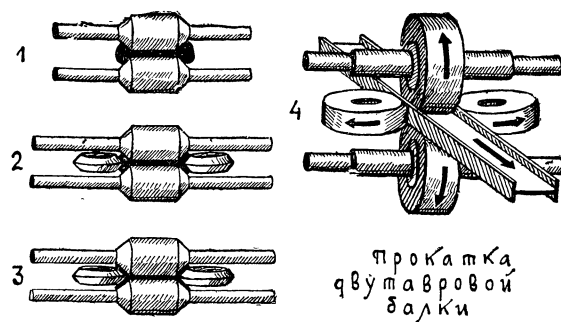


Рис. 122.

В прокатном цехе можно увидеть, как одна и та же полоса металла последовательно проходит через целый ряд клетей с валками. При этом клетки прокатных станов расставлены по цеху так, чтобы металл непрерывно, без задержек переходил из одной в другую.

В прокатном деле мы снова видим применение принципа вращающегося колеса, которое превратилось здесь в массивные валки, сжимающие раскаленный металл. Вращательное движение и здесь обеспечивает непрерывность рабочего процесса и высокую производительность.

Рельсы и многие балки в сечении бывают довольно сложной формы. В строительном деле, например, часто применяют двутавровые балки, имеющие в поперечном разрезе профиль в виде буквы Н. Чтобы прокатать изделие такого сложного профиля, валки станов по окружности должны иметь углубления соответствующей формы (рис. 120 и 121). Когда валки захватывают полосу металла и сжимают ее, она вдавливается в эти углубления. При этом будущая балка последовательно проходит через целый ряд подобных углублений, которые сделаны так, что балка в них сперва приблизительно, а потом все точнее принимает нужную форму. На рисунке 122 показан и другой способ прокатки двутавровой балки.

Интересна работа новых автоматических листопрокатных станов непрерывного действия. Для прокатки металлических листов валки имеют гладкую поверхность. Станы эти отличаются высокой производительностью: за каждый час они прокатывают от 100 до 250 тонн металла и превращают исходный материал толщиной до 20 сантиметров в листы толщиной в несколько миллиметров и шириной до 2,5 метра.

Машины высоких урожаев

По решению Коммунистической партии, в нашей стране происходит дальнейший крупный подъем социалистического земледелия и животноводства.

Поэтому познакомимся с работой тех машин, которые применяются в нашем сельском хозяйстве.

Сельскохозяйственные машины так или иначе имеют дело с растениями или животными, то есть с живыми существами, со средой, в которой они живут (почвой), или с продуктами их жизни. Это предъявляет особые требования к сельскохозяйственным машинам и налагает отпечаток на всю их работу.

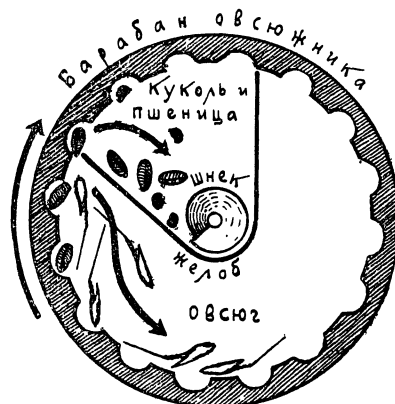
Сельскохозяйственные машины применяются на разных ступенях развития полевых и огородных растений — от посева семян или посадки молодой рассады до уборки созревших растений и переработки их продуктов. Именно в этом порядке лучше всего и познакомиться с ними.

О пахоте мы уже говорили: она подготавливает почву — ту среду, в которой будут жить растения. Надо также подготовить хорошие семена для посева, отсортировать, очистить их от загрязняющих примесей.

Из зерноочистительных машин рассмотрим интересную работу триера (рис. 123). Его задача — очистить семена культурного растения, например пшеницы, от семян сорняков. Семена являются здесь тем материалом, тем предметом, над которым машина производит свою работу, и конструкторам этих машин надо было выбрать такое свой-

ство семян, которое можно было бы положить в основу работы машины. Таким свойством оказалась различная длина семян. Дело в том, что семена одного сорняка (куколя) короче зерен пшеницы, а семена другого сорняка (овсюга), наоборот, длиннее их. Триер и производит очистку семян по их длине.

Главным рабочим органом этой машины служит вращающийся барабан (рис. 124), в толстых стенках которого, на их внутренней поверхности, сделаны маленькие углубления — ячейки, в которые могут входить зерна. Внутрь барабана подается очищаемое



Очистка пшеницы от овсюга
Рис. 125.

зерно. И когда барабан вращается, зерна, попавшие в эти ячейки, вместе с ними поднимаются вверх. Но ячейки в стенке триера сделаны строго определенной величины — такой, чтобы более короткие зерна пшеницы в них умещались, а более длинные семена

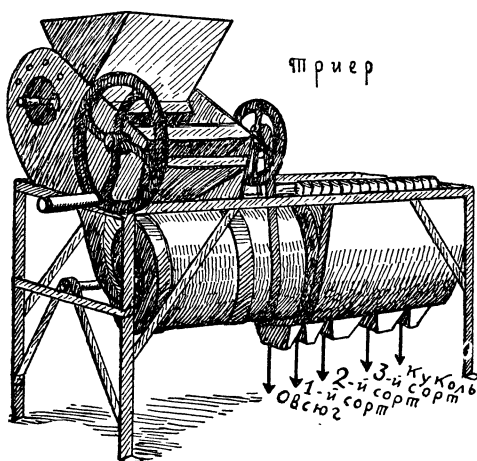


Рис. 123.

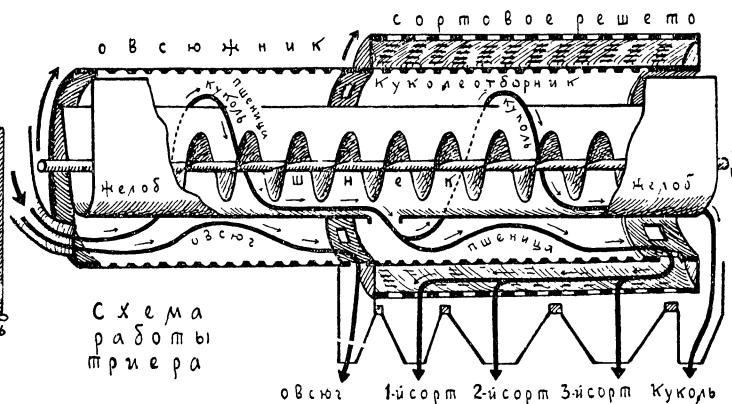
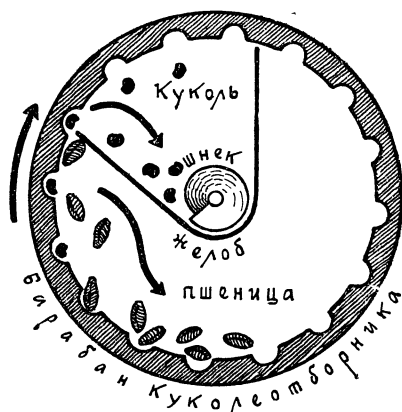


Рис. 124.

овсюга не умещались. Поэтому зерна пшеницы поднимаются вверх вместе с ячейками вращающегося барабана. Там, наверху, ячейки как бы запрокидываются отверстиями вниз, и зерна из них высыпаются. Они падают в желоб, установленный внутри барабана на некоторой высоте (рис. 125). Более же длинные семена овсюга, не уместившиеся в ячейках, не поднимаются вверх, а остаются внизу. Так происходит отделение пшеницы от длинных семян сорняка.

Но вместе с зернами пшеницы в ячейки барабана входят и более короткие семена другого сорняка — куколя. Они подни-



Очистка пшеницы от куколя
Рис. 126.

маются вверх и попадают в желоб. Как же очистить семена пшеницы и от этой вредной примеси? Для этого зерна из верхнего желоба поступают во вторую часть триера. Она похожа на первую, но ячейки в стенках барабана сделаны немного помельче. Величина ячеек как раз такова, что в них умещаются только семена куколя (рис. 126). Поэтому теперь в ячейках стенки поднимаются вверх и попадают в желоб семена сорняка. Зерна же пшеницы остаются внизу. Они очищены как от более длинных, так и от более коротких семян сорняков. Как видите, триер — очень остроумно построенная машина.

Но вот семена готовы, и их надо посеять в почву. Теперь очередь за сеялками. Сеялка должна равномерно разместить семена по площади поля правильными рядами или гнездами на определенную глубину, а затем заделать их землей. И здесь семена являются материалом, над которым машина производит свою работу. Все ее

рабочие органы должны быть приспособлены к ним (рис. 127).

Семена находятся в ящике сеялки, из него через особый высеваший аппарат поступают в семяпроводы и по ним спускаются в сошники, которые прорывают в почве бороздки и укладывают в них семена. Главной частью сеялки является ее высеваший аппарат. Присмотримся к нему внимательнее. Под большим ящиком с семенами находятся небольшие семенные коробки, в которых вращаются стальные катушки. На поверхности этих катушек выступают продольные ребра. При вращении катушки каждое ее ребро захватывает из коробки определенное количество семян и направляет их в семяпровод.

Но при посеве нужно регулировать количество высеваемых семян: сеять их в одних случаях больше, а в других — меньше. Для этого катушки высевашего аппарата сделаны так, что их можно больше или меньше вдвигать в семенные коробки или выдвигать из них. Чем больше вдвинута туда катушка, тем большей станет ее работающая поверхность с ребрами, захватывающая семена. Она будет захватывать и высевать больше семян, и посев будет более густым. И наоборот, если выдвинуть ка-

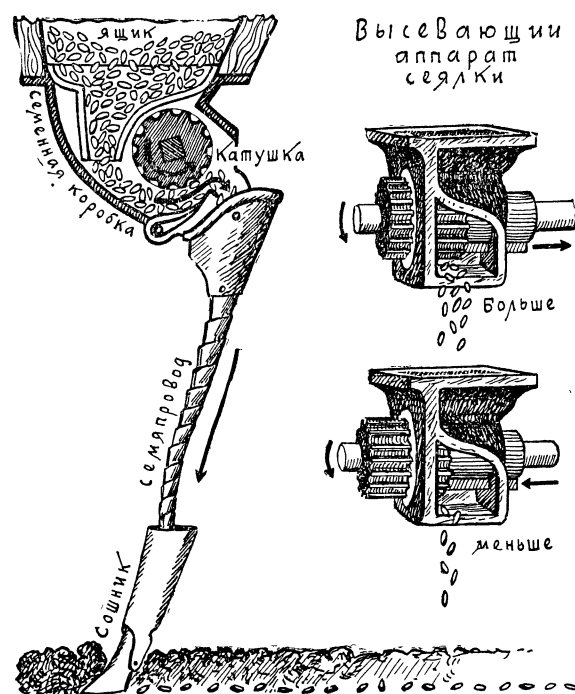
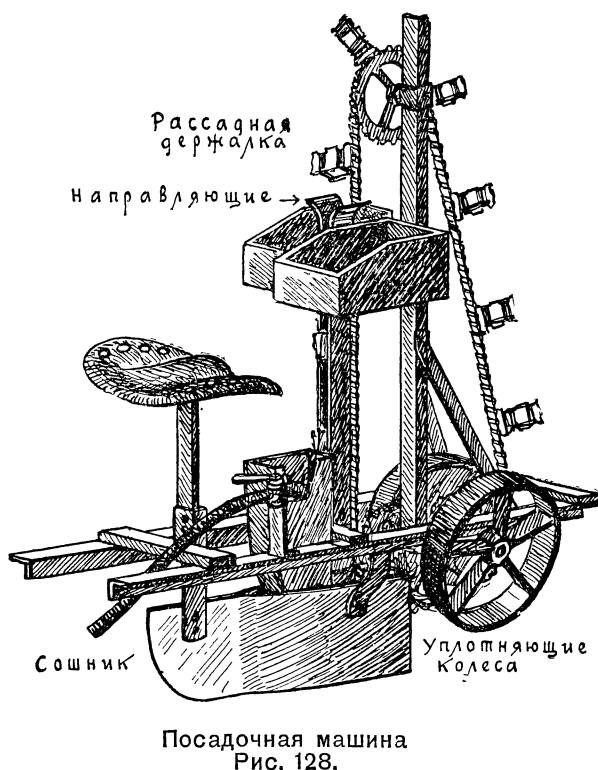


Рис. 127.

тушку из коробки и оставить там меньшую часть ее, она будет захватывать и высеивать меньше семян.

Многие растения, особенно огородные, выращиваются сперва в парниках и лишь потом пересаживаются на постоянное место. Чтобы облегчить и механизировать эту работу колхозников, наши заводы выпускают специальные посадочные машины (рис. 128). Предметом (объектом) их работы являются жи-

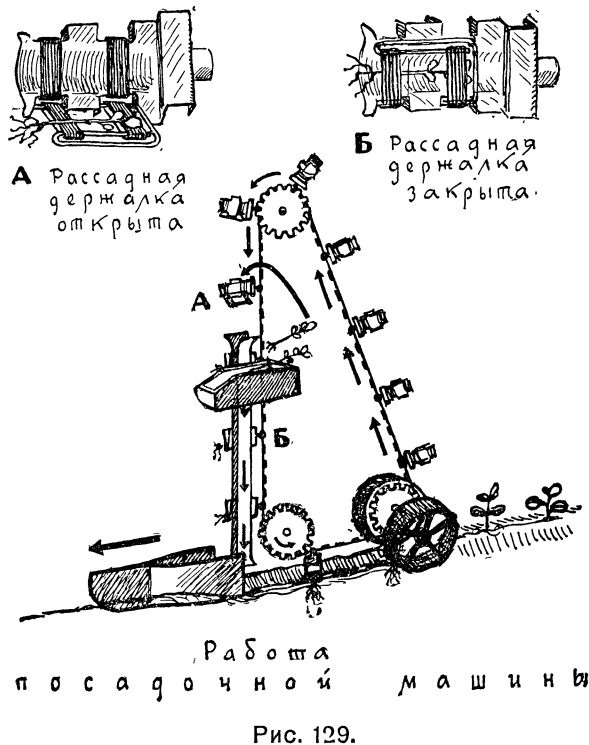


вые молодые растения, которые нужно осторожно, не повредив, посадить в землю.

Рассмотрите на рисунке 129 действие посадочной машины. Нож машины разрезает почву, а два косо поставленных диска раздвигают ее, образуя бороздку для посадки рассады. Рассада подается в бороздку движущейся цепью с особыми карманами. На машине сидит колхозница и вкладывает растения в карманы движущейся цепи. Полностью механизировать эту работу пока еще не удастся, но руки человека выполняют в ней уже малую долю.

Вложенные в карманы растения осторожно зажимаются резиновыми кольцами, и цепь несет их сперва вниз, к земле, затем

огнибает зубчатое колесо и движется горизонтально над самой бороздкой. Интересно, что под машиной цепь с растениями движется назад с такой же скоростью, с какой сама машина движется вперед. Значит, по отношению к земле цепь и вложенные в ее карманы растения остаются неподвижными, что очень облегчает посадку. Растения в карманах поворачиваются корнями вниз. В этот момент карман разжимается, отпускает растение, и оно остается в бо-



роздке. Вслед за тем косо поставленные лопатки нагребают с боков землю и засыпают ею корни рассады, а специальные колеса уплотняют эту землю.

Растение посажено, остается полить его. Для этого на машине есть бак, из которого вода по трубам течет в бороздки. Вода сперва заполняет небольшой опрокидывающийся бачок над бороздкой, и, как только посажено новое растение, бачок автоматически опрокидывается и выливает на него нужную порцию воды.

Но вот посеянные или посаженные растения стали подрастать. За ними необходим уход: надо рыхлить почву, уничтожать сорную растительность, подкармливать расте-

ния удобрениями, некоторые растения надо окучивать, чтобы создать лучшие условия для образования клубней, и проч.

Для ухода за пропашными культурами (картофелем, корнеплодами) созданы хорошие машины — культиваторы. На них можно устанавливать различные (сменные) лапы для той или другой обработки почвы. Рассмотрите их устройство и работу на рисунках. Все эти лапы являются разновид-



Рис. 130.

ностями нашего старого знакомого — плуга.

Вот, например, плоскорежущие лапы, которые хорошо подрезают сорняки и немного рыхлят почву. Такие односторонние

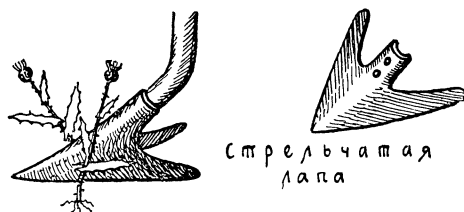


Рис. 131.

лапы (рис. 130) своей стойкой защищают культурные растения, чтобы их не заваливала земля. При более широких промежутках между рядками растений применяют

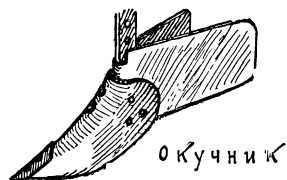


Рис. 132.

двусторонние стрельчатые лапы (рис. 131). Эти лапы хорошо разрыхляют почву. А вот окучники, которые применяются для того, чтобы приваливать землю к рядкам окучи-

ваемых растений (рис. 132). В отличие от обыкновенных плугов отвалы у них устроены не в одну сторону, а в обе, чтобы раздвигать и наваливать почву и в ту и в другую сторону.

Но ведь культиватор работает тогда, когда в поле или в огороде уже растут растения. И надо не повредить их лапами или колесами, а также лошадью или трактором, к которому прицеплен культиватор.

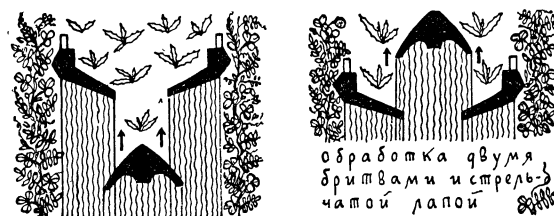


Рис. 133.

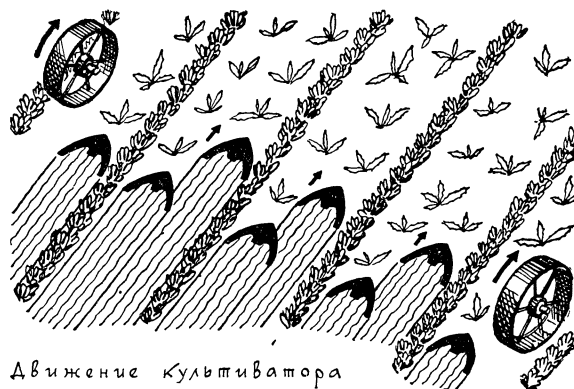


Рис. 134.

Посмотрите на работающий культиватор сверху (рис. 133, 134). Вы увидите, как движутся колеса трактора и культиватора по междурядьям и как расположены его лапы, чтобы не задеть и не повредить растения.

Колеса культиватора можно устанавливать в зависимости от ширины междурядий на разном расстоянии одно от другого. Лапы тоже можно перемещать, регулируя расстояния между ними. А переставляя лапы выше или ниже, можно изменять и глубину обработки почвы.

Растения вырастают, созревают, и наступает наконец время уборки урожая. С работой жатвенных машин мы уже познакомились, говоря о разных видах резания. Но сжатый ими хлеб надо обмолотить.

Современная молотилка — машина довольно сложная. Она выполняет целый ряд

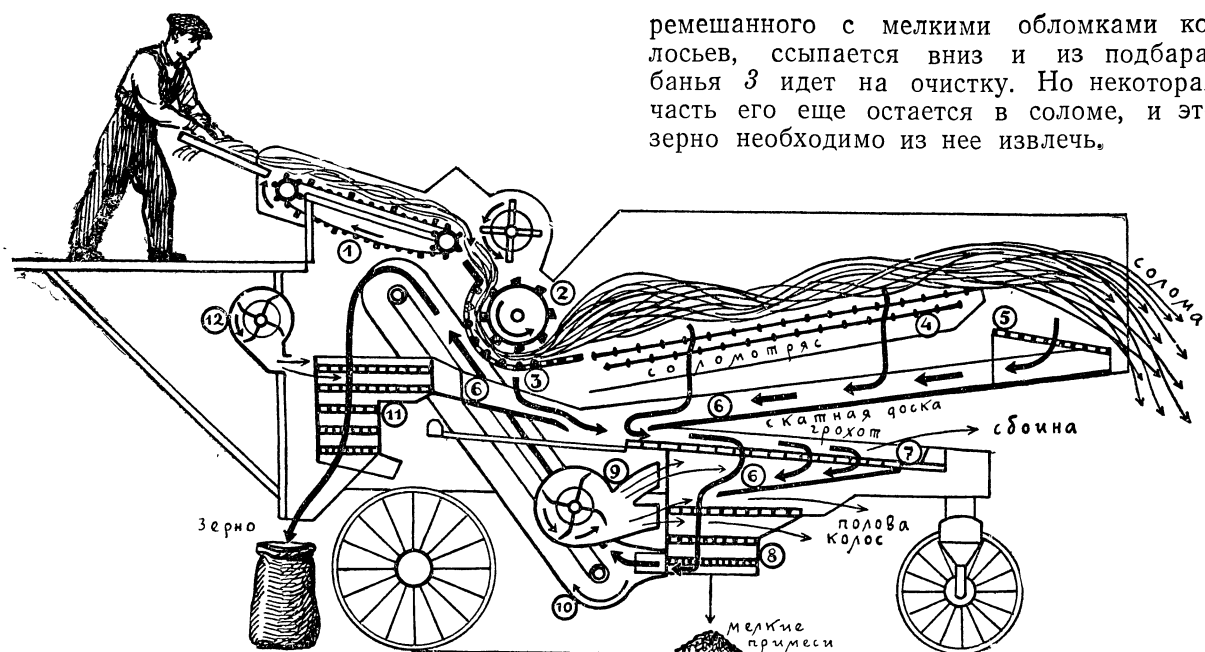


Схема работы сложной молотилки
Рис. 135.

операций: вымолачивает зерно из колоса, встряхивает его из соломы, отделяет зерно от мелких частей разбитых колосьев, веет его, очищая от еще более мелких и легких примесей, и, наконец, сортирует зерна по величине или весу. Все эти операции осуществляются одна за другой в виде непрерывного производственного потока. Проследим за этим движением зерна в сложной молотилке (рис. 135).

Еще недавно снопы в барабан молотилки приходилось подавать руками. Рука могла попасть в барабан, да и машина загружалась неравномерно. В новых молотилках снопы подает бесконечная лента транспортера механического снопоподавателя 1.

Главной частью сложной молотилки является ее молотильный барабан 2. Ударами своих мощных стальных бил он быстро и хорошо вымолачивает зерна из колосьев. На барабане укреплено восемь бил — продольных толстых брусьев с ребристой поверхностью (рис. 136). Барабан окружен стальной коробкой, так что хлеб проходит в узком промежутке между барабаном и подбарабаньем и здесь вымолачивается. Тяжелый барабан вращается с громадной скоростью — более 1100 оборотов в минуту.

Большая часть вымолоченного зерна, пе-

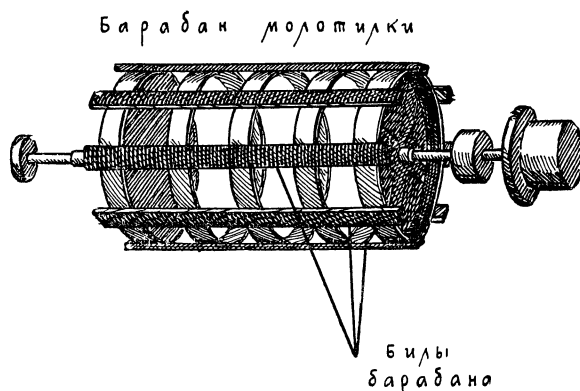
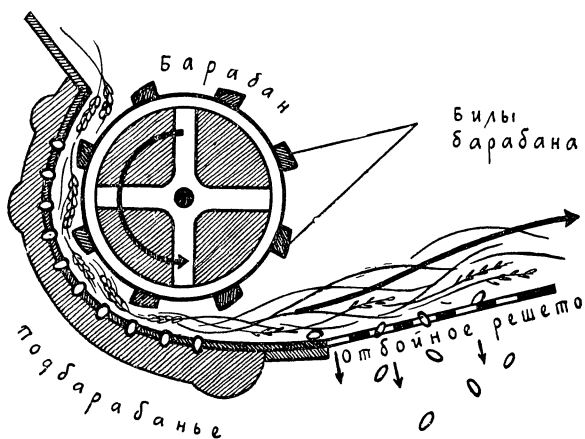


Рис. 136.



Работа молотильного барабана
Рис. 137.

Для этого служит соломотряс 4. Он состоит из нескольких больших деревянных клавишей, совершающих встряхивающие движения вверх и вниз и в то же время вперед и назад. Это перетряхивает солому. Зерно отделяется от нее и через щели в клавишах и решетку 5 сыпается вниз.

Теперь надо отделить зерно от мелких примесей. Очистка от них производится в несколько приемов. Сперва смесь зерна с мелкими остатками колосьев по скатной доске 6 подается на грохот 7. Он состоит из тонких пластинок с промежутками и совершает колебательные движения. От этого зерно проваливается вниз через отверстия грохота, остатки же колоса (сбоина) уносятся в сторону струей воздуха от вентилятора. Но зерно еще смешано с мякиной и с семенами сорняков, поэтому оно поступает на дальнейшую очистку.

Примеси у зерна бывают тяжелые и легкие, и надо было изобрести разные способы для очистки от тех и других. Легкие примеси (мякину) лучше всего уносит струя воздуха от сильного вентилятора 9 (вращающегося колеса с лопатками). Зерно проходит даже через две такие веялки. А чтобы управлять силой воздушной струи, больше или меньше открывают особые окна, через которые проходит воздух. Струю воздуха подбирают такой силы, чтобы она уносила только легкие примеси, а не зерно.

Для очистки же от тяжелых примесей надо использовать притяжение Земли — падение сверху вниз. Но само зерно тоже тяжелое и будет падать вниз. Чтобы отделить зерно от тяжелых примесей, применяют движущиеся решета 8 с отверстиями определенной величины (рис. 138). У верхнего ре-

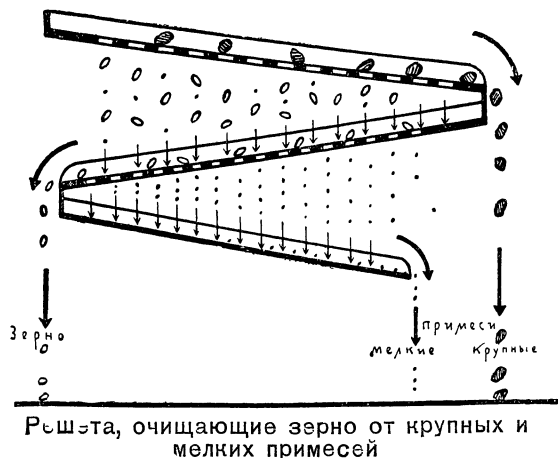
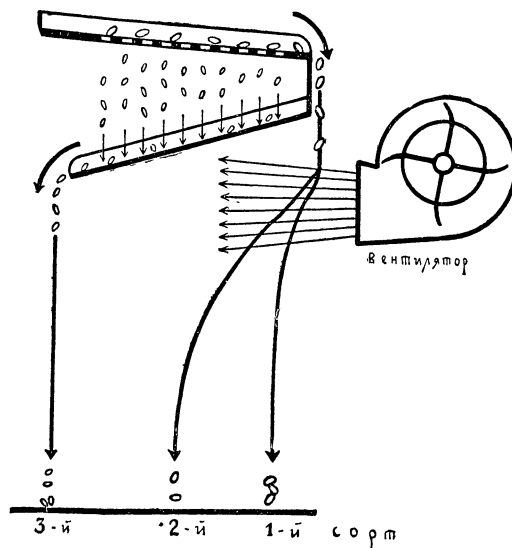


Рис. 138.

шета отверстия подобраны такой величины, что через них проваливаются вниз зерно и более мелкие примеси. Крупные же примеси через отверстия не проходят и остаются на решете. У второго решета отверстия немного меньше. Мелкие примеси через них проваливаются, а зерно не проходит и остается на решете.

Теперь нужно только рассортировать очищенное зерно. Это делает сортировка 11 молотилки. Транспортер 10 поднимает в нее обмолоченное зерно. В сортировке опять вступают в действие решета, разделяющие зерно по величине, и воздушная струя, разделяющая его по весу. Более крупное зерно — первого и второго сор-



Сортировка зерна
Рис. 139.

тов — остается на решете, а более мелкое — третьего сорта — просевается через него вниз. А чтобы разделить зерно первого и второго сортов, его продувают струей воздуха от вентилятора 12. Зерно полегче относится ею в сторону, а самое тяжелое падает ближе (рис. 139). В результате готовое зерно трех различных сортов насыпается в разные мешки. Этим и заканчивается сложный цикл работы молотилки.

Как ни хорошо работает стационарная молотилка, стоящая на току, но наше социалистическое земледелие не удовлетворяется ее работой. Оно потребовало от советской промышленности еще лучшей, еще более сложной комбинированной машины — комбайна.

Раньше сжатый хлеб приходилось сво-

зить на ток, к неподвижно стоящей на нем молотилке. На это уходило много лишнего времени. Урожай же важно убрать как можно скорей. А сколько осыпалось и терялось драгоценного зерна, когда сжатый хлеб связывали в снопы и везли к молотилке! Чтобы ускорить уборку и уменьшить потери зерна оказалось гораздо лучшим поставить молотилку на колеса, так чтобы она сама ехала по полю и там, на месте, обмолачивала сжатый хлеб.

Молотилка комбайна выполняет знакомые уже нам операции, но устройство ее приспособлено к условиям работы в поле, «на ходу». Проследите на рисунке 140 сложную работу комбайна. Сжатый хлеб сперва подается в молотильный барабан. На комбайне «Сталинец-6» мы увидим новый для нас тип барабана с выступающими по окружности зубьями, или штифтами (рис. 141). Зубья эти расположены рядами. Они наносят удары по массе сжатого хлеба и хорошо его обмолачивают. Такие же зубья выступают и на окружающей барабан неподвижной стенке — подбарабанье. Зубья барабана проходят между этими неподвижными зубьями и протаскивают между ними стебли, отчего зерно выбивается из колосьев. Вал тяжелого барабана вращается в шариковых подшипниках.

Чтобы лучше отделить от соломы оставшееся в ней зерно, конструкторы комбайнов применили в них вращающиеся битеры (более совершенный принцип вращения). Это валики, вдоль которых насажено четыре ряда штифтов, выступающих в разные стороны. Выйдя из барабана, солома с оставшимся зерном поднимается вверх по наклонному транспортеру, над которым вращаются битеры. Своими штифтами они не только проталкивают солому вдоль транспортера, но и перетрахируют ее и этим отделяют от нее зерно.

Из молотильного барабана солома выбрасывается с

большой скоростью. Но тут же встречает ее первый битер, отчего резко снижается скорость и изменяется направление движения соломы, зерно же по инерции вылетает из нее. Второй битер с длинными штифтами еще больше перетрахирует солому. Далее ее встречают два ссыломосъемника — валики с загнутыми зубьями, которые вращаются навстречу движущейся соломе, перебрасывают ее через себя и передают на новый транспортер.

Зерно же с остатками колосьев, мякиной и проч. проходит через несколько ступеней очистки. Здесь применяется знакомый уже нам принцип качающихся решет и используется принцип обдувающей струи воздуха.

Готовое зерно собирается в бункере комбайна и из него время от времени выгружается в автомашины. Чтобы не разбрасывать по полю солому и мякину, комбайн везет за собой дополнительное устройство — копнитель, в котором они скопляются, а затем целыми копнами складываются на поле.

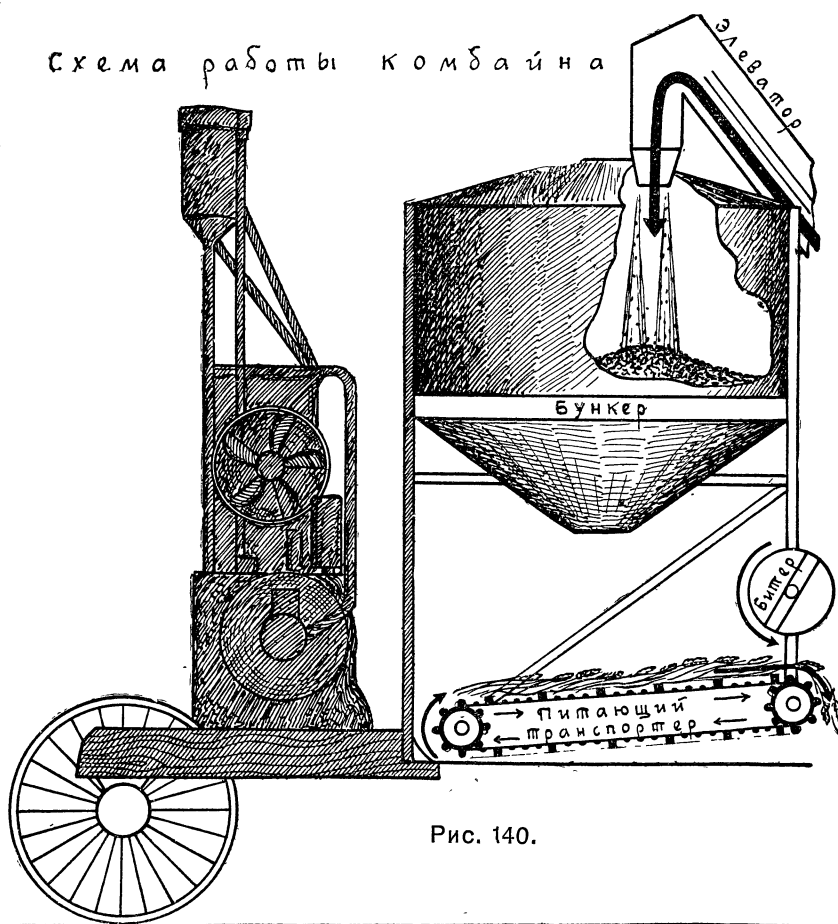


Рис. 140.

Комбайн может тянуть за собой еще грабли для сбора оставшихся колосьев, а также лушпильники для обработки верхнего слоя почвы. Таким образом, это целый производственный комбинат на колесах.

Опыт колхозов и совхозов показал, что для уменьшения потерь зерна лучше производить раздельную уборку комбайнами. Хлеб скашивают в восковой спелости и дают ему дозреть в рядках. А уже затем проходит комбайн и обмолачивает зерно.

Советские ученые и конструкторы создали также ряд специальных машин и комбайнов для уборки картофеля, свеклы, льна, хлопка и др.

Картофель надо убрать в короткие сроки, без потерь, и так, чтобы не повредить клубней. Нельзя допустить, чтобы из-за наступившей плохой погоды и недостатка рабочих рук часть хорошего урожая оставалась неубранной и гнила в земле.

Чтобы построить машину для уборки картофеля, надо было прежде всего ясно понять, какие производственные операции должна она выполнять. Машина эта должна подкапывать клубни, извлекать их из почвы сперва вместе с землей, а потом отделять клубни от земли и ботвы.

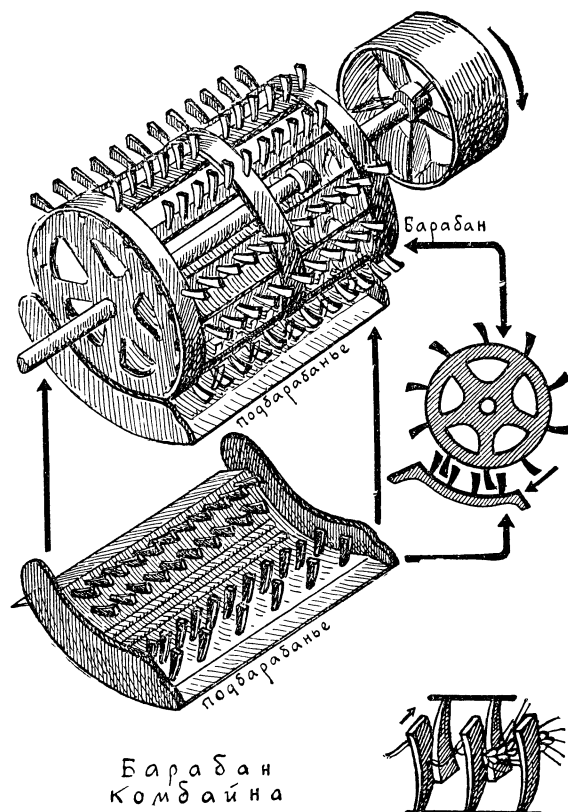


Рис. 141.

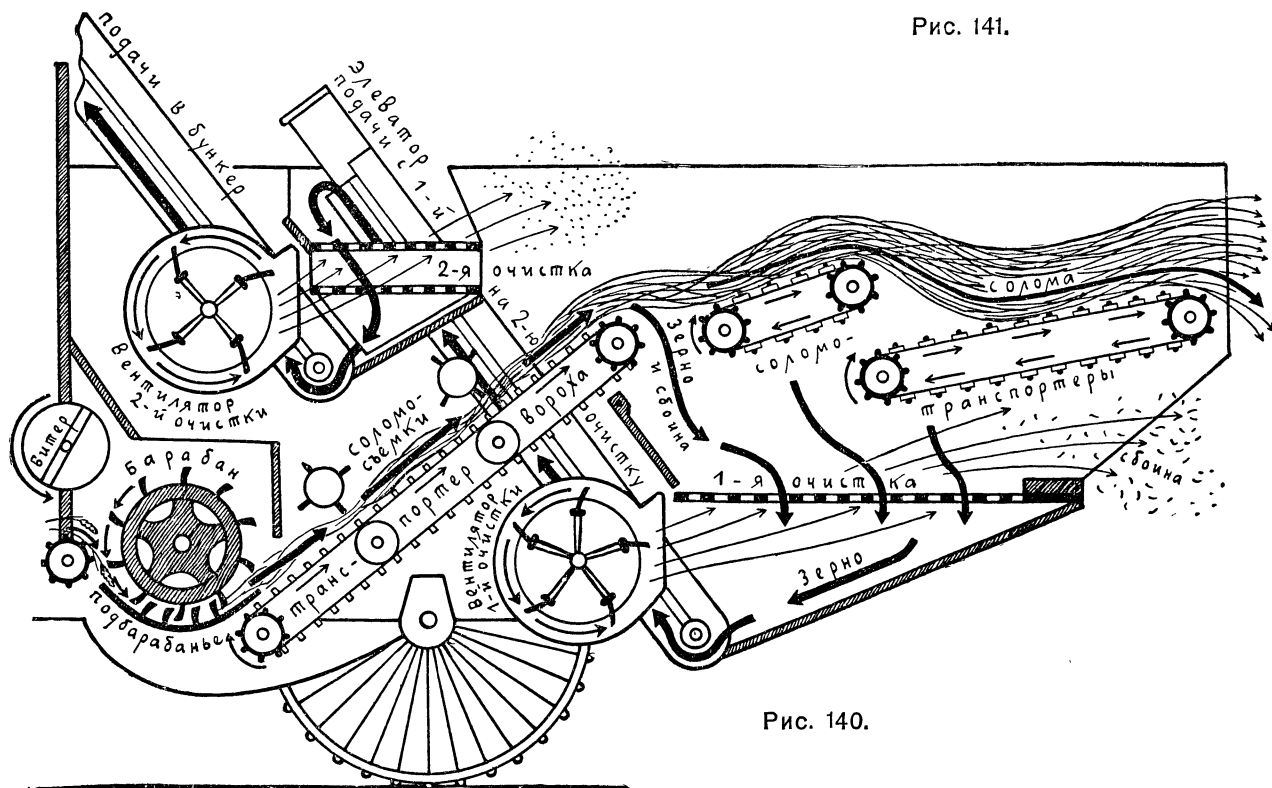


Рис. 140.

В машинах, созданных нашими конструкторами, специальные лемехи подкапывают рядки картофеля, разрыхляют землю и поднимают клубни картофеля вместе с землей на элеватор. Задача элеватора — очистить клубни от земли. Для этого он устроен из стальных прутков, концы которых загнуты и соединены между собой так, что образуется своеобразная решетчатая лента. Мелкие комки земли просеиваются сквозь эту решетчатую ленту и падают вниз, а

Клубни с оставшимися комками земли проходят затем между двумя резиновыми цилиндрами *Ц*, наполненными воздухом, которые, подобно валкам, вращаются навстречу друг другу и раздавливают комки земли, не повреждая при этом клубней. После этого на новом прутковом элеваторе *Э2* размельченная земля отделяется от клубней и проваливается вниз.

Теперь остается отделить клубни от ботвы. Клубни вместе с ботвой падают на под-

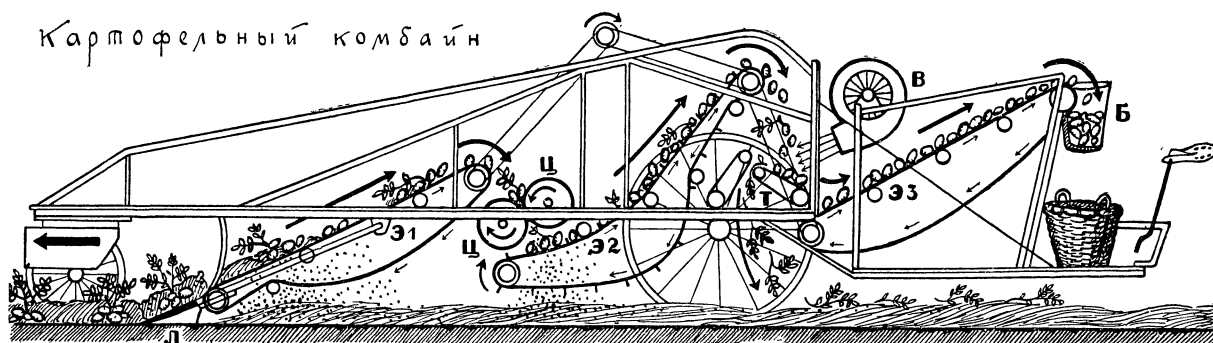


Рис. 142.

клубни картофеля поднимаются элеватором вверх. Чтобы земля лучше отделялась от клубней, решетчатая лента элеватора все время встряхивается.

Сначала были созданы более простые машины, которые выкопанный картофель оставляли рассыпанным по земле. Его приходилось собирать руками, для чего вслед за каждой машиной работали двенадцать — двадцать человек. Но советские машиностроители продолжали работать над созданием еще более сложного и совершенного картофелеуборочного комбайна, который бы не только выкапывал клубни, отделял их от земли, но и отделял бы также от них ботву и совершенно очищенные клубни насыпал в корзины. И такой комбайн был создан. Устройство его разработал инженер П. С. Чиркунов.

Проследим на рисунке 142 сложный путь картофельных клубней в этом комбайне. Как и в предыдущей машине, лемехи *Л* подкапывают клубни и вместе с землей поднимают их на прутковый элеватор *Э1*. Поднимаясь по нему, эта масса встряхивается, и часть земли отделяется от клубней и проваливается между прутьями решетки.

Клубни с оставшимися комками земли поднимаются элеватором *Э2*. Струей воздуха от вентилятора *В* ботва прижимается к этому элеватору и поднимается с ним вверх, а отрывающиеся от нее клубни скатываются вниз. Однако часть клубней остается еще висеть на стеблях ботвы. Поэтому ботва зажимается между двумя валиками, и последние клубни от нее отрываются. Очищенный картофель собирается в бункере *Б*, из которого машина сама насыпает его в корзины.

Как изготавливают ткани

Мы познакомились с разными производствами и с тем, как работают в них машины: как режут они металлы и другие материалы, добывают руду и уголь, копают и пахут землю, сеют, жнут и молотят хлеба и др. Но есть еще одна очень важная и своеобразная область производства, с которой нам стоит познакомиться поближе. Это — текстильное производство. Коммунистическая партия и Советское правительство приняли решения производить как можно больше товаров для народного потребления.

ния, больше хороших тканей для населения.

Как же их делают?

Возьмите лоскут какой-нибудь материи и расщепите его пальцами. Вы увидите, что он состоит из многих отдельных нитей, искусно переплетенных между собой. Но эти длинные и прочные нити не добываются в природе в готовом виде. Они изготавливаются (прядутся) из коротких и менее прочных волокон, которые люди научились получать от некоторых растений и животных.

Полотно, например, изготавливается из упругих волокон, имеющихс^я в стеблях льна; хлопчатобумажные ткани — из волосков, которые находятся на семенах хлопчатника (в коробочках, образующихся после цветения); сукна и другие шерстяные ткани вырабатываются из шерсти овец и некоторых других животных; шелка — из длинных, тонких нитей, затвердевающих из жидкости, выпускаемой гусеницами шелкопряда во время завивки коконов.

Еще недавно люди обходились только естественными волокнами, получаемыми от растений и животных. Но теперь все больше применяются и различные виды искусственного волокна, изготовляемого химическим путем, которые отличаются высокими качествами и, несомненно, имеют большое будущее. Наука и техника соревнуются здесь с природой.

Перед нами открывается новая, особая область природных материалов, используемых человеком, — волокна, волокнистые материалы. Они дали человеку возможность создать хорошую одежду и защитить ею свое тело от холода и непогоды. В волокнах люди нашли ряд важных и полезных свойств. Ведь одежда, которая из них изготавливается, должна быть прочной, теплой, не портиться от воды, не изменять свою форму (не садиться), быть красивой и проч. Сама природа позаботилась о многих из этих свойств: в стеблях льна развились прочные волокна, чтобы стебли эти не ломались от ветра; шерсть овец плохо пропускает тепло и не дает телу остывать.

Полезные свойства волокон и изделий из них улучшаются и техническими способами. Вы, вероятно, знаете, что портные утюжат наши костюмы, подложив под утюг мокрую тряпку. Волокна шерсти обладают свойством от действия нагревания и увлажнения стойко сохранять потом определенную длину — и поэтому проутю-

женное платье хорошо сохраняет свою форму (фасон).

Волокнистые материалы обладают свойствами, подобными свойствам упругих пружин: они могут растягиваться, а потом опять укорачиваться (садиться). В других же случаях они остаются удлиненными. Это зависит от условий обработки и от особенностей разных волокон.

Сукно, например, иногда нагревают в кипящей воде в туго скатанных рулонах — от этого волокна теряют свое внутреннее напряжение, остаются в растянутом состоянии, и материал не садится. Некоторые ткани натягивают в мокром виде на рамы и сушат. Такое «ширение» надолго сохраняет длину волокон. Но чтобы еще лучше закрепить длину волокон, растянутую ткань подвергают действию горячего пара (запаривают).

Как видите, волокна и изделия из них — это сложная, прихотливая вещь, и создана целая наука о волокнистых материалах, об их различных свойствах и способах обработки.

Волокно, его обработка вызвали к жизни особую область производства с своеобразной техникой, с сложными и интересными машинами. Текстильные машины были даже первыми настоящими машинами, созданными в истории техники. От них пошло и развитие других машин — металлорежущие станки были созданы сперва для изготовления их частей; первые паровозы в Англии перевозили текстильные материалы и изделия.

Те короткие и довольно непрочные волокна, которые мы получаем в природе, еще не годятся для изготовления тканей. Из них надо сперва сделать длинные, крученые и значительно более прочные нити — пряжу. А уже из нее ткут разнообразные ткани. Текстильное производство в основном состоит из двух ступеней: прядения и ткачества; бывают прядильные и ткацкие цехи или целые фабрики.

С прядением и работой прядильных машин мы в общих чертах уже познакомились, говоря о замене ручного труда машинным. Однако работа прядильной фабрики состоит не только в самом прядении. К нему надо еще подготовить волокна. И от первоначальной кипы волокна, поступающей на фабрику, до готовой пряжи материал проходит через целый ряд операций, которые производятся разными и сложными машинами.

Проследим работу хлопкопрядильной фабрики. Волокна прежде всего надо очистить от загрязняющих примесей, для чего существуют выколачивающие машины, или же очистка производится потоком воздуха. Затем надо как следует взрыхлить плотно слежавшиеся волокна. Это делают разные машины; в одной из них масса волокон попадает в большой барабан с зубьями или трепалами, которые бьют и рыхлят массу, причем одновременно продолжается и очистка от примесей. После этого взрыхления масса волокон на специальной чесальной машине *А* (рис. 143) пропускается между особыми лентами с торчащими из них изогнутыми иглами. Они прочесывают волокна, отделяя их одно от другого, и располагают в определенном направлении. Так как волокна бывают разной длины, специальная машина сортирует их на более длинные и более короткие.

Расчесанные волокна проходят затем между несколькими парами валиков ровничной машины *Б*, которые вытягивают их, сдвигают и превращают в длинную, плоскую ленту, волокна в которой расположены правильными параллельными рядами. Лишь после этого происходит само

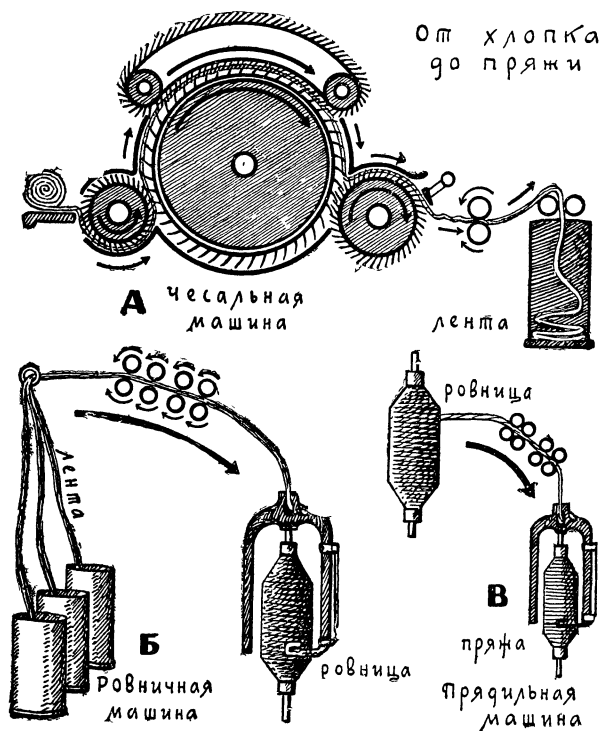


Рис. 143.

прядение — знакомая нам прядильная машина *В* вытягивает и скручивает плоскую ленту, превращает ее в тонкую, но прочную крученую нить и наматывает на большие катушки. Из этих нитей и изготавливают ткани — ткют их.

Что представляет собой ткань и в чем состоит ткачество?

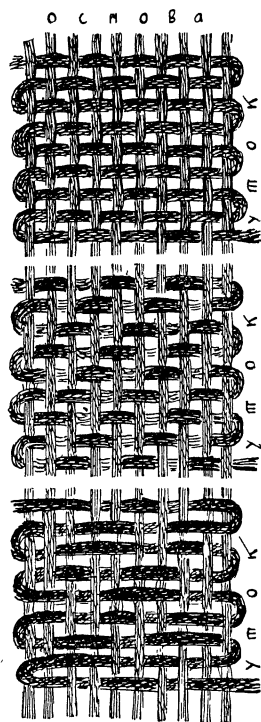
Присмотритесь к куску ткани, растеребите его и разглядите, как расположены в нем нити пряжи. Вы увидите, что они переплетены между собой, подобно тому как переплетены прутья в корзине, только гораздо плотнее. Корзины, собственно, и были предками современных тканей. Люди гораздо раньше научились плести их из прутьев, а также циновки из травы, и уже позже по их подобию стали изготавливать ткани из переплетенных нитей. В Индии и теперь изготавливают замечательные по своей красоте и прочности циновки, сплетенные из разноцветных трав. Это искусство сохранилось и дошло до нас из очень далеких времен.

В каждой ткани вы увидите два рода нитей. Одни из них идут вдоль ткани. Они являются ее основой и так и называются нитями основы. Другие нити, переплетаясь с основой, идут поперек ткани. Их называют «уток».

Переплетение нитей в тканях бывает разное; самое простое изображено на рисунке 144 (вверху).

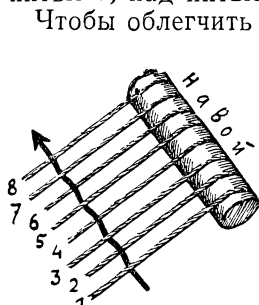
Как же изготавливают эти ткани, как работает ткацкая машина? Задача этой машины: переплести поперечные нити утка с продольными нитями основы.

Нити основы заранее наматывают на длинный валик — навои (рис. 151). Он вращается, и основа сматывается с него и движется вперед в виде правильно расположенных параллельных нитей. Перенумеруем их на рисунке 145: нити 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8. Сначала все они лежат в одной пло-



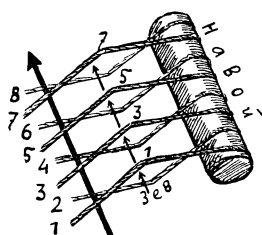
Переплетение нитей в тканях
Рис. 144.

скости. При таком расположении было бы трудно переплести с ними поперечную нить утка (рис. 145). Ведь она должна пройти под нитью 1, потом над нитью 2, опять под нитью 3, над нитью 4 и т. д.



Нити основы
Рис. 145.

Чтобы облегчить и ускорить это переплетение, придуман замечательный способ. С помощью особого устройства нити, обозначенные у нас нечетными номерами 1, 3, 5, 7, поднимаются вверх; а нити четных номеров 2, 4, 6, 8, наоборот, опускаются вниз, — и так по всей ширине будущей ткани. Вы видите на рисунке 146, что от этого между четными и нечетными нитями образуется свободное пространство, которое в работе ткацкой машины называется зевом. Теперь уже гораздо легче пропустить через этот зев поперечную нить утка. Она пройдет как раз так, как это



Образование зева
Рис. 146.

нужно для переплетения с нитями основы, то есть под нитями 1, 3, 5, 7 и над нитями 2, 4, 6, 8.

Что происходит дальше? Нити с нечетными номерами 1, 3, 5, 7, которые были подняты вверх, теперь, наоборот, опускаются вниз; а нити с четными номерами 2, 4, 6, 8, которые были опущены вниз, теперь поднимаются вверх. И между нечетными и четными нитями основы снова образуется пространство (зев), через которое опять можно пропустить новую поперечную нить (рис. 147). Но теперь она пройдет над нитями 1, 3, 5, 7 и под нитями 2, 4, 6, 8, то есть противоположно тому, как прошла первая поперечная нить. После этого нечетные нити основы

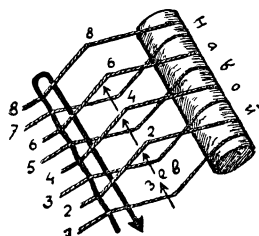
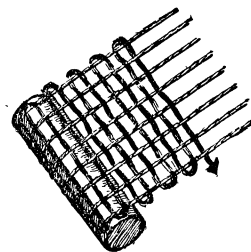


Рис. 147.

опять поднимутся вверх, а четные нити снова опустятся вниз. Поперечная нить утка опять пройдет противоположно тому, как прошла предыдущая. И так будет повто-

ряться много-много раз. В результате поперечные нити утка будут переплетены с продольными нитями основы, подобно прутьям в корзине (рис. 148).

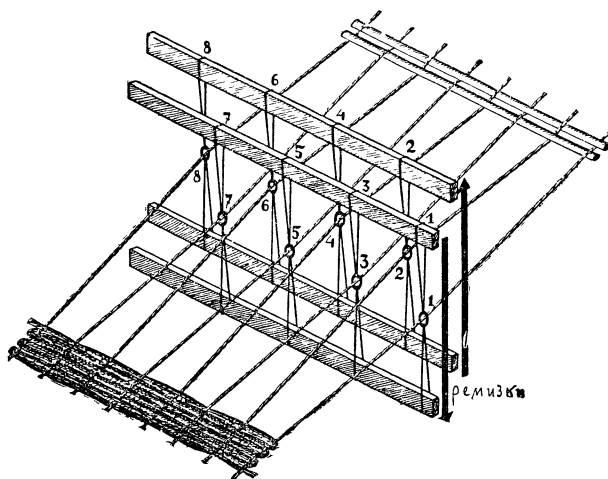
Но как осуществляют рабочие части ткацкой машины эти замечательные движения нитей основы и утка? Движение продольных нитей то вверх, то вниз производится ремизками (рис. 149). Это прочные нити, натянутые перпендикулярно к нитям основы. Каждая из них имеет



Переплетение
основы и утка
Рис. 148.

глазок с отверстием, через который проходит одна из нитей основы. Каждая из ремизок может двигаться вверх или вниз, увлекая с собой нить основы, пропущенную через ее глазок. Перенумеруем ремизки теми же номерами 1, 2, 3, 4..., как и соответствующие им нити основы. Когда ремизки 1, 3, 5... движутся вниз, с ними опускаются и нити основы 1, 3, 5... В это же время ремизки и нити основы 2, 4, 6... поднимаются вверх. От этого образуется зев. А затем ремизки, а с ними и нити основы 1, 3, 5... поднимаются вверх, а ремизки и нити основы 2, 4, 6... опускаются вниз. И так далее.

А как пропускается нить утка поперек образующегося зева? Для этого служит челнок (рис. 150). Он имеет удлиненную форму, и внутри его помещается катушка с нитью утка. Челнок пробрасывается по воздуху через зев основы резким ударом



Действие ремизок
Рис. 149.

особого «боевого механизма». И пока он летит через зев, с его катушки сматывается нить, которая и остается между нитями основы. После каждого передвижения ремизок и нитей основы челнок пробрасывается через зев то в одну, то в другую сторону.

Эти основные движения ткацкой машины и дают нужное переплетение продольных и поперечных нитей ткани (основы и утка). Но в работе ткацкой машины есть еще одна важная операция. Вырабатываемая ткань должна быть плотной, не рыхлой. Поэтому каждую поперечную нить надо плотно прижать к предыдущим. Это делается в том месте, где нити зева опять смыкаются и образуется готовая ткань. Для этого в ткацкой машине есть еще одна важная часть — бердо *Б* (рис. 151). Оно представляет собой решетку из вертикальных прутьев или пластинок с длинными, тонкими промежутками (щелями) между ними. Бердо установлено перпендикулярно к нитям основы, которые проходят через его щели. При этом оно может двигаться вперед и назад вдоль нитей основы. После каждого пролета челнока *Ч* бердо делает быстрое движение вперед и плотно прижимает пропущенную нить утка к образующейся ткани (в конце зева). Затем бердо быстро отходит на прежнее место.

Ремизки *Р* переставляют нити зева, челнок протягивает новую поперечную нить, и бердо снова движется вперед и прижимает ее к ткани. Пропущенная поперечная нить утка оказывается плотно сжатой между нитями основы и при этом переплетенной с ее нечетными и четными нитями.

После ткацкой машины готовая ткань идет еще в отделку, окраску и т. д.

Так изготавливаются разнообразные добротные ткани.

* * *

Мы остановились, конечно, не на всех, а только на некоторых типичных из множества существующих машин. Причем мы рассмотрели лишь основы их работы. Современные новейшие машины часто бывают гораздо сложнее.

В шестой пятилетке по решению XX съезда Коммунистической партии производятся и применяются разнообразные новейшие машины, вооружающие все отрасли нашего народного хозяйства — новые типы металлорежущих станков, кузнечно-прессовых машин, машин для работы в шахтах, для строительного дела, транспорта, сельского хозяйства, легкой и пищевой промышленности и многие-многие другие замечательные машины и механизмы, облегчающие труд советских людей.

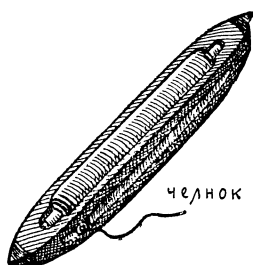


Рис. 150.

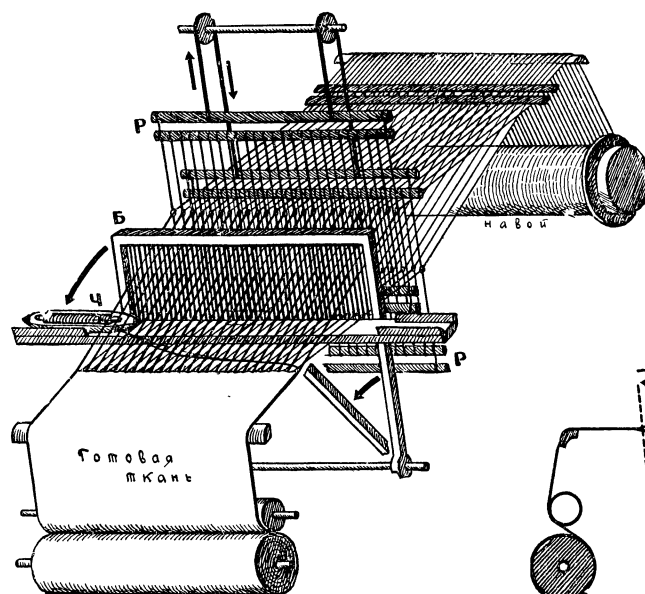
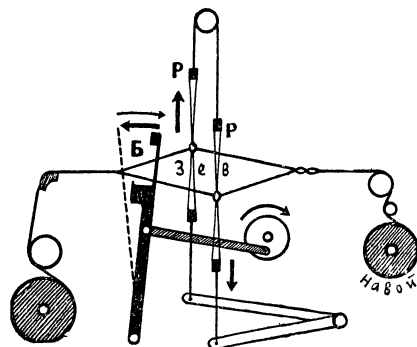
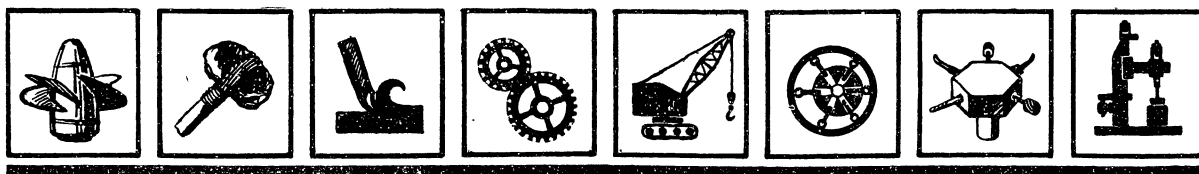


Схема работы прядильной машины
Рис. 151.



Действие берда
Рис. 152.



Глава IV. МЕХАНИЗМЫ — ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДВИЖЕНИЯ

Мы видели, какую разнообразную работу выполняют различные машины при обработке металлов, земли, волокнистых и других материалов и какие сложные движения производят при этом рабочие органы этих машин. Но мы пока не касались еще того, как же именно, с помощью каких механизмов получают эти рабочие движения машин.

Если заглянуть внутрь сложной машины, мы увидим в ней много зубчатых и других механизмов, совершающих различные движения. Все они служат для того, чтобы передать движение от двигателя к рабочим органам. Их часто так и называют передачами: ременной, зубчатой и др. Но механизмы не только передают движение. Их роль гораздо активнее — они изменяют движение, преобразуют его. Ведь от двигателя машина получает простое вращение. В рабочих же органах надо преобразовать его в различные сложные движения. Приходится изменять и скорость движений. Все это и является задачей механизмов машин.

Чтобы разобраться в многообразии механизмов — преобразователей движения, постараемся и в них увидеть некоторые основные, общие принципы, встречающиеся в разных машинах. Причем интересно проследить: как изменяются и развиваются эти общие принципы, отвечая разным требованиям и условиям работы механизмов.

Можно ли доверять трению?

Наблюдая работу машин, вы нередко увидите передачу движения с помощью ремней. Ремень передает движение от одного колеса (или шкива) к другому, от

ведущего к ведомому. Люди давно оценили отличные свойства кожи животных — ее прочность и гибкость — и научились выделывать из нее длинные крепкие ремни. И естественно пришли к мысли применить ремни в машинах и механизмах для передачи движения.

Какая же физическая сила лежит в основе действия ременной передачи? Это сила трения, трение между гладким металлическим ободом шкива и ремнем. Но достаточно ли эта сила трения, чтобы передавать движение и большие усилия в машинах?

В истории техники порой поднимался вопрос о том, можно ли доверять трению и положиться на него? Когда, например, создавались первые паровозы, встал вопрос: достаточно ли сила трения между движущими колесами и рельсами, чтобы вести тяжелые поезда? Некоторые изобретатели не доверяли трению и предлагали делать зубчатые рельсы, а у паровозов зубчатые колеса. Но трение — могучая сила. В работе гладких паровозных колес и рельсов оно вполне себя оправдало. Оправдало оно себя и в ременных передачах машин.

Правда, для надежного действия трения в этих механизмах надо соблюдать некоторые условия. Ведь если от недостаточной силы трения ремень будет проскальзывать по ободу шкива (буксовать), это изменит скорость передаваемого движения и нарушит ритм работы машины. Чтобы обеспечить нужное действие трения, ремень должен соприкасаться с ободом каждого из шкивов по достаточно большой части их окружности (это называется углом обхвата).

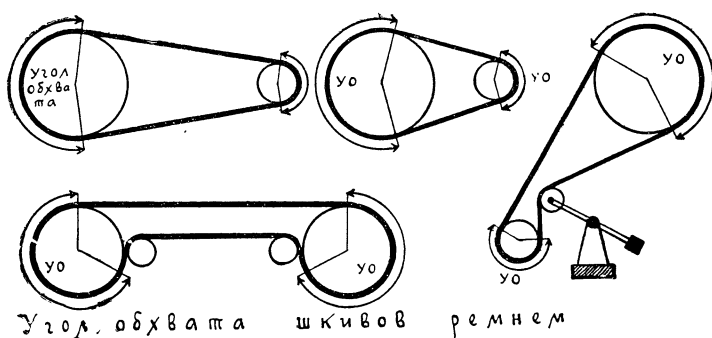


Рис. 153.

Посмотрите сами, на котором из показанных здесь двух шкивов (рис. 153) этот угол γ_0 может оказаться недостаточным — на большем или на меньшем. Подумайте также: почему нельзя, чтобы один из шкивов был слишком мал в сравнении с другим, и почему нельзя, чтобы расстояние между шкивами было слишком мало?

Наблюдая ременные передачи, вы иногда заметите в них третий небольшой ролик, который, на первый взгляд, не принимает участия в передаче движения. Для чего же он нужен? Это натяжной ролик: он прижимает ремень к ободу шкива и увеличивает угол обхвата.

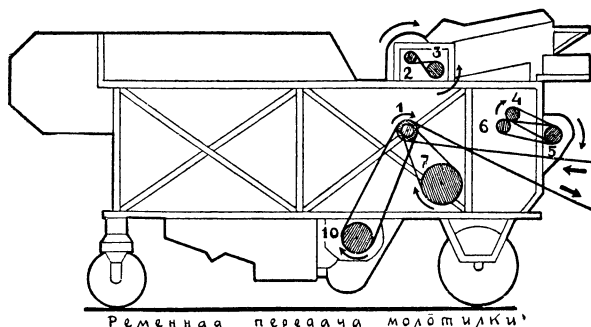
В каких случаях применяют ременную передачу? В тех случаях, когда валы машин, между которыми надо передать движение, расположены далеко друг от друга и их нельзя соединить непосредственно соприкасающимися колесами.

Понаблюдайте ременную передачу на молотилке. Проследите, как сперва главный ремень передает движение со шкива трактора или локомотива на вал молотильного барабана и как затем с помощью

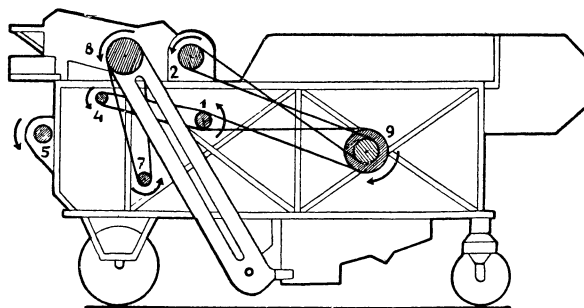
целого ряда ремней (с обеих сторон молотилки) движение передается дальше шкивам соломотряса, веялок и др. (рис. 154).

Знакомясь с ременными передачами, вы, конечно, заметите, что один из двух шкивов обычно бывает больше или меньше другого. Какое это имеет значение? Это делается для изменения скорости, чтобы ведомый шкив вращался быстрее или медленнее ведущего. Но какой из двух шкивов будет вращаться быстрее — больший или меньший? Подумайте сами и понаблюдайте на машинах. Вспомните и хорошо знакомую вам передачу велосипеда, где цепь, заменяющая ремень, передает движение с большего колеса на меньшее. Пока вы сделаете один оборот педалями, малая ведомая зубчатка на оси заднего колеса (а с нею и само колесо) сделает несколько оборотов. Здесь скорость вращения (число оборотов) увеличивается. Когда же ремень передает движение от электродвигателя к станку — с меньшего шкива на больший, — число оборотов уменьшается. Пока ведущий малый шкив сделает целый оборот, ведомый большой шкив повернется лишь на часть оборота. Электродвигатели очень быстроходны, и, передавая движение от них к машинам, обычно приходится уменьшать число оборотов.

Сравните, как передается движение к молотилке от трактора и от парового локомотива. Тракторный двигатель дает большое число оборотов, поэтому движение передается ремнем с небольшого шкива. Локомотив же сравнительно тихоходный двигатель, и здесь приходится передавать движение с большого шкива на малый,



Ременная передача молотилки



1 — молотильный барабан; 2 и 3 — подаватель снопов; 4, 5 и 6 — сортировка; 7 — вентилятор веялки; 8 — элеватор зерна; 9 — соломотряс; 10 — грохот

Рис. 154.

чтобы увеличить число оборотов. Ваши ноги, когда вы едете на велосипеде, тоже тихоходный двигатель, и здесь также приходится увеличивать скорость.

Вот пара шкивов более сложной формы (рис. 155). Это ступенчатые шкивы. Они состоят из нескольких ступеней различного диаметра, и ремень можно переводить с одной ступени на другую. Но заметьте,

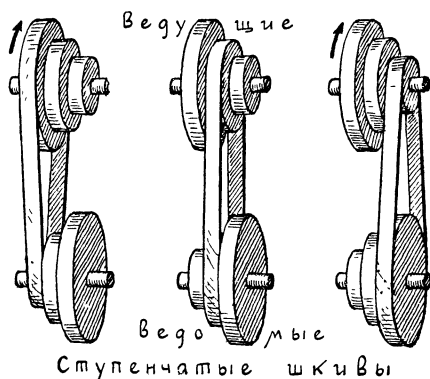


Рис. 155.

как остроумно подобрано соотношение диаметров ведущего и ведомого шкивов в разных из этих ступеней. В среднем положении диаметры их одинаковы. И когда ремень надет на эту ступень, передача числа оборотов не изменяет. Но вот ремень перевели в правое положение. Теперь ведущий шкив меньше, а ведомый больше. Поэтому эта ступень передачи уменьшает число оборотов. В левом положении, наоборот, ведущий шкив больше, а ведомый меньше. Эта ступень, естественно, увеличивает число оборотов.

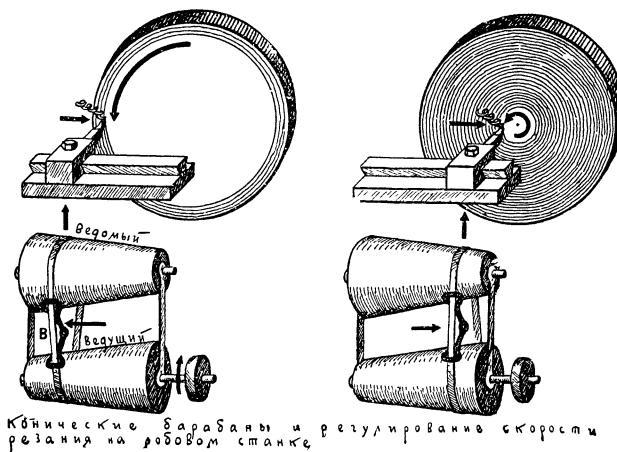
А вот ременная передача для бесступенчатого изменения скоростей (рис. 156). Ступенчатые шкивы заменены здесь двумя коническими барабанами, суживающимися в противоположные стороны. Соединяющий их ремень можно особой вилкой *В* передвигать влево и вправо. От этого соотношение диаметров барабанов и получаемая скорость постепенно изменяются. Ведущий барабан вращается с постоянной скоростью, а скорость ведомого плавно увеличивается или уменьшается.

Такой механизм применяется для автоматического регулирования скоростей машин. На лобовых токарных станках широ-

кие изделия обрабатывают с торца и подача резца происходит поперек изделия, от края к середине (рис. 156). Но ведь по мере того, как резец приближается к середине изделия, окружность, по которой производится резание, становится все меньше. И если бы число оборотов оставалось неизменным, скорость резания становилась бы все меньше. Но в передающих механизмах станка автоматическое устройство само передвигает ремень вдоль конических барабанов (слева направо) и от этого число оборотов изделия плавно возрастает, а скорость резания остается постоянной.

Наблюдая ременные передачи, вы заметите, что иногда ремень почему-то надевают не прямо, а крест-накрест. Для чего это делают? В работе машин важно не только, с какой скоростью, но и в каком направлении движутся их части. Проследите по рисунку 157, А, в каком направлении вращаются ведущий и ведомый шкивы при обыкновенной и при перекрестной передачах. Перекрестная передача применяется тогда, когда ведомый шкив должен вращаться в сторону, противоположную ведущему. Рассмотрите также, как изменяется направление вращения в своеобразном механизме, показанном на рисунке 157, Б.

На следующих рисунках разберитесь в некоторых особых случаях применения ременной передачи. Можно ли устроить передачу, показанную на рисунке 157, В, в которой с одного ведущего шкива движение передается на три ведомых, так что на веду-



Конические барабаны и регулирование скорости резания на лобовом станке

Рис. 156.

щем шкиве ремни слоями расположены один на другом. Не будут ли эти ремни скользить один по другому, если диаметры ведомых шкивов различны?

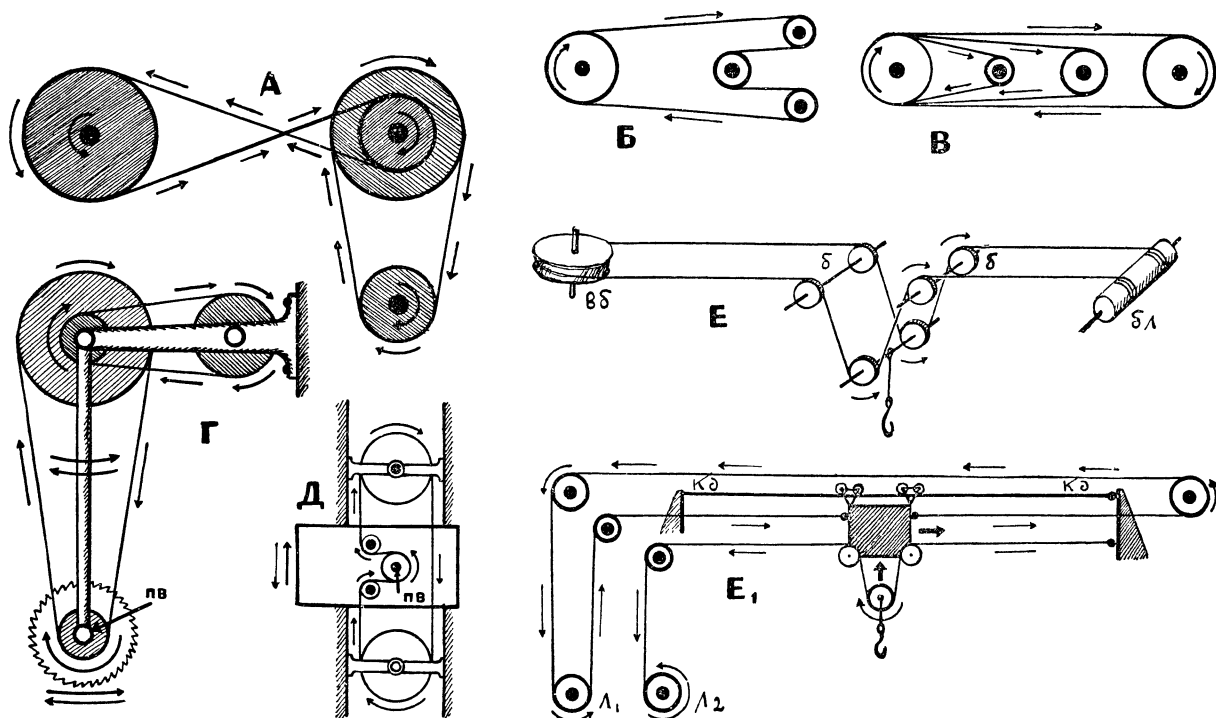
А вот интересный механизм (рис. 157, Г), передающий вращение на подвижный, качающийся вал $пв$, — например, в маятниковой пиле. Следующий механизм, Д, тоже передает вращение подвижному валу $пв$, но вал этот движется между двумя крайними шкивами. Это может быть, например, ось шлифовального круга, движущегося вдоль стола станка, по краям которого находятся эти два шкива.

Интересные сложные системы гибких канатных передач применяются в различных подъемных устройствах. Проследите по схеме (рис. 157, Е) ход стального каната в подъемном кране, в котором тележка с подвешенным грузом движется по горизонтальной балке. В этом устройстве $бл$ — барабан лебедки, $б$ — направляющие блоки, $вб$ — выравнивающий блок. А вот (рис. 157, Е₁) другая система гибких передач кабельного крана с тележкой, движущейся по канатной дорожке $кд$. Здесь две

передачи: первая — тяговый канат от лебедки $л_1$, движущий тележку, и вторая — подъемный канат от лебедки $л_2$, поднимающий и опускающий груз.

Широкое распространение в технике получили цепные механизмы. Передача с помощью цепей оказалась весьма полезной и часто лучшей, чем ременная. Звенья цепи надежно сцепляются с зубцами ведущих и ведомых зубчатых колес — звездочек. Цепные механизмы могут передавать очень большие усилия. В них не происходит пробуксовки цепи, и поэтому они в точности сохраняют передаваемую скорость.

Изготовление передающих цепей достигло высокого совершенства (рис. 158). Вот, например, пластинчатая цепь Галля из звеньев-пластин, связанных стальными шарнирами. Она выносит большие натяжения. Вот бесшумная цепь Ренольда с выступами, которые входят во впадины между зубцами звездочки. Она работает плавно, без ударов и может двигаться с большой скоростью. Есть также роликовые цепи, в звеньях которых надеты вращающиеся ролики. При их движении по зубцам звездочки трение



Различные случаи ременной и канатной передачи
Рис. 157.

скольжения заменено трением качения, отчего потеря энергии в цепном механизме становится во много раз меньше.

На бесконечных цепях движутся гусеницы тракторов и танков (рис. 159). Сзади находятся ведущие звездочки, получающие движение от задней оси через бортовые зубчатые передачи. Спереди же цепи огибают натяжные колеса. Кроме того, верхняя часть гусеницы поддерживается небольшими катками.

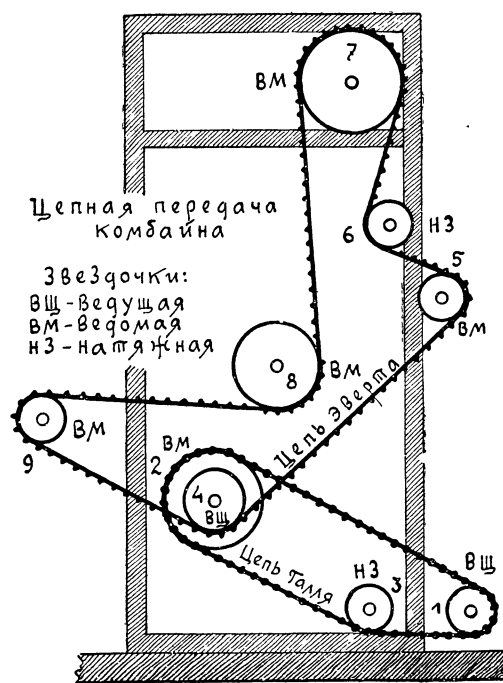
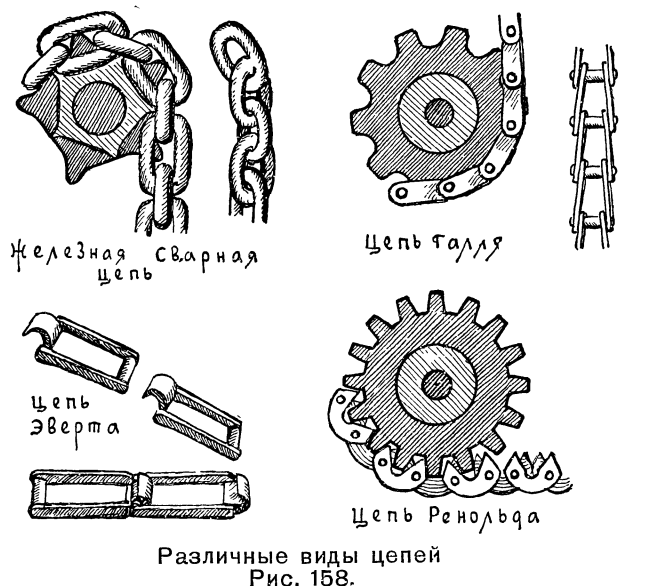
Надежная работа цепных передач оказалась весьма полезной в сельскохозяйственных машинах, испытывающих при движении по неровностям поля частые сотрясения. Если в стационарных молотилках преобладают ременные передачи, то в комбайнах их заменили цепными. Рассмотрите на рисунке 160 (и если будет возможность, на самом комбайне), какой сложный контур образуют здесь цепи. Тут их даже две. Одна цепь передает движение от ведущей звездочки 1 к ведомой 2 (звездочка 3 здесь натяжная), а другая цепь передает его дальше от ведущей звездочки 4 к ведомым 5, 7, 8 и 9 (звездочка 6 — натяжная).

Сложный контур образует цепь и в знаковой уже нам посадочной машине (рис. 128). Проследите, как цепь с молодыми растениями сперва поднимается вверх, огибает звездочку, направляется вниз к земле, огибает другую звездочку и идет горизонтально над почвой, а после посадки растений снова поднимается вверх.

Еще о доверии к трению. Фрикционы

Ремни, канаты, цепи — все это применяется в тех случаях, когда валы машин расположены на значительном расстоянии один от другого. Но валы в машинах часто находятся на близком расстоянии, и тогда колеса могут непосредственно соприкасаться своими окружностями.

Можно ли передавать движение простым соприкосновением гладких колес, благодаря одному лишь трению между ними? Снова возникает вопрос о доверии к силе трения — достаточна ли она для этого?



Передача гладкими колесами иногда применяется (ее называют фрикционной передачей). Правда, она обычно применяется лишь в тех случаях, когда надо передавать не очень большие усилия. Вы увидите ее у себя дома на хорошо знакомой вам ручной швейной машине, в устройстве для наматывания шпулек. Для увеличения трения колесико прижимается пружиной и имеет резиновую шину.

А вот и большой механический молот, который приводится в действие фрикционным устройством (рис. 161). К его бабе прикреплена доска, сжимаемая с обеих сторон двумя вращающимися барабанами. Одной лишь силой трения поднимают они тяжелую бабу молота. А когда барабаны разжимаются, баба падает и ударяет по поковке.

Фрикционная передача оказалась полезной для плавного, бесступенчатого изменения скоростей. Присмотритесь к схеме А на рисунке 162. Ведущий ролик 1 катится по боковой поверхности большого ведомого диска 2 и передает ему движение. Но ролик 1 можно передвигать вверх и вниз, то есть дальше от оси диска или ближе к ней. От этого изменится диаметр ведомого колеса, а значит, и получаемая скорость. Ведь чем ближе к оси диска переместится

ролик, тем меньше будет диаметр ведомого колеса, тем с большей скоростью будет вращаться диск 2, и наоборот.

Но передача движения может происходить и от большого диска 2 к передвигному ролику 1. Подумайте, когда скорость ведомого ролика 1 будет увеличиваться и когда уменьшаться — при его приближении к оси или к окружности большого диска 2? Разберитесь также сами в изменениях скорости ведомых дисков 2 в передаче, изображенной на рисунке 162, Б, — с двумя дисками и передвигным роликом между ними. А вот еще одна интересная передача (рис. 162, В), в которой ведущим и ведомым являются ролики 1 и 2, а оба диска играют лишь промежуточную роль. Как здесь будет изменяться скорость ведомого вала 2 при перемещениях того и другого ролика ближе или дальше от оси дисков?

На рисунке 163, Г изображен фрикционный винтовой пресс. Горизонтальный диск 3 вращает винт, который, опускаясь, давит на изделие. Сам диск 3 получает движение от вертикального диска 1 или от диска 2. С помощью рычага можно продольно смещать ось обоих этих дисков, отчего в соприкосновении с ведомым диском 3 вступает или диск 1 или диск 2. Пусть движение передает диск 1. Винт пресса опускает-

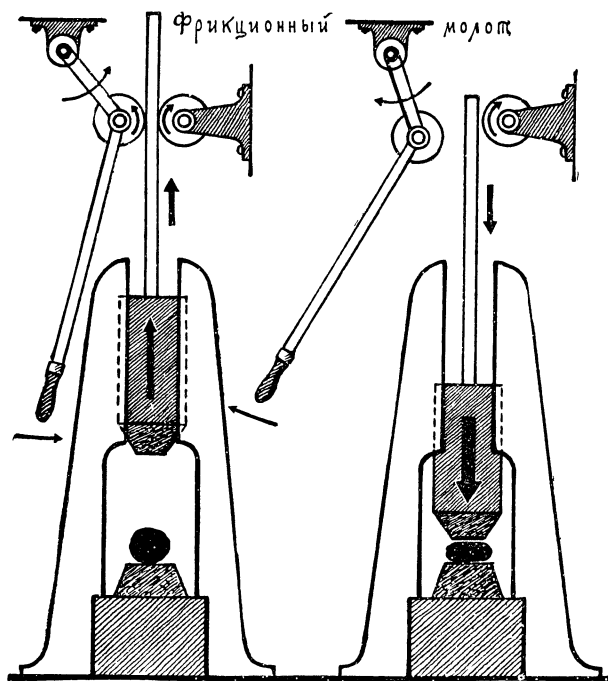
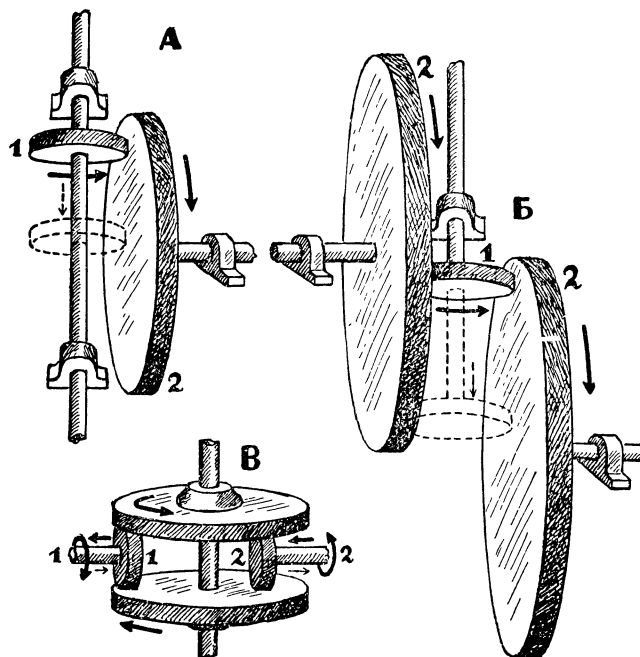


Рис. 161.



Различные фрикционные механизмы
Рис. 162.

ся. Но с ним вместе опускается и диск 3. Поэтому он перемещается от оси ведущего диска 1 к его краю. А мы уже знаем, что от этого скорость ведомого диска 3 возрастает. Значит, и винт пресса движется вниз ускоренно.

Сделаем переключение и введем в соприкосновение с ведомым диском 3 другой ведущий диск 2. Диск 2 вращается в том же направлении, что и диск 1. А в каком направлении будет теперь вращаться горизонтальный диск 3? Рассмотрим чертеж. Диск 3 (а с ним и винт пресса) получит движение в направлении, противоположном прежнему. Поэтому винт пресса будет подниматься вверх. При этом подниматься он будет замедленно. Ведь ведомый диск 3 перемещается все ближе к оси ведущего диска 2 и, следовательно, получает все меньшую скорость. Это будет задерживать работу пресса и вызовет потерю дорогого времени на производстве. Подумайте, как перестроить передающий механизм, чтобы винт пресса и вверх двигался ускоренно. Ответ дает чертеж (рис. 163, Д), в котором постарайтесь разобраться сами.

На этом примере вы видите еще одно важное применение фрикционной передачи — для изменения направления движения частей машин (или, как говорят, для

его реверсирования). Таких механизмов много. На рисунке 163, Е ведущее коническое колесо 1 может передать вращение или колесу 2, или колесу 3. Оба эти ведомых колеса вращаются на общем валу. Вал можно несколько смещать вправо или влево, отчего в соприкосновение с ведущим колесом 1 вступит или колесо 2, или колесо 3, и движение будет передаваться тому или другому. Но колесо 2 (а с ним и вал) получит вращение в одном направлении, а колесо 3 — в другом.

Кто из вас не интересовался механизмами автомобиля. И вы, вероятно, знаете, что в нем есть фрикционная муфта сцепления. Когда надо изменить скорость движения машины и для этого переключить шестерни коробки передач, водитель нажимает педаль и с помощью механизма сцепления на время отделяет коробку от двигателя. Без этого, переключая шестерни, можно поломать их зубья.

Механизм сцепления (рис. 164) состоит из двух дисков: ведущего ВЩ и ведомого ВМ. Ведущий диск наглухо прикреплен к маховику, связанному с валом двигателя автомобиля ВД. Ведомый же диск связан с валом коробки передач ВК. Во время движения автомобиля (рис. 164, А) он прижимается к ведущему диску сильными пружинами

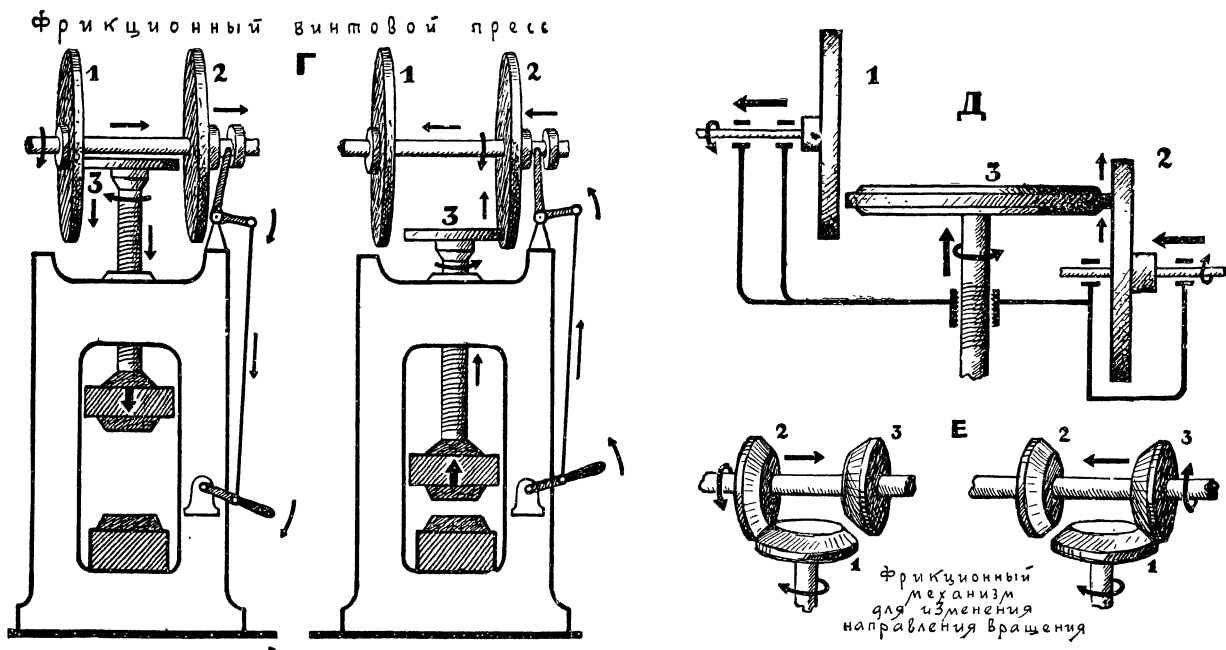


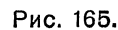
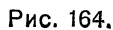
Рис. 163.

Чтобы увеличить трение, поверхность дисков покрывают особым слоем из прессованного асбеста. На некоторых грузовых автомобилях для более сильного сцепления делают не одну, а две пары дисков.

Диски сцепления своим трением могут передавать очень большие усилия. Но заметили ли вы существенную разницу между ними и другими фрикционными механиз-

В мире зубчатых колес

Зубчатое колесо появилось очень давно — его знали уже в древности; довольно широко применялось оно и в средние века. На рисунках 166 и 167 изображены старинные механизмы с зубчатыми передачами, с помощью которых поднимали из реки воду для орошения полей. Эти предки современных зубчатых колес были еще очень примитивны и неуклюжи. По окружности одного из колес вместо зубьев выступали короткие деревянные стержни (штыри). А на окружности другого колеса было устроено



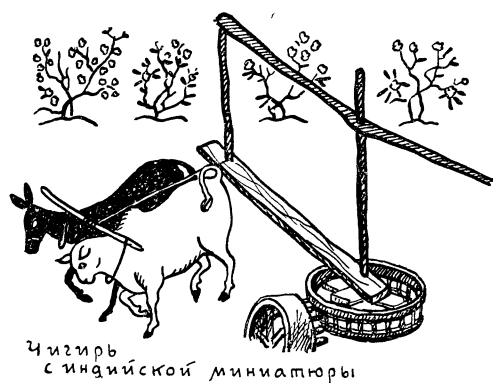


Рис. 166.

подобие решетки, в промежутки которой входили эти штыри. Конечно, такое зацепление было еще очень несовершенным. Но принцип был найден. И из этого зародыша зубчатого колеса выросла целая область техники.

В наше время зубчатые колеса достигли большого совершенства. Форма их зубьев стала предметом глубоких научных исследований. Надо было создать такую форму зубьев и впадин между ними, чтобы между

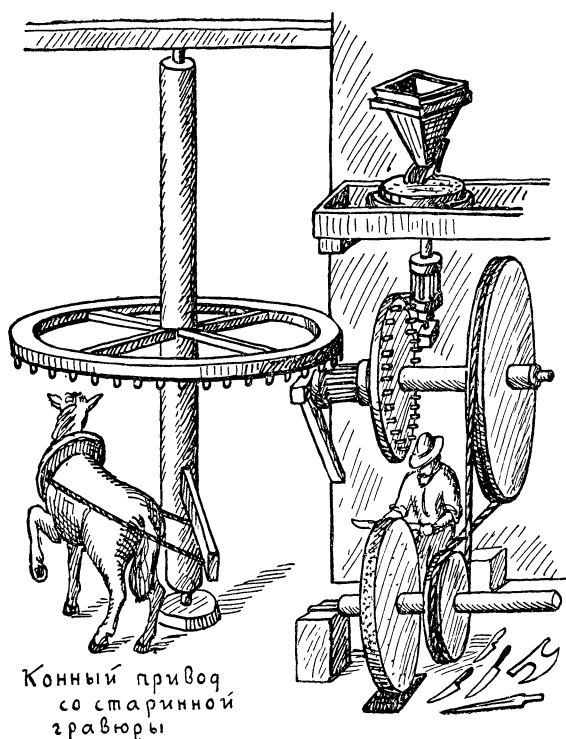
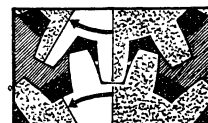
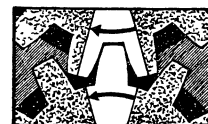
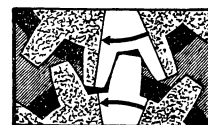
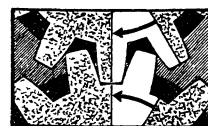


Рис. 167.

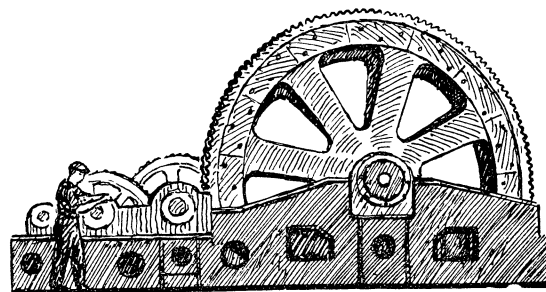
двумя колесами происходило возможно лучшее, надежное зацепление, способное передавать большие усилия. Но надо было добиться и того, чтобы зацепление происходило плавно, без ударов, и с возможно меньшим трением. А для этого нужно, чтобы зацепляющиеся зубья двух колес не скользили, а как бы катились один по другому.

Сложные геометрические построения и расчеты привели в конце концов к созданию наивыгоднейшего профиля зубьев. Проследите на рисунке 168, как обкатываются такие зубья один по другому. Принцип колеса в новой, более сложной форме перенесен здесь в построение каждого зуба и даже отдельных его частей.

Наши автомобильные и другие заводы производят миллионы зубчатых колес разного размера и формы. Их изготавливают специальные зуборезные станки-автоматы. Интересно, что и при нарезании зубьев режущий инструмент как бы обкатывается по будущим зубьям заготовки.



Взаимное обкатывание зубьев шестерен
Рис. 168.



Гигантское зубчатое колесо механизма шлюза
Рис. 169.

Зубчатые колеса бывают самых различных размеров — от гигантов до карликов. Посмотрите на гигантское зубчатое колесо, изображенное на рисунке 169. Это механизм затвора шлюза, построенный для Вол-

го-Донского канала имени В. И. Ленина рабочими Ново-Краматорского завода. И в сравнении с ним представьте себе колесики-лилипуть секундных стрелок ручных часов. Они имеют всего 10 миллиметров в диаметре, но каждый зубик их должен быть изготовлен с очень высокой точностью.

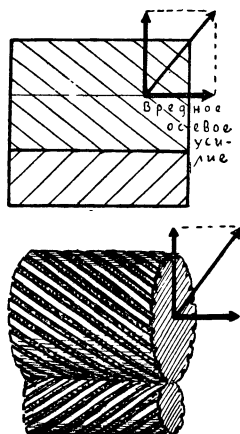
Наблюдая механизмы машин, вы нередко заметите, что зубья их колес сделаны не прямыми, а косыми (рис. 170). Для чего это делается?

Во-первых, при такой форме зубья двух колес дольше оказываются в зацеплении. А во-вторых, одновременно зацепляются не одна пара зубьев, а больше. И то и другое важно для того, чтобы зубчатые колеса лучше передавали большие усилия. Но у колес с такой формой зубьев оказались и недостатки. Посмотрите на рисунке 170, как разлагаются силы на косых зубьях (по знакомому вам правилу параллелограмма сил). От этого образуется сила, направленная по оси колеса. Она давит на подшипник и причиняет ему вред. Чтобы устранить это вредное действие, стали делать шевронные колеса, у которых косые зубья направлены в обе стороны в виде елки (рис. 171). Теперь осевые силы действуют как бы навстречу друг другу и взаимно уничтожаются.

Разглядывая зубчатые передачи, вы, конечно, замечали, что зацепленные колеса бывают разной величины, с неодинаковым числом зубьев. Движение передается с меньших колес на большие, или наоборот.

Это делается для изменения скорости вращения (числа оборотов). Так как современные двигатели (электрические и теп-

ловые) дают громадную скорость — до тысячи оборотов в минуту и больше, — то обычно зубчатые механизмы в машинах уменьшают скорость. Поэтому в различных станках, в автомобилях и др. вы чаще увидите передачу с меньших зубчатых колес на большие. Но бывают случаи, когда приходится увеличивать число оборотов и для этого передавать движение с больших колес на меньшие. Такие зубчатые механизмы вы можете

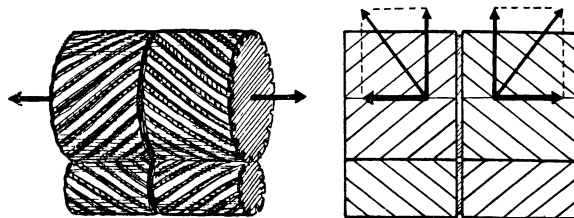


Разложение сил в зубчатых колесах
Рис. 170.

найти в некоторых сельскохозяйственных машинах (например, в косилках), где движение к рабочим частям передается от медленно вращающихся ходовых колес.

В технике часто приходится производить точные расчеты скорости машин. И вам тоже стоит научиться этому.

Каждый передающий механизм изменяет число оборотов в определенное число раз (в два, в три и т. д.). Это называют передаточным отношением данного механизма. Если, например, за один полный оборот ведущего колеса ведомое повернется лишь на $\frac{1}{3}$ оборота, то есть скорость его (число оборотов) уменьшится в три раза, говорят, что



Взаимное уничтожение вредных осевых сил
Рис. 171.

передаточное отношение в этой паре колес один к трем (1:3, или $\frac{1}{3}$). Передаточное отношение важно во всех колесных механизмах (ременных, цепных, фрикционных, зубчатых). Поднимите с земли заднее колесо вашего велосипеда и сосчитайте, сколько оборотов оно сделает (без свободного хода) за один оборот педалей. Какое здесь передаточное отношение?

В зубчатых механизмах передаточное отношение зависит от числа зубьев обоих колес (рис. 172). Берется отношение числа зубьев ведущего колеса z_1 к числу зубьев ведомого колеса z_2 , то есть $z_1 : z_2$. Если, например, у ведущего колеса 8 зубьев, а у ведомого их 24, то передаточное отношение этой пары зубчаток будет 8:24, или 1:3. И если скорость ведущего колеса $n_1 = 300$ оборотов в минуту, то скорость ведомого будет

$$n_2 = n_1 \frac{z_1}{z_2} = 300 \frac{8}{24} = 100 \text{ об/мин.}$$

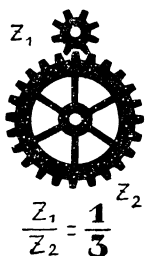
По этой формуле и производят расчеты. Сосчитайте сами число зубьев в тех механизмах, которые вам придется наблюдать на практике, и рассчитайте их передаточное отношение — во сколько раз изменяют они скорость?

В практике часто приходится решать такую задачу. Известно, какую скорость дает

двигатель (скажем $n_1 = 500$ оборотов в минуту). Известно также, с какой скоростью должен вращаться вал машины ($n_2 = 125$ оборотов в минуту). Надо подобрать колеса для передачи. Пусть у ведущего колеса $z_1 = 16$ зубьев. Сколько зубьев (z_2) должно быть у ведомого? Задача решается по той же формуле $n_2 = n_1 \frac{z_1}{z_2}$. Но опре-

делить здесь надо z_2 . Рассчитайте его сами.

Между прочим, вы часто услышите, что зубчатые колеса называют шестернями. У этого слова есть своя история, не лишенная интереса. Дело в том, что для увеличения передаточного отношения одно из колес в зубчатой паре надо делать возможно большим, а другое — возможно меньшим. Но опыт показал, что для правильного зацепления число зубьев у меньшего колеса должно быть не слишком малым. И вот раньше малые колеса в механизмах обычно



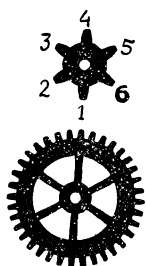
Передаточное отношение в зубчатой передаче
Рис. 172.

слишком большим — обычно не больше, чем в шесть раз (в некоторых механизмах в десять раз). А между тем в машинах нередко бывает нужно изменить скорость в гораздо большее число раз.

Как же быть в таких случаях?

Вы часто увидите механизмы не с одной, а с несколькими парами зубчатых колес. Такая сложная зубчатая передача дает возможность получить изменение скорости в гораздо большее число раз, чем с помощью одной только пары колес. Как расположены колеса в таких механизмах и как передается в них движение?

Рассмотрите, например, механизм лебедки (рис. 174).



Что такое «шестерня»?
Рис. 173.

На том же (втором) валу, на котором находится ведомое (большое) колесо первой пары z_2 , и с той же скоростью, как оно, вращается ведущее (малое) колесо второй пары z_3 . Оно передает движение дальше своему ведомому колесу z_4 , вращающемуся на третьем валу. Если числа зубьев этих колес $z_1 = 12$; $z_2 = 36$; $z_3 = 15$; $z_4 = 60$ и если ведущее колесо первой пары вращается со скоростью $n_1 = 600$ оборотов в минуту, то его ведомое колесо будет иметь скорость

$$n_2 = n_1 \frac{z_1}{z_2} = 600 \frac{12}{36} = 200 \text{ об/мин.}$$

С такой же скоростью будет вращаться и ведущее колесо второй пары ($n_3 = n_2$). Ведомое же колесо второй пары будет иметь скорость

$$n_4 = n_3 \frac{z_3}{z_4} = 200 \frac{15}{60} = 50 \text{ об/мин.}$$

При расчетах таких передач пользуются объединенной формулой и расчет производится сразу:

$$n_4 = n_1 \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} = \frac{600 \cdot 12 \cdot 15}{36 \cdot 60} = 50 \text{ об/мин.}$$

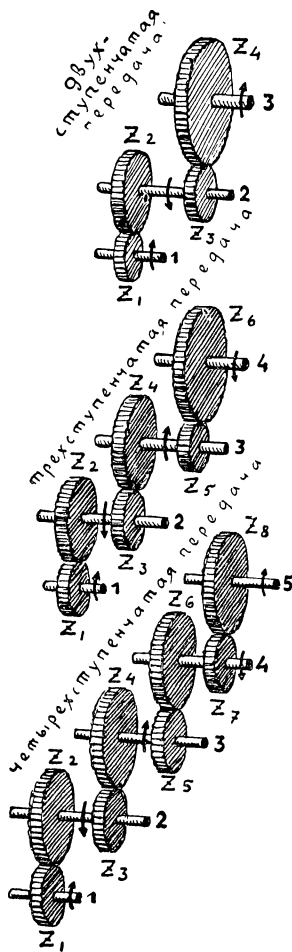
В сложной зубчатой передаче может быть и больше пар колес: три, четыре пары, например в трех- или четырехступенчатых лебедках. Они еще больше изменяют скорость.

Рассмотрите, как передается движение в некоторых более оригинальных механизмах (рис. 175) — с двумя и с четырьмя ступенями уменьшения скорости. Разветвление передачи в две стороны сделано в них для большей уравновешенности сил в механизме.

Но ведь в машинах важна не только скорость, важно и направление движения. Какое же направление вращения дают зубчатые передачи? Рассмотрите это на рисунках 174 и 175. Вы видите, что при одной паре колес ведущее вращается в одну сторону, а ведомое — в другую. А при двух парах? Вторая пара опять меняет направление, и последнее ведомое колесо вращается в ту же сторону, что и первое ведущее. Так каждая новая пара будет менять направление вращения.

Но вот своеобразный механизм (рис. 176), в котором малое колесо вращается внутри большого. Это называется внутренним зацеплением. В каком направлении вращается здесь ведомое колесо? В том же, что и ведущее.

А вот еще один, новый для нас вид зубчатых колес (рис. 177). Если вы наблюда-



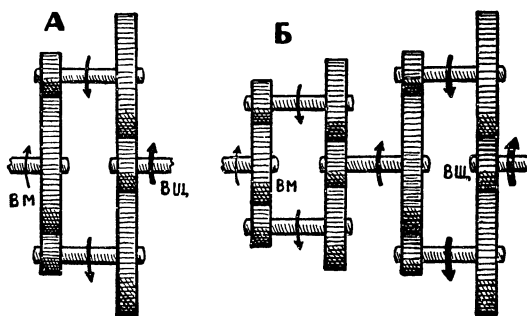
Зубчатые передачи с несколькими парами колес
Рис. 174.

передаваемую скорость никакого влияния не окажет. Вот за это и назвали его паразитным. Рассчитайте скорости в более сложном

мельны, то заметите, что, в отличие от прежних, среднее колесо 2 зацеплено здесь с двумя другими колесами — 1 и 3. За такими промежуточными колесами, зацепленными с двумя другими, закрепилось довольно непривлекательное название «паразитные». Откуда произошло это название и справедливо ли оно? Дело в том, что колеса эти не влияют на изменение скорости данной передачи. В самом деле, пусть числа зубьев наших трех колес z_1, z_2 и z_3 . Число оборотов ведомого

$$n_3 = n_1 \frac{z_1 \cdot z_2}{z_2 \cdot z_3} = n_1 \frac{z_1}{z_3}.$$

Куда делось z_2 — число зубьев промежуточного колеса? Оно оказалось как в числителе, так и в знаменателе дроби и поэтому сократилось. Значит, каково бы ни было число зубьев этого колеса, оно на



Особые случаи зубчатых механизмов
Рис. 175.

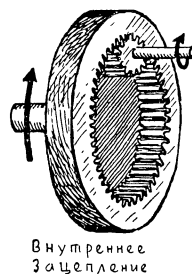
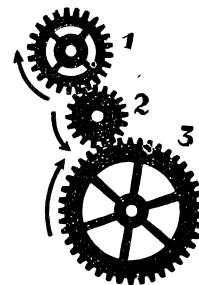
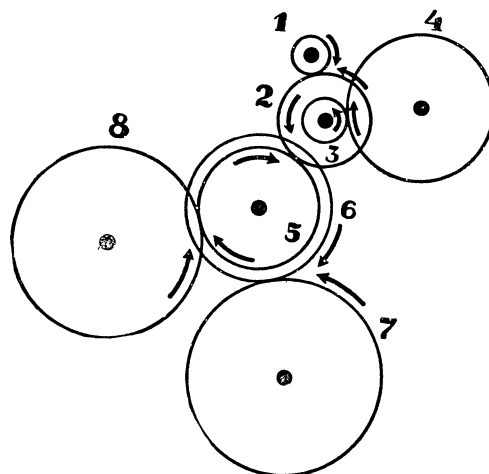


Рис. 176.



Паразитное колесо
Рис. 177.

зубчатом механизме, изображенном на рисунке 178. От ведущего колеса 1 движение передается в трех направлениях — к колесам 4, 7 и 8. Рассчитайте скорости этих трех ведомых колес (n_4, n_7 и n_8), если колесо 1 получает от двигателя $n_1 = 500$ оборотов в минуту, а число зубьев $z_1 = 15, z_2 = 40, z_3 = 15, z_4 = 60, z_5 = 45, z_6 = 60, z_7 = 80, z_8 = 80$.



Задача на расчет сложной зубчатой передачи
Рис. 178.

Но помните, что некоторые из этих колес в одной передаче окажутся рабочими колесами, а в другой — паразитными. Например, число оборотов 7-го колеса

$$n_7 = n_1 \frac{z_1 \cdot z_2 \cdot z_3 \cdot z_4}{z_2 \cdot z_5 \cdot z_6 \cdot z_7} = n_1 \frac{z_1 \cdot z_4}{z_5 \cdot z_7}.$$

Колесо 2 здесь паразитное.

И все же название «паразитное» не вполне справедливо. В технике стараются не делать ничего бесполезного и лишнего. Такое промежуточное колесо позволяет осуществить передачу между более далекими

валами, оно как бы связывает их. А главное, оно изменяет направление вращения. Ведь без него ведомое колесо вращалось бы противоположно ведущему. А с ним колесо 3 на рисунке 177 вращается в ту же сторону, как и первое.

Вот, например, трензель, который вы увидите на токарных станках. Он изменяет направление вращения ходового валика, а тем самым и направление движения суппорта с резцом станка — влево или вправо (при рабочем и при холостом ходе).

Рассмотрите рисунок 179. Движение от

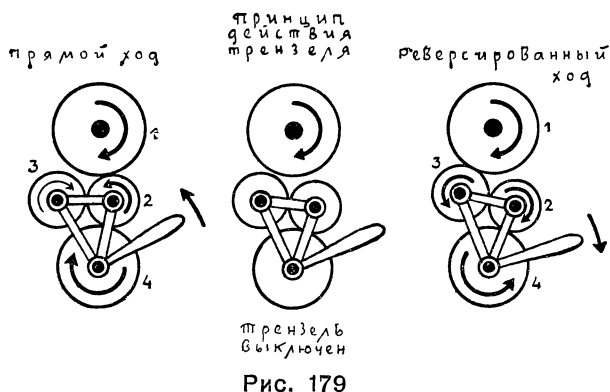
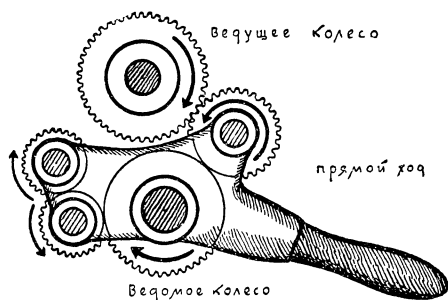


Рис. 179



Устройство трензеля токарного станка
Рис. 180.

ведущего колеса 1 к ведомому 4 может передаваться или через одно или через два паразитных колеса 2 и 3. Колеса эти можно передвигать на подвижной раме. Если ввести в зацепление лишь одно паразитное колесо (как на левом рисунке), ведомое колесо 4 будет вращаться в том же направлении, что и ведущее колесо 1. Если же движение будет передаваться через оба паразитных колеса (как на правом рисунке), ведомое колесо будет вращаться в противоположном направлении. На рисунке 180 показан трензель несколько другого устройства. Разберитесь сами в его действии.

Замечательные коробки

В металлорежущих станках, в автомобилях, тракторах и других машинах применяются коробки скоростей или передач, в которых находятся сложные механизмы, изменяющие скорости. И с помощью такой коробки очень удобно управлять машиной.

Применяются разные способы переключения передач в коробках. На рисунке 181 показан принцип передвижных шестерен. Вдоль верхнего (ведущего) вала передвигается каретка или блок из трех зубчаток различного диаметра и числа зубьев. При этом зубчатки эти вступают в зацепление с тем или другим из зубчатых колес нижнего (ведомого) вала и передают ему движение. В зависимости от соотношения диаметров, а значит, и чисел зубьев шестерни каретки и ведомого колеса, нижний вал получает разное число оборотов. Подвижная каретка свободно сидит на своем валу и поэтому может скользить вдоль него. Но вал имеет продольные выступы (шпонки), а во втулке каретки сделаны такой же формы канавки, в которые входят эти выступы вала. Поэтому, когда вал вращается, он увлекает с собой и каретку и она обязательно вращается вместе с ним.

А вот другой интересный принцип переключения передач в коробке — с помощью сцепных муфт (рис. 182).

Четыре верхние ведущие шестерни

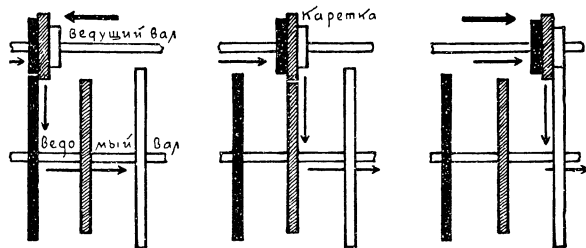
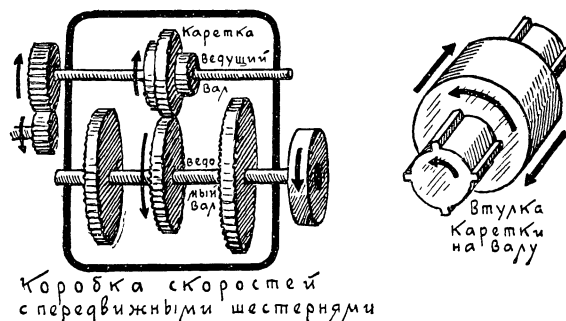


Рис. 181.

(рис. 183) жестко соединены со своим валом и вращаются вместе с ним. Четыре же шестерни нижнего ведомого вала не связаны с ним и могут свободно на нем вращаться. Но между колесами 1 и 2 и между колесами 3 и 4 нижнего вала находятся сцепные муфты. Рассмотрите их действие на рисунках 182 и 183.

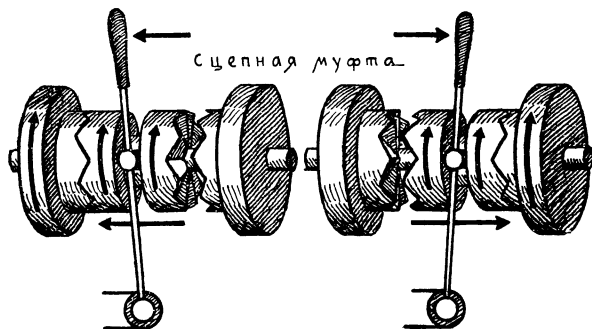


Рис. 182.

Муфты M_1 и M_2 вращаются вместе с валом, но могут немного смещаться вдоль него. Если муфта находится как раз посередине между двумя колесами, она не сцеплена ни с тем, ни с другим, и оба они вращаются свободно. Если же немного сдвинуть муфту вправо или влево, она своими боковыми зубьями войдет в углубления на боковой поверхности втулки того или другого колеса,

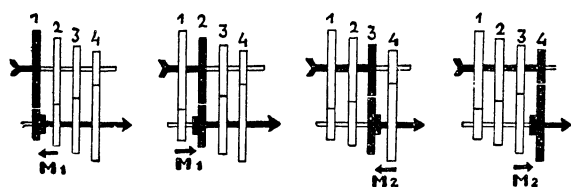
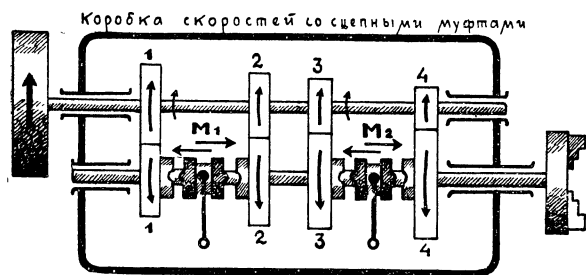


Рис. 183.

и тогда колесо это через муфту окажется связанным с валом и будет передавать ему вращение. Все же три остальных колеса будут при этом по-прежнему свободно вращаться на валу. Смещая так муфты M_1 или M_2 , можно включить любую из четырех передач с разным соотношением диаметров и чисел зубьев ведущего и ведомого колес и этим получить нужную скорость. Сцепные муфты или передвижные блоки легко и удобно переключаются рычагами управления. Для этого стоит только повернуть рукоятку снаружи коробки.

Коробки скоростей или передач в станках и автомобилях бывают очень сложны и разнообразны. В них сочетаются как эти, так и другие способы переключения. Чтобы получить большее число разных скоростей, делают коробки с тремя и более валами, между которыми производятся сложные переключения зубчатых колес.

К рассмотренной нами коробке со сцепными муфтами можно добавить еще третий вал с двумя новыми парами зубчатых колес (рис. 184). Такое устройство называется перебором. С помощью третьей муфты M_3 можно включить или выключить перебор. Если выключить его, движение будет передаваться по более короткому пути (не проходя через перебор), и коробка будет давать прежние четыре скорости. Если же

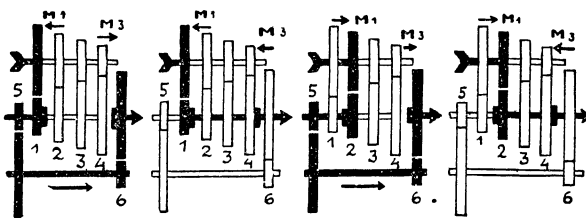
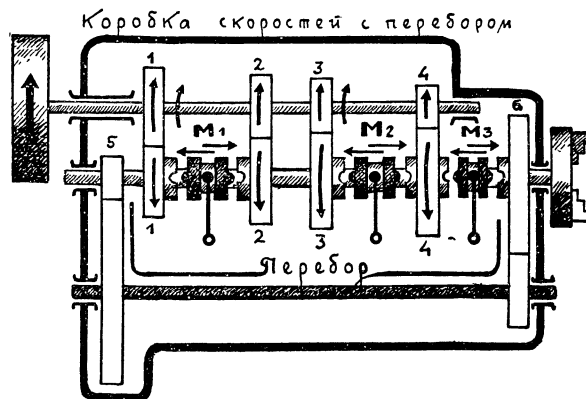


Рис. 184.

включить перебор, движение пойдет по более длинному пути — через вал перебора (оно будет передаваться через две пары его зубчатых колес, как показывает стрелка), и число оборотов значительно уменьшится. Но ведь это уменьшение скорости перебором можно получить при передаче каждой из четырех основных пар зубчаток. Поэтому вместо четырех скоростей теперь можно получить их уже восемь — четыре без перебора и еще четыре с перебором.

Следует остановиться еще на одном своеобразном решении все той же важнейшей

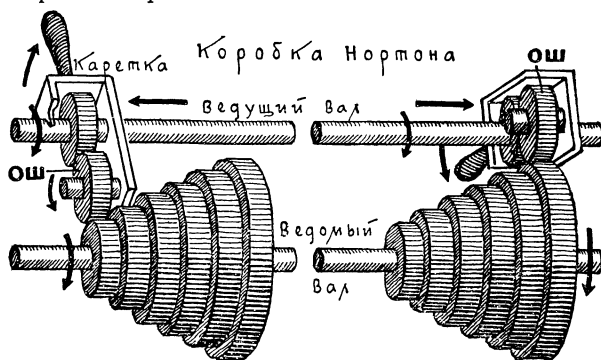


Рис. 185.

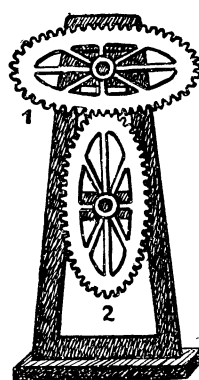
задачи переключения передач. Это так называемая коробка Нортон, которая часто применяется для изменения подачи, например, суппорта токарного станка (рис. 185). На ведомом валу вращается целый набор зубчатых колес с различными диаметрами и числами зубьев (вроде ступенчатого конуса). Вдоль него по ведущему валу движется каретка с зубчатым колесом, передающим движение. Кроме того, к этой каретке шарнирно прикреплена еще одна шестерня — ОШ, которую можно откидывать в сторону или, наоборот, вводить в зацепление и соединять ею ведущее и ведомое колеса. Чтобы сделать переключение, особой рукояткой откидывают эту шестерню, передвигают каретку вдоль вала и в нужном месте снова накидывают промежуточную шестерню, включая ее между ведущим колесом и любым из ведомых. Этим получают большее или меньшее передаточное отношение и нужную скорость подачи.

Необыкновенные зубчатки

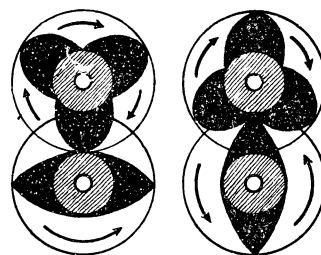
Рассмотрим теперь некоторые особые, более оригинальные виды зубчатых механизмов, которые можно встретить в разных

машинах. Посмотрите, например, на эту странную пару некруглых, эллиптических колес (рис. 186). Для чего может понадобиться такой механизм? Для того, чтобы при равномерном вращении ведущего вала 1 получить неравномерное вращение ведомого вала 2. А такое движение с закономерным изменением скорости в современных машинах нередко бывает очень нужным. Вспомните в эти колеса: при каком их положении (при каком соотношении их диаметров) ведомое колесо будет вращаться быстрее, а при каком медленнее? Все дело здесь в соотношении диаметров ведущего и ведомого колес в разные моменты их оборота. Когда D_1 больше D_2 , скорость ведомого колеса возрастает; когда же D_1 меньше D_2 , она, наоборот, уменьшается. С этой точки зрения разберитесь и в других изображенных здесь механизмах (рис. 187) с еще более сложной формой колес. Как будет изменяться скорость ведомого колеса при равномерном вращении ведущего?

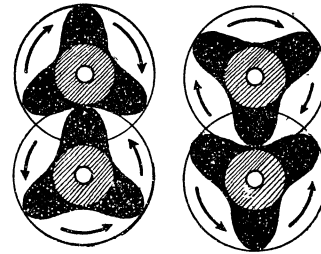
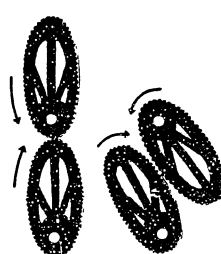
Нередко бывает нужно, чтобы части машин двигались не непрерывно, а с остановками. Простым способом для этого может служить колесо с неполным числом зубьев,



Эллиптические колеса
Рис. 186.



Зубчатые колеса сложной формы
Рис. 187.



у которого лишь часть окружности имеет зубья, а другая часть их не имеет (рис. 188). Такое колесо должно быть ведущим, ведомое же должно иметь зубья по всей окружности. Пока к ведомому колесу обращена зубчатая часть ведущего, движение передается. Но как только подойдет гладкая часть ведущего колеса (несколько меньшего радиуса), ведомое остановится и не будет вращаться до тех пор, пока к нему опять не подойдут зубья ведущего. Делая зубчатой или гладкой разные части окружности колеса (рис. 189, 190), можно получить остановки в течение любой нужной части оборота или даже несколько раз за один оборот. Таков принцип. Конструктивно механизмы эти более сложны.

Существуют счетные машины — замечательные машины-математики, которые по заданию человека с большой скоростью производят очень сложные расчеты. Современные счетные машины основаны на



Зубчатые колеса с неполным числом зубьев
Рис. 188.

действии сложнейших электрических устройств. Но предком их был довольно простой механизм, в котором применялись колеса с неполным числом зубьев. Так как наш счет построен на десятикратном отношении между единицами, десятками, сотнями и т. д., то и в основу работы этих механизмов положен принцип десятикратного передаточного отношения между зубчатыми колесами (рис. 191). В каждой паре колес ведомое имеет десять зубьев. На окружности же ведущего всего один зуб, так что остальная часть его окружности не имеет зубьев. Поэтому за один полный оборот ведущего колеса ведомое поворачивается лишь на $1/10$ часть оборота. А за десять оборотов ведущего ведомое делает один полный оборот. Обороты ведущего колеса ведут счет единицам, а обороты ведомого — десяткам.

На общем валу с ведомым колесом этой первой пары вращается ведущее колесо следующей пары. Оно также имеет всего один зуб и таким же образом поворачивает ведомое с десятью зубьями. Но здесь уже

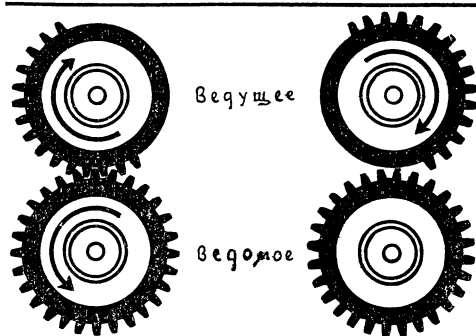
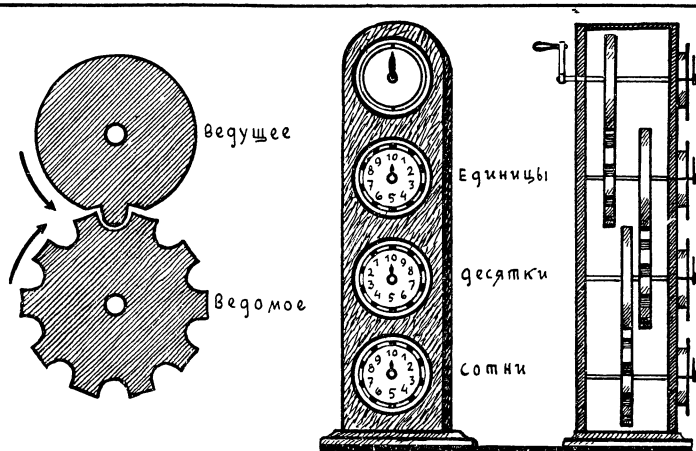


Рис. 189.



Простейшая счетная машина

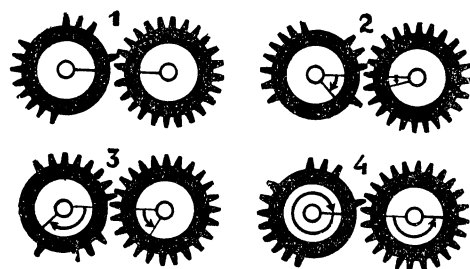


Рис. 190.

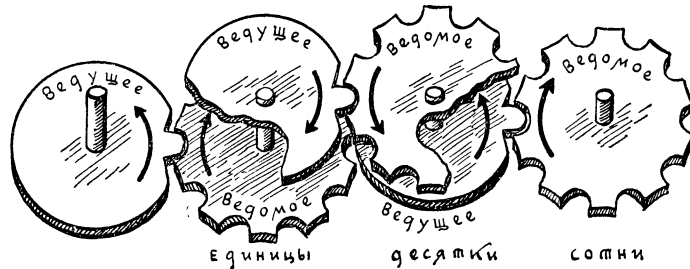
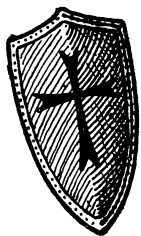


Рис. 191.

обороты ведущего колеса ведут счет десяткам, а обороты ведомого — сотням. Так происходит и дальше для счета тысяч и т. д.

Был когда-то на острове Мальта мальтийский орден рыцарей. Этих рыцарей давно уже нет. Но в механике сохранилось выражение «мальтийский крест» как название одного интересного механизма, который внешне несколько похож на форму того креста (с длинными лучами), который рыцари этого ордена рисовали на своей одежде и доспехах (рис. 192). Мальтийский крест служит для того, чтобы создавать вращение с остановками. Рассмотрите на рисунке 193 устройство и действие этого своеобразного механизма. Колесо в виде креста является в нем ведомым; ведущей же частью служит круглый диск, на окружности которого в одном только месте выступает палец. Этот палец входит в прорези ведомого креста, которые направлены от его окружности к середине.



Мальтийский крест
Рис. 192.

Проследим, что происходит за один оборот ведущего диска. Его палец подходит к прорези креста (1) и входит в нее, поворачивая вместе с собой крест (2). Палец сперва углубляется в прорезь, а при дальнейшем повороте движется обратно и выходит из нее. За это время крест (3) повернется на $\frac{1}{4}$ оборота. Но теперь палец уходит от креста, и мимо него движется гладкая окружность диска (без пальца). Она не увлекает за собой крест (4), и он остается неподвижным до тех пор, пока палец диска не обойдет кругом и снова не приблизится к следующей прорези креста. Таким образом, крест и связанные с ним рабочие части машины периодически поворачиваются на $\frac{1}{4}$ оборота, а между этими поворотами в течение определенного времени остаются неподвижными. Продолжительность паузы зависит от скорости ведущего диска и от его величины. Мальтийские кресты бывают самой различной формы, с разным числом и расположением прорезей (рис. 193). Подумайте: каковы будут их движения и остановки?

Познакомимся теперь с еще более слож-

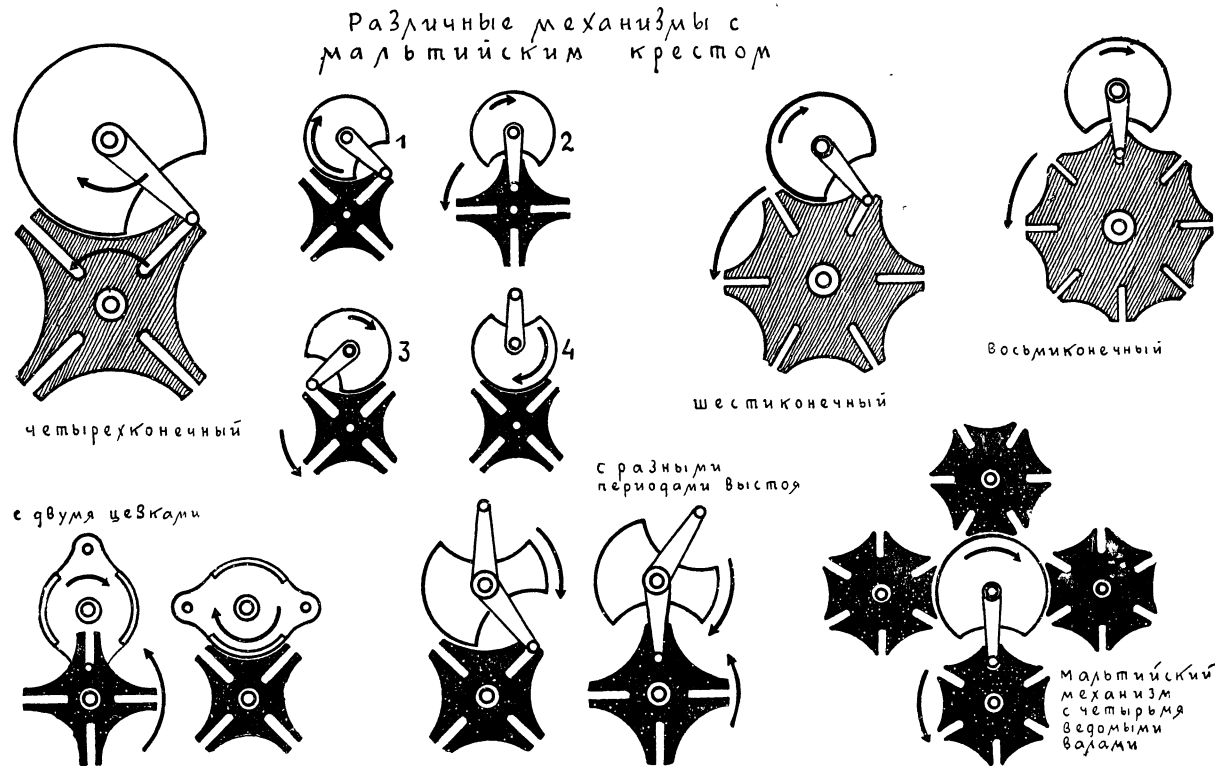


Рис. 193.

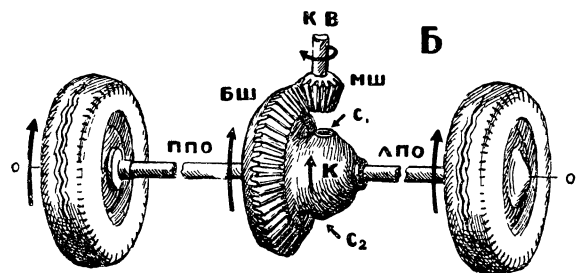
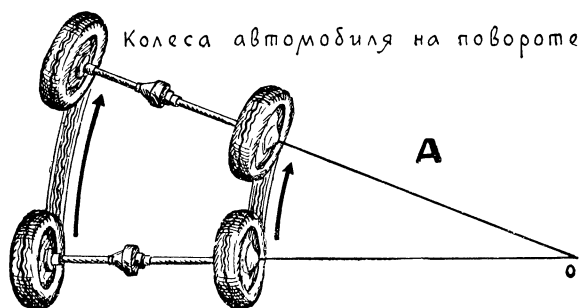
ными зубчатыми механизмами, которые очень интересны и имеют большое значение в современных машинах. Постарайтесь внимательно разобраться в этих более трудных вопросах. Вот, например, дифференциал автомобилей и колесных тракторов. Выясним прежде всего, для чего он служит. Если автомобиль делает поворот, скажем, направо (рис. 194, А), его правое заднее колесо проходит меньший путь и вращается с меньшей скоростью (делает меньше оборотов), чем левое колесо. Поэтому и правая половина задней оси (полуось) вращается несколько медленнее, чем левая полуось. Значит, надо так передать движение от карданного вала автомобиля *КВ* задним полуосям, чтобы они на поворотах могли вращаться с разной скоростью. Эту сложную задачу и выполняет дифференциал.

Рассмотрим схему дифференциала (рис. 194, Б—Е). Он состоит из стальной коробки *К*, внутри которой находятся четыре конических зубчатых колеса. Оси этих колес расположены в виде креста. Из этих четырех зубчаток правое и левое колеса — *ПК* и *ЛК* — находятся на внутренних концах правой и левой полуосей *ППО* и *ЛПО* автомобиля, идущих к его колесам. Зубчатки же *С₁* и *С₂* имеют особое, сложное

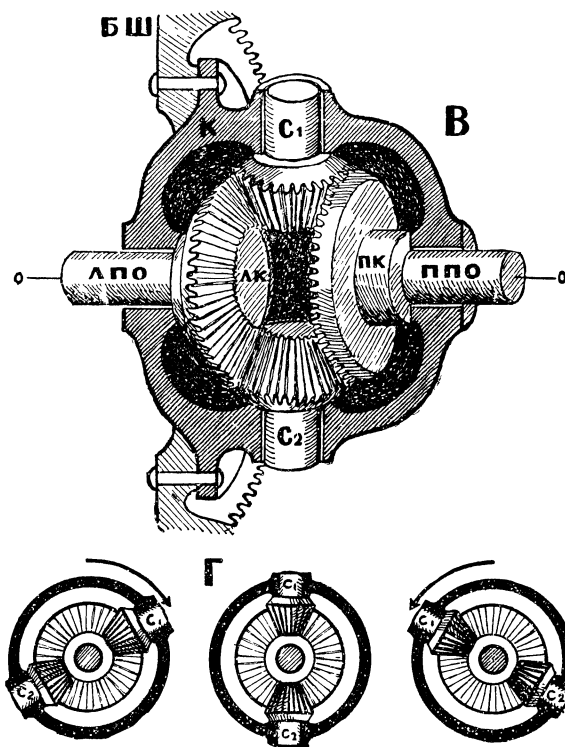
назначение и называются сателлитами. Коробка *К* и весь механизм в целом вращается вокруг горизонтальной оси *о—о*, получая движение от главной передачи автомобиля *МШ* и *БШ*. Но с полуосями *ППО* и *ЛПО* коробка *К* не связана. Полуоси свободно проходят через отверстия в ее стенках и могут вращаться с другими скоростями. Движение от главной передачи к полуосям передается сложным, окольным путем — сперва стенкам коробки, от них — валам сателлитов *С₁* и *С₂*, и уже от них — зубчаткам *ПК* и *ЛК* и полуосям.

Пока автомобиль едет по прямому пути, его правое и левое ходовые колеса, их полуоси и зубчатки *ПК* и *ЛК* вращаются с одинаковой скоростью. И в это время сателлиты *С₁* и *С₂* на своих валах не вращаются. Они только вместе со всем механизмом обращаются вокруг общей горизонтальной оси *о—о*. Сателлиты служат как бы клиньями, вставленными между колесами *ПК* и *ЛК* и передают им вращение от стенок коробки.

Но вот автомобиль делает поворот. Что произойдет теперь в его дифференциале, когда полуоси и их зубчатки *ПК* и *ЛК* начнут вращаться с разной скоростью? Когда, скажем, у правой зубчатки число



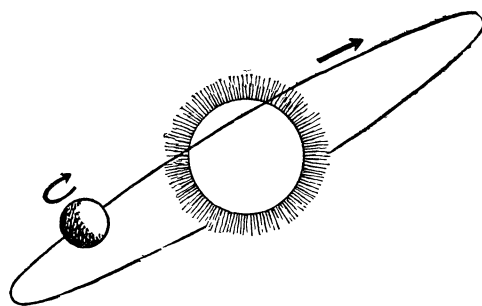
Дифференциал автомобиля
Рис. 194.



оборотов будет больше, чем у левой? Теперь сателлиты C_1 и C_2 начнут медленно поворачиваться на своих валах, как бы немного перекачиваясь по зубчаткам полуосей. Скорость их будет небольшой, она будет равна лишь разности скоростей зубчаток $ПК$ и $ЛК$. Если, например, правая полуось и ее зубчатка $ПК$ будет делать 60 оборотов в минуту, а левая полуось и зубчатка $ЛК$ — 50 оборотов в минуту, то сателлиты будут поворачиваться со скоростью всего лишь $60 - 50 = 10$ оборотов в минуту. Но, слегка поворачиваясь и обкатываясь по зубчаткам полуосей, сателлиты, как клинья, по-прежнему будут передавать им общее вращение всего механизма вокруг оси $o-o$. В этой передаче главное значение имеет не вращение сателлитов вокруг их собственных осей, а их обращение вместе с коробкой вокруг общей оси. Повороты же самих сателлитов дают лишь возможность передать это общее вращение при некоторой разности скоростей полуосей.

Уловили ли вы, как движутся сателлиты, в чем особенность их движения?

Они вращаются вокруг своей оси и в то же время обращаются вокруг оси всего механизма. Не вспоминается ли вам, где еще бывает сочетание таких двух движе-



Два движения планеты
Рис. 195.

ний? Аналогия здесь, правда, с очень далекой областью. Ведь так движется наш земной шар и другие планеты — они вращаются вокруг своей оси и в то же время обращаются вокруг Солнца (рис. 195). Сочетание таких двух движений в технике оказалось очень полезным и все более находит применение во многих машинах. Существуют разнообразные сложные механизмы, которые по сходству с движением планет так и называют планетарными механизмами.

Вот один из них, сравнительно более простой (рис. 196). Его центральное колесо 1 по аналогии с Солнцем называют солнечным колесом. В данном механизме оно закреплено неподвижно и служит лишь опорой. Вокруг него движется планетарное колесо (или сателлит) 2. Оно как бы обкатывается по зубчатой окружности центрального колеса. Это планетарное колесо приводится в движение коленчатым рычагом B (водителем). Ось сателлита O_2 обращается вокруг оси центрального колеса O_1 . В то же время сам сателлит вращается вокруг своей оси O_2 .

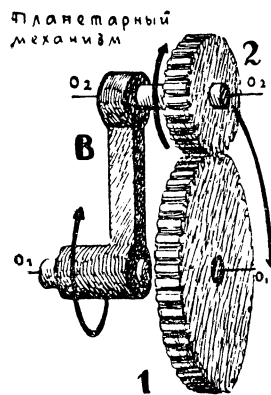
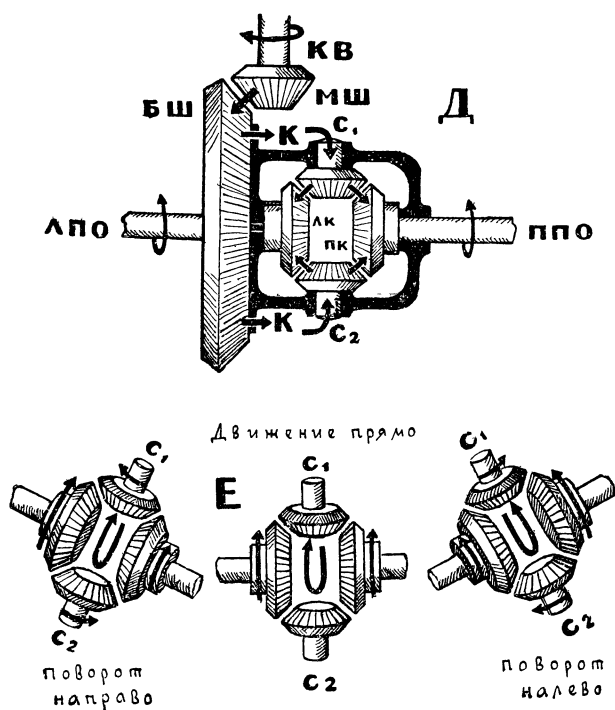
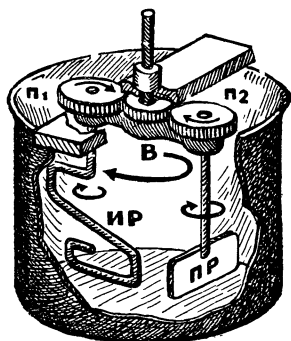


Рис. 196.

Это дает возможность получить сложные и разнообразные движения, нужные в некоторых машинах. Вот, например, месильная машина. Такие машины необходимы в химической и в пищевой промышленности для перемешивания теста, конфетной массы и др. (рис. 197). Изогнутая стальная «рука» $ИР$, перемешивающая массу, прикреплена



к планетарному колесу и получает от него движение. Проследите, какой сложный путь проходит месильная рука, вращаясь вокруг оси планетарного колеса $П_1$ и в то же время обращаясь вокруг центрального солнечного колеса. Такое движение руки способствует хорошему перемешиванию массы. В этом

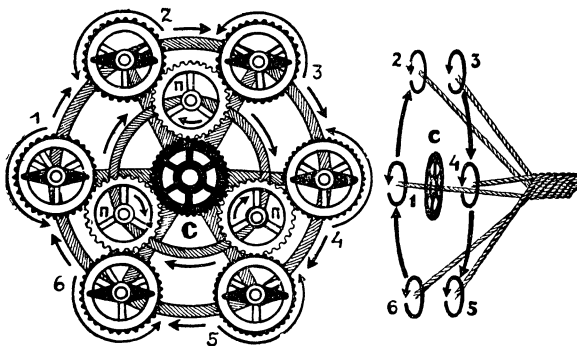


Месильная машина
с планетарным механизмом

Рис. 197.

механизме два планетарных колеса $П_1$ и $П_2$, которые движутся водилом $В$.

Планетарные механизмы очень разнообразны и бывают гораздо сложнее, из нескольких колес. Вот перед вами более сложный механизм канатной машины с несколькими планетарными колесами $1—6$ (рис. 198). Сочетание их вращения и обра-

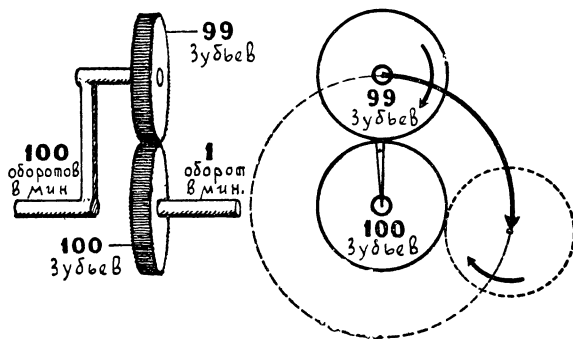


Машина для свивания канатов (схема)
Рис. 198.

щения вокруг солнечного колеса $С$ очень удобно для свивания сложных канатов. Каждая из этих «планет» скручивает отдельные жилы каната. А обращаясь вокруг своего «солнца», «планеты» свивают из этих жил канат в целом,

Во многих планетарных механизмах центральное, солнечное колесо тоже вращается. Такой механизм может служить для передачи движения от планетарного колеса (от его водила) к солнечному колесу, или наоборот. Интересно то громадное передаточное отношение, которое получается при такой передаче.

Подумайте сперва, что будет происходить, если планетарное и солнечное колеса имеют одинаковое число зубьев, скажем — каждое по сто зубьев, и, значит, оба колеса имеют одинаковую длину окружности. Планетарное колесо обкатится вокруг солнечного, но не приведет его в движение. А теперь представьте себе, что солнечное колесо имеет сто зубьев, а планетарное — девяносто девять зубьев, то есть на один зуб меньше. Вдумайтесь, что произойдет, когда такое планетарное колесо сделает один



Уменьшение скорости при помощи
планетарного механизма
Рис. 199.

полный оборот вокруг солнечного и вернется на прежнее место (рис. 199). Так как на его окружности на один зуб меньше, чем на солнечном, планетарное колесо немного повернет его, как бы оттолкнет назад. Но солнечное колесо повернется всего лишь на один зуб, то есть на одну сотую своего оборота.

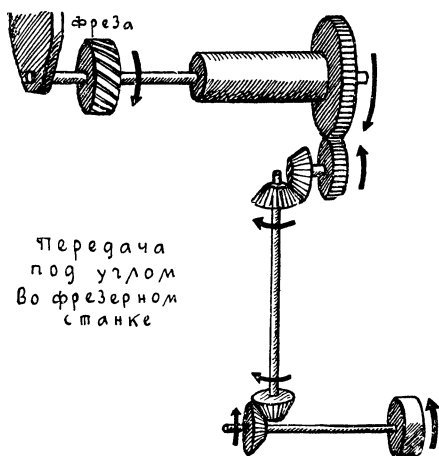
Значит, передаточное отношение между валом водила и валом солнечного колеса $1 : 100$. Такой передающий механизм, как видите, в сто раз уменьшает число оборотов. Планетарные механизмы и применяются там, где нужно получить очень большое уменьшение скорости. Есть и более сложные планетарные механизмы — с двумя парами колес, которые уменьшают скорость вращения даже в 100×100 , то есть в десять тысяч раз.

Валы не всегда параллельны. Новые задачи

Присмотритесь теперь, как бывают расположены валы в машинах. В тех зубчатых, ременных и других механизмах, о которых мы до сих пор говорили, движение передавалось между валами, расположенными параллельно. Но валы в машинах нередко бывают расположены и не параллельно, а под углом друг к другу. В автомобиле, например, главный вал от двигателя и коробки передач идет вдоль машины, к ее задним колесам. А полуоси этих колес расположены поперек, под прямым углом к продольному валу. Как же передать им вращательное движение? Для этого созданы специальные зубчатые колеса конической формы, расширяющиеся к одному концу и сужающиеся к другому.

Такова, например, главная передача автомобиля, в которой конические зубчатки передают движение от продольного вала к дифференциалу и полуосям задних колес, причем большое ведомое колесо ее представляет одно целое с коробкой дифференциала, которую оно и вращает.

В механизмах фрезерного станка, показанных на рисунке 200, конические зубчатки два раза передают движение под



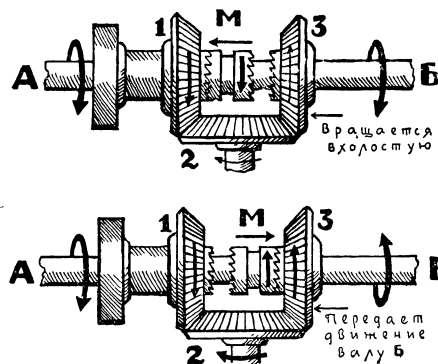
Передача
под углом
во фрезерном
станке

Рис. 200.

углом: сперва от нижнего горизонтального вала к вертикальному, а потом от него к верхнему валу и шпинделю фрезы.

Коническая передача дает возможность построить и различные специальные механизмы с промежуточным валом, расположенным под углом к главному.

Посмотрите на это реверсивное устройство, изменяющее направление вращения вала (рис. 201). Ведомый вал *Б* расположен здесь так, что является продолжением ведущего вала *А*, хотя и отделен от него промежутком. С ведомым валом связана сцепная муфта *М*. Если передвинуть ее влево, она сцепляется с концом ведущего вала и соединяет оба вала в одно целое.



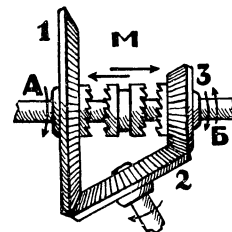
Механизмы для изменения направления
вращения
Рис. 201.

Поэтому ведомый вал вращается в том же направлении, что и ведущий. Если же надо, чтобы он вращался в противоположном направлении, валы расцепляют и включают передачу из трех конических зубчаток *1*, *2* и *3*. Из них первая наглухо связана с ведущим валом, третья же, сидящая на ведомом валу, не связана с ним и при прямой передаче свободно вращается на нем вхолостую. Теперь же зубчатку *3* связывают с ведомым валом сцепной муфтой *М* (передвигая ее вправо), и движение передается через три конических колеса, отчего ведомый вал вращается в противоположную сторону.

На рисунке 202 показан почти такой же механизм, но колесо *2*

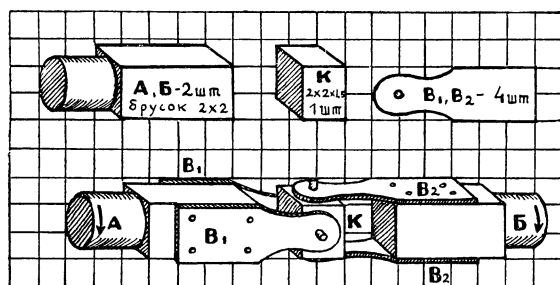
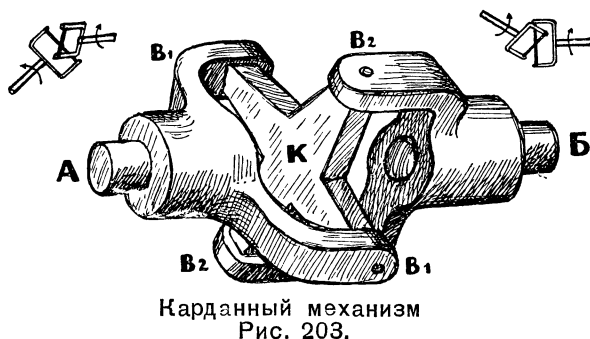
для чего-то поставлено косо, а колеса *1* и *3* имеют разные диаметры и числа зубьев. Подумайте, для чего это сделано. Учтите, что одно из направлений вращения рабочее, а другое — холостое и в нем надо по возможности экономить время.

Конические зубчатки



Механизм для рабочего и холостого хода
Рис. 202.

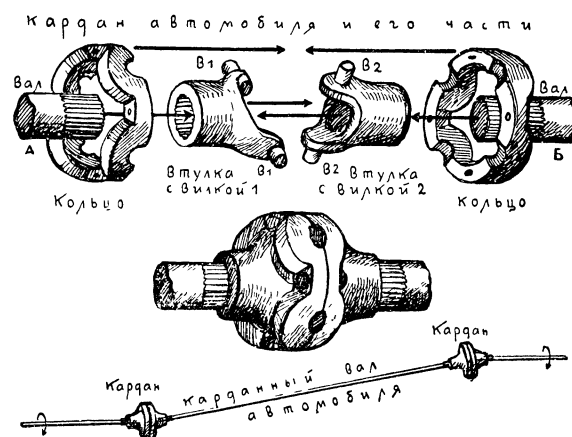
дают возможность передавать движение под определенным, неизменным углом, обычно в 90° . Но бывает и так, что угол между валами изменяется. Как тогда передать движение от одного вала к другому? Для этого служит своеобразный механизм: шарнирная, или карданная, передача (рис. 203).



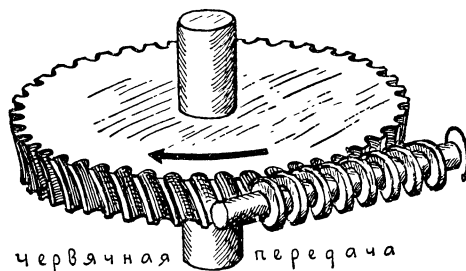
На концах обоих валов находятся вилки B_1 и B_2 , которые крест-накрест связаны с концами крестовика K . Как концы крестовика в вилках, так и сами вилки на концах валов могут свободно поворачиваться. Это дает возможность передавать вращение при расположении валов под разными углами друг к другу. Чтобы лучше разобраться в устройстве и действии этого сложного и интересного механизма, изготовьте из дерева его модель, как показано на рисунке 204.

Постарайтесь понаблюдать действие этого интересного механизма в натуре. Вы найдете небольшое карданное устройство в ключе, которым отвертывают форсунку примуса. Форсунка стоит вертикально. Отвертывать же ее можно при разных наклонах рукоятки ключа. Более сложные по устройству шарниры работают на каждом автомобиле (рис. 205). Движение от коробки передач к задней оси передается посредством

карданного вала. Дело в том, что из-за неровностей дороги и от действия рессор задняя ось автомобиля постоянно изменяет свою высоту по отношению к коробке передач. На продольном валу ставятся даже два шарнира: один ближе к коробке, другой ближе к задней оси. Обе крайние части вала остаются горизонтальными, а средняя часть между шарнирами может принимать наклонное положение под разными углами к крайним. Так как при этом длина вала несколько изменяется, части его вдвигаются одна в другую, подобно зрительной трубе (отчего такой вал и называют телескопическим),



Но бывает и так, что два вала не сходятся под углом, а перекрещиваются на разной высоте. Тут уже нельзя соединить их ни коническими колесами, ни карданной передачей. Как же передать движение между такими валами? В этих случаях часто применяют червячную передачу (рис. 206). Червяк на языке техники — это вращающийся винт. Перпендикулярно к нему вращается большое зубчатое колесо, зубья которого нарезаны косо. В сущности, это тоже



очень короткий винт с многими витками. При такой нарезке зубья этого колеса хорошо зацепляются с винтом (червяком), и вращение передается от винта к колесу, причем передается оно между скрещивающимися валами.

Червячная передача во много раз уменьшает число оборотов. За то время, пока винт делает несколько десятков оборотов (50, 80), колесо всего лишь один раз обернется вокруг своей оси. Поэтому червячную передачу и применяют в тех случаях, когда нужно во много раз уменьшить скорость, получаемую от быстроходного двигателя.

В некоторых советских токарных станках применен новый своеобразный механизм — падающий червяк (рис. 207). Это интересное устройство находится в суппорте станка. Когда суппорт с резцом дойдет до конца своего пути, на котором поставлен специальный упор, червяк автоматически опускается вниз («падает»), расцепляется с зубчатым колесом, и передача движения прекращается. Это произойдет и в том случае, если в механизме возникнет слишком сильное и опасное напряжение. Обычно упругая пружина *П* прижимает к червяку зубчатую муфту *М*, которая передает ему вращение, а рычаг *Р* удерживает червяк в рабочем положении. Когда же возникает чрезмерное усилие, пружина отжимается, муфта и удерживающий рычаг отходят в сторону — и червяк выпадает. С помощью рукоятки управления, когда понадобится, его снова ставят на место.

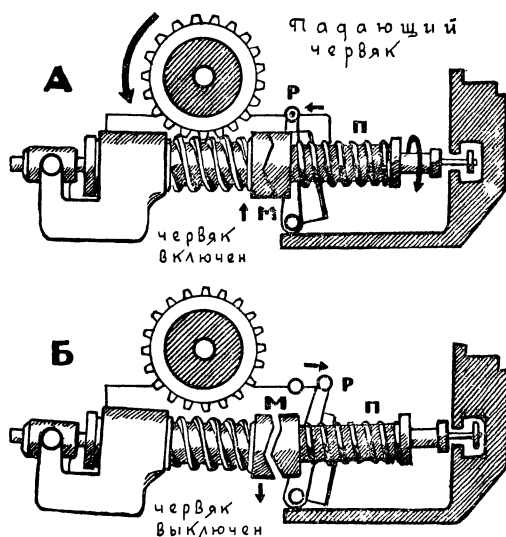


Рис. 207.

Там, где колесо уступает место прямолинейному движению

Все те разнообразные механизмы, с которыми мы знакомимся до сих пор, так или иначе передавали вращательное движение от одного вала к другому. Все они таили в себе разновидности колеса. Но в работе многих машин необходимо и прямолинейное поступательное движение (обычно возвратное — то в одну, то в другую сторону). Так движется суппорт токарного станка, стол строгального или фрезерного станка, ножи косилки или комбайна, поршень насоса или компрессора и многие другие рабочие части машин. Возвратно-поступательное движение дают и многие поршневые двигатели: паровозные, автомобильные, тракторные, авиационные. Поэтому перед механизмами машин стоит еще одна очень важная задача: превращать возвратно-поступательное движение во вращательное или, наоборот, вращательное в поступательное. Есть несколько основных принципов решения этой задачи.

Вот, например, принцип колеса с рейкой (рис. 208, А, Б). Зубчатое колесо вращается и вызывает поступательное движение зацепленной с ним рейки. В этом случае рейка подвижна, а ось колеса закреплена на одном месте и может только вращаться. В другой разновидности этого механизма



Шестерня с рейкой
Рис. 208.

рейка закреплена неподвижно, а колесо может совершать как вращательное, так и поступательное движение. Если вращать такое колесо, оно будет отталкиваться от зубцов рейки и двигаться вдоль нее, а вместе с колесом будут двигаться поступательно и связанные с ним части машины. На этом примере вы видите, что части механизмов могут иметь, как говорят в механике, разную свободу движений.

Кто из вас не держал в руках фотографический аппарат с выдвижной кареткой. Чтобы навести на резкость, приходится вращать винт (кремальеру), перемещая каретку аппарата с объективом вперед или назад.

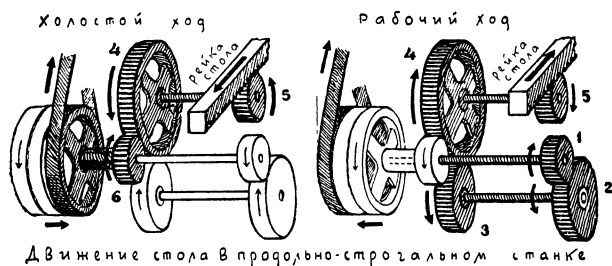
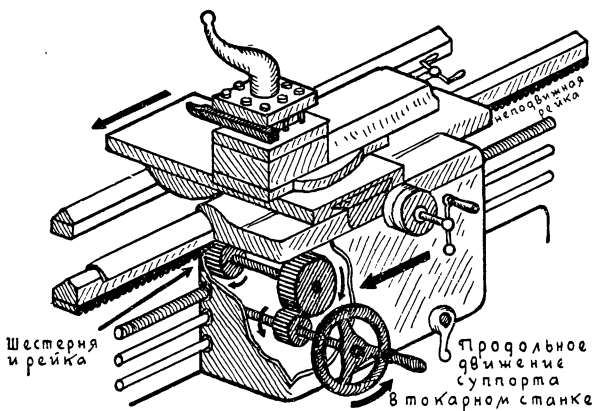


Рис. 209.

Здесь шестерня только вращается, а рейка вместе с кареткой движется поступательно.

Такой же, но гораздо более мощный механизм найдем мы и на продольно-строгальном станке. Он приводит в движение его стол с тяжелыми изделиями (рис. 209).



Шестерня с рейкой в суппорте токарного станка
Рис. 210.

Разберитесь в этом более сложном механизме. Как передается в нем движение? Во время рабочего хода станка ремень переводится на левый шкив. Движение от него передается рейке через зубчатые колеса 1, 2, 3, 4 и 5. Две пары зубчаток 1—2 и 3—4 уменьшают скорость движения стола и увеличивают силу резания. При этом правый шкив и связанная с ним шестерня 6 вращаются вхолостую, так как свободно сидят на валу. Но вот рабочий ход станка закончен и начинается обратный, холостой ход. Ремень переводится на правый шкив,

от которого движение передается столу через колеса 6—4 и рейку. Колеса 1, 2 и 3 вращаются вхолостую и на передачу движения не влияют. Проследите, почему теперь рейка и стол станка движутся не только в обратную сторону, но и с большей скоростью.

На токарных станках для поступательного движения суппорта тоже применяется реечный механизм (рис. 210), но здесь зубчатая рейка неподвижно укреплена на станине вдоль станка. Зацепленное жестней колесо находится на суппорте и, вращаясь, движется поступательно вдоль рейки, приводя в движение и весь суппорт.

На помещенных здесь рисунках показаны некоторые интересные случаи применения зубчатого колеса с рейкой. Постарайтесь разобраться в них сами. На рис. 211, А изображен механизм, в котором вместо целого зубчатого колеса сделана лишь часть его (зубчатый сектор). Его достаточно для небольшого размаха движения рейки и поршня.

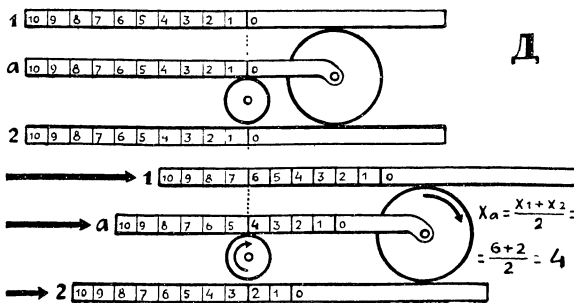
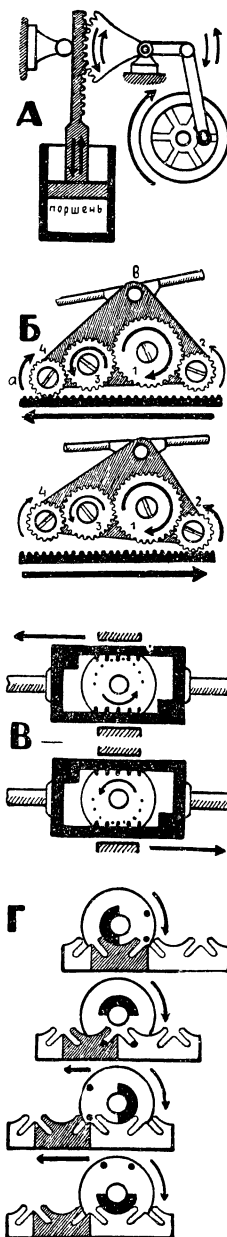


Рис. 211.

показан реверсивный механизм, изменяющий направление движения рейки. Треугольник *авс* с зубчатыми колесами можно поворачивать вокруг шарнира *в*, и от этого в зацепление с рейкой вступают или колесо 2, или колесо 4, вращающиеся в противоположные стороны. На рисунке 211, *В* — рама с двумя рейками и с неполным зубчатым колесом. Проследите мысленно, как за один оборот этого колеса рама движется то в одну, то в другую сторону. Вот (рис. 211, *Г*) рейка с более сложной формой зубьев, как бы вроде развернутого в длину мальтийского креста. Эта рейка движется не непрерывно, а с остановками. Почему? Вспомните и объясните. А вот (рис. 211, *Д*) рейка-математик для простейшего счетного устройства. Она производит арифметическое действие сложения. Перемещение средней рейки *а* равно сумме перемещений реек 1 и 2, деленной на два. Если, например, верхняя рейка переместится на 60 зубьев, а нижняя на 20, то суммирующая рейка *а* переместится на $(60 + 20) : 2 = 40$ зубьев.

Надо сказать, что принцип колеса с «рейкой» (правда, не зубчатой), в сущности, ле-

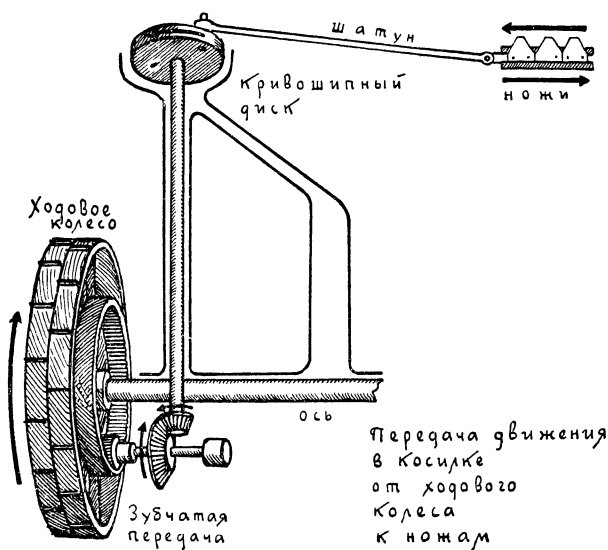


Рис. 212.

жит и в основе движения паровозов и автомобилей. Неподвижной «рейкой» является здесь дорога или рельсы. Ведущие колеса транспортных машин получают от двигателя вращательное движение, а благодаря взаимодействию с дорогой («рейкой») при-

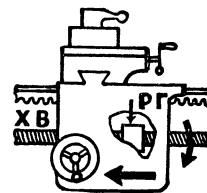
обретают и поступательное движение — движут автомобиль или поезд вперед. В горных железных дорогах применяются зубчатые движущие колеса и рельсы, то есть рейки в полном смысле этого слова.

В прицепных сельскохозяйственных машинах (сеялках, косилках и др.) трактор сообщает всей машине поступательное движение вперед. От этого вращаются ее ходовые колеса. Поступательное движение превращается здесь во вращательное. А уже от осей ходовых колес, с помощью зубчатых, цепных и других механизмов, движение передается рабочим органам машины: высевашей аппарату сеялки, ножам косилки и др. (рис. 212).

Для преобразования вращательного движения в поступательное или наоборот применяется и другой механизм, состоящий из винта и гайки. Приходилось ли вам пользоваться ручной дрелью? Вы двигаете небольшую гайку назад и вперед (поступательно) и от этого винт вместе со сверлом получает вращение.

В токарных станках для нарезки на изделиях винтовой резьбы существует специальный ходовой винт *ХВ* (рис. 213). Он расположен вдоль всего станка. В суппорте же есть разъемная гайка *РГ*, которую, когда надо, замыкают вокруг ходового винта. И тогда от вращения винта гайка, а с ней и весь суппорт получают поступательное движение вдоль винта. В этом случае происходит преобразование вращательного движения в поступательное (в дрели было наоборот).

Вам, конечно, приходилось иметь дело и со столлярными тисками в верстаках. Гайка здесь неподвижна. А какое движение совершает винт — вращательное или поступательное? И то и другое — он и вращается и движется вперед.



Винт и гайка в суппорте токарного станка
Рис. 213.



Рис. 214.

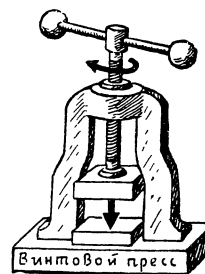


Рис. 215.

Движение по винтовой линии получается от сложения поступательного и вращательного движения.

Всякая гайка тоже имеет винтовую резьбу, только внутреннюю. И когда навинчиваешь гайку на неподвижный болт, она и вращается и движется вперед.

Значит, в механизмах, состоящих из винта и гайки, каждая из этих двух частей может иметь как вращательное, так и поступательное движение. Для действия механизма важно, какие из этих движений в нем свободны, а какие нет. А это зависит от того, как закреплены винт и гайка в данном механизме, какие движения их связаны или не связаны его опорными частями.

Составим табличку и будем отмечать в ней плюсами и минусами, какое движение имеет или не имеет винт и гайка в разных механизмах:

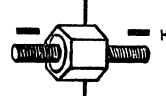
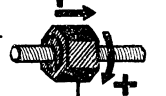
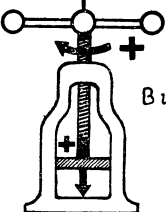
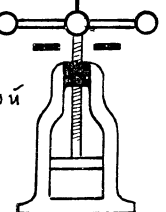
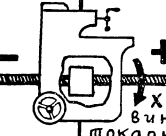
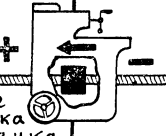
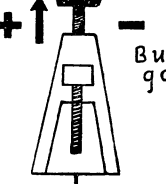
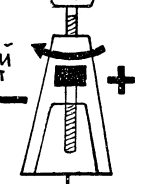
| ВИНТ | | ГАЙКА | |
|---|-----------------------|---|-----------------------|
| Поступательное движение | Вращательное движение | Поступательное движение | Вращательное движение |
|  | |  | |
|  | |  | |
|  | |  | |
|  | |  | |

Рис. 216—218.

Мы уже знаем, что при навинчивании гайки на болт гайка имеет как вращательное, так и поступательное движение, а винт не имеет ни того, ни другого. В столярных тисках, наоборот, винт имеет и то и другое движение, а гайка не имеет ни того, ни другого. Это же мы увидим и в винтовом прессе (рис. 215), в котором гайка закреплена неподвижно, а винт, имея вращательное движение, ввинчивается в гайку и от этого приобретает и поступательное движение вниз или вверх.

У механизма суппорта токарного станка (как и у дрели) винт свободно вращается, но не может двигаться поступательно вдоль станка, так как закреплен на концах упорными подшипниками. Гайка же, наоборот, не может вращаться, так как связана с суппортом. Зато вместе с суппортом она имеет свободу поступательного движения вдоль станка.

Рассмотрим еще винтовой домкрат (рис. 219). В нем гайка имеет вращательное движение, но не может перемещаться поступательно вверх и вниз. Винт же, наоборот, закреплен так, что не может вращаться. Но гайка, вращаясь, как бы протягивает через себя винт, и от этого он получает поступательное движение вниз и вверх. Свобода движений здесь противоположна той, которую мы видели в механизме токарного станка.

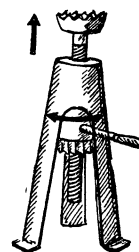
Кстати, когда вы с помощью гаечек-ниппелей натягиваете спицы велосипедного колеса, гайка тоже имеет лишь вращательное движение; конец же спицы с винтовой резьбой — только поступательное движение и поэтому втягивается гайкой.

В механизмах машин винты вращаются в металлических гайках. Но есть подобие гаек и не твердых, а жидких и даже газообразных.

Гребной винт корабля тоже как бы ввинчивается в окружающую воду, как в своеобразную гайку, получая при этом поступательное движение вперед и сообщая его всему кораблю.

Пропеллер самолета тоже по-своему ввинчивается в воздух, и его вращательное движение создает поступательное движение самолета.

Лопастей корабельных винтов и воздушных винтов самолетов по своей форме

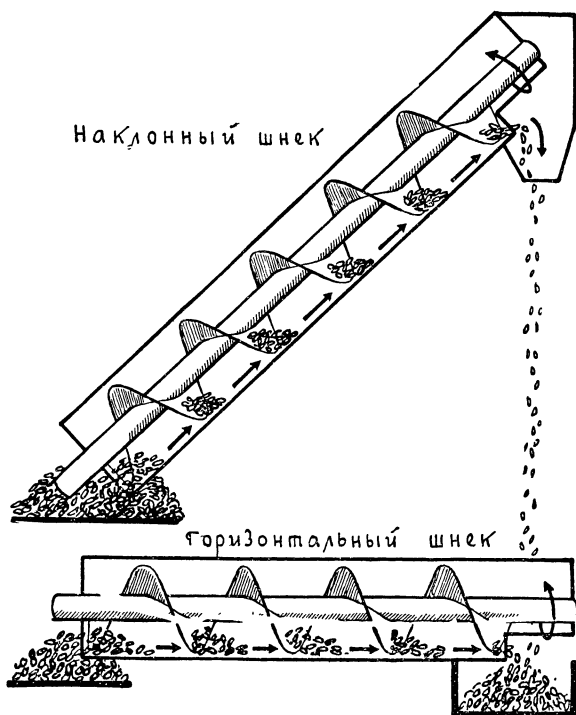


Винтовой домкрат
Рис. 219.

представляют собой как бы короткие отрезки винтов. Конечно, взаимодействие вичта с окружающей жидкой или газообразной средой здесь гораздо сложнее и многим отличается от взаимодействия твердых механизмов. Но в основе применения этих винтов лежит развитие уже хорошо известного вам принципа взаимного движения винта и гайки.

А вот еще один винтовой механизм с своеобразным подобием гайки. Для перемещения зерна и других сыпучих материалов применяют винтовые транспортеры — шнеки (рис. 220). Внутри трубы, заполненной зерном, вращается винт с широкими лопастями, наподобие винта хорошо знакомой вам кухонной мясорубки. Винт имеет только вращательное движение, но не имеет поступательного. Зерно же увлекается лопастями винта, проталкивается ими вперед, вдоль трубы, получая поступательное движение.

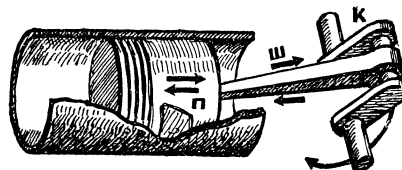
Подобием гайки, окружающей винт, в этом случае является транспортируемый сыпучий материал.



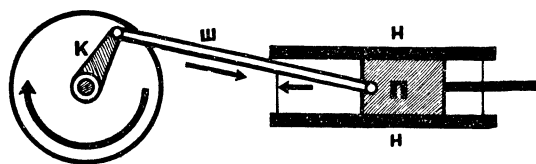
Шнеки
Рис. 220.

Кривошип и его семейство

Чтобы преобразовать вращательное движение в поступательно-возвратное или наоборот, особенно широко применяются кривошипно-шатунные механизмы (рис. 221 и 222). Устройство и действие их вам, вероятно, в основном знакомо по школьной модели паровой машины и из наблюдений над паровозами и др. Вспомните, что механизм этот состоит из ползуна *П*, движущегося возвратно-поступательно в направляющих *Н*, из шатуна *Ш* и вращающегося криво-



Кривошипно-шатунный механизм
Рис. 221.



Части кривошипно-шатунного механизма
Рис. 222.

шипа, или коленчатого вала, *К*. Причем в поршневых двигателях движение передается от ползуна к кривошипу, а в рабочих частях машин (насосов, компрессоров и др.), наоборот, от кривошипа к ползуну.

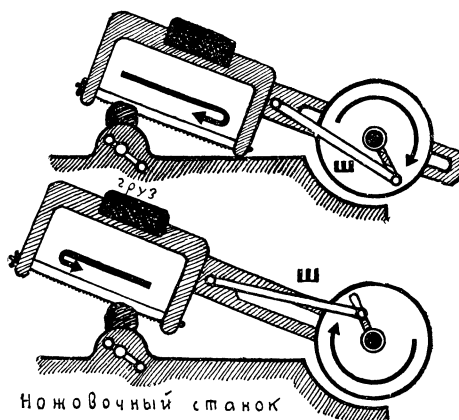


Рис. 223.

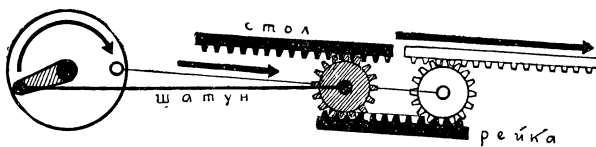
Посмотрим, как развивался и видоизменялся принцип кривошипно-шатунного механизма в разных машинах в соответствии с разнообразными задачами техники.

Вот, например, механическая пила — ножовочный станок (рис. 223). Возвратно-поступательное движение его пилы создается кривошипно-шатунным механизмом. Но здесь нужно бывает изменять длину хода или размах движения пилы. Ход рабочей части машины равен удвоенной длине кривошипа. Значит, необходимо такое устройство, которое позволяло бы изменять длину кривошипа. Для этого кривошип заменен диском, в котором сделана прорезь, идущая от центра к окружности. На конце же шатуна *Ш* устроен палец, который можно закреплять в прорези диска на любом расстоянии от его оси. Это и дает возможность получить необходимую длину кривошипа, а тем самым и нужный ход пилы.

Но иногда бывает необходимо получить еще больший ход рабочей части машины —

больше двойной длины кривошипа. Для этого можно применить такой способ (рис. 224). На конце шатуна вместо ползуна сделаны зубчатые колеса, катящиеся по рейке. А на них сверху, на другой рейке, лежит стол станка. Ход колес взад и вперед равен двойной длине кривошипа. Катящийся же по ним стол будет иметь ход в два раза больший, то есть равный четырем длинам кривошипа. Ведь стол станка будет двигаться вперед вместе с колесами; а кроме того, вращающиеся колеса будут еще больше продвигать его вперед, и стол будет опережать ось колеса. Чтобы убедиться в этом, положите на стол круглый карандаш, а на него свой палец и катите пальцем карандаш. Посмотрите, насколько продвинется вперед карандаш и ваш палец.

Кривошипно-шатунные механизмы применяются в насосах и компрессорах, сжимающих воздух. Они создают возвратно-поступательное движение их поршней. Здесь тоже встречаются интересные устройства.



Механизм, удлиняющий ход ползуна
Рис. 224.



Рис. 225.

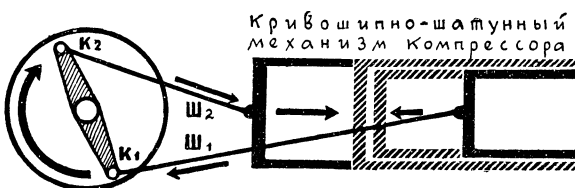
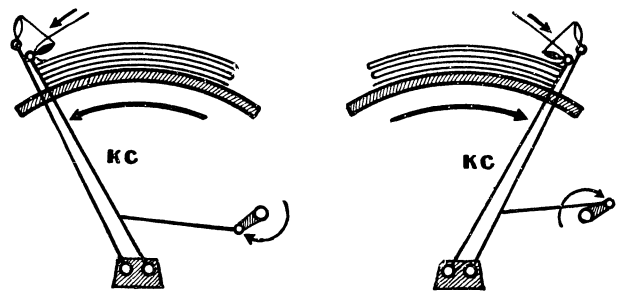
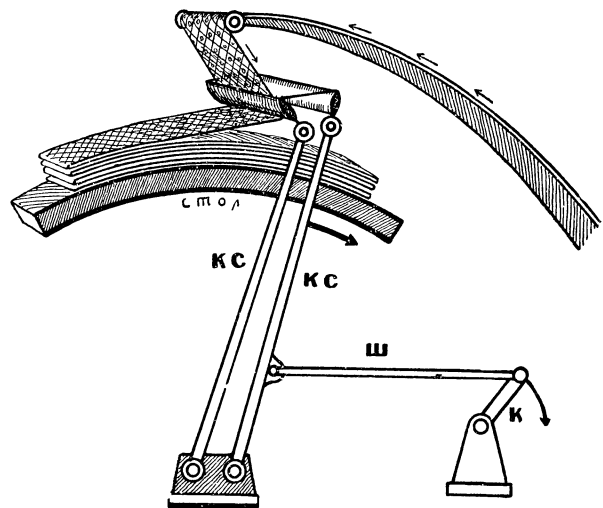


Рис. 226.



Машина для укладки тканей
Рис. 227.

Можно, например, сделать насос с качающимся цилиндром. На рисунке 225 показана схема такого устройства. Поршень *П*, поднимаясь вверх, всасывает жидкость по правой трубе. При дальнейшем же вращении кривошипа (или заменяющего его эксцентрика *Э*) цилиндр поворачивается, и поршень, опускаясь вниз, выталкивает жидкость уже по другой (левой) трубе.

А вот еще своеобразное применение кривошипно-шатунного механизма в компрессоре (рис. 226). Рассмотрите его действие. Здесь сделаны два кривошипа *К*₁ и *К*₂, расположенные с противоположных сторон вала. Один из них своим шатуном *Ш*₁ приводит в движение поршень (плунжер) компрессора, другой же шатуном *Ш*₂ — стенки самого цилиндра. При этом цилиндр и поршень движутся в противоположные стороны. Это дает два преимущества: во-первых, цилиндр и поршень расходятся на большее расстояние и образуют большее рабочее пространство, а во-вторых, при движении их навстречу друг другу они с большей силой сжимают воздух.

Кривошипно-шатунный механизм является одним из видов еще более широкой группы механизмов, состоящих из шарнирно-соединенных стержней. Если добавить к обычному кривошипу и шатуну новые связи с помощью дополнительных стержней, можно получить разнообразные и сложные движения рабочих частей машин.

Вот устройство для укладки ткани на текстильной фабрике (рис. 227). Кривошип *К* и шатун *Ш* приводят в движение качающиеся стержни *КС*. Качаясь вправо и влево, они аккуратно складывают ткань правильными слоями.

Рядом мы видим месильную машину (рис. 228). Кроме кривошипа *К*, здесь есть еще дополнительная связь в виде качающегося стержня *КС*, а от этого лопата мешалки *М* совершает свое сложное движение и хорошо перемешивает массу.

По этому же принципу устроен и механизм грабеля у сеноворошилки (рис. 229). Кривошип *К* вращается цепью от ходового колеса *ХК*. Стержень *С1* шарнирно соединен с кривошипом и со стержнем *С2*. От

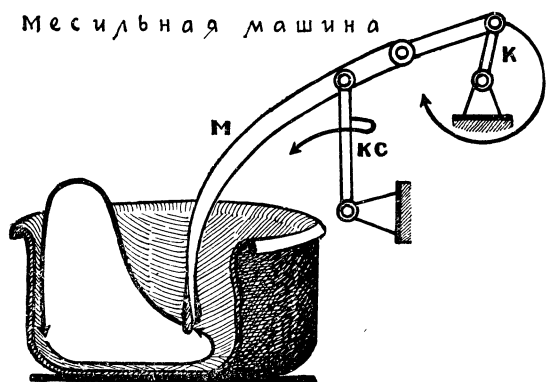


Рис. 228.

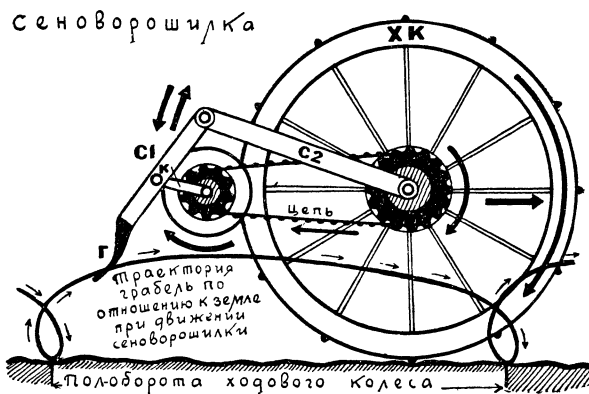
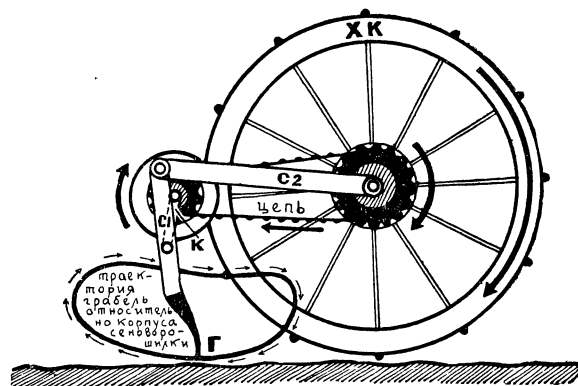


Рис. 229.



этого он качается из стороны в сторону и в то же время поднимается вверх и вниз. А поэтому грабли G на конце стержня CI совершают сложное рабочее движение (в виде петли).

Проследите путь граблей по отношению к машине и по отношению к земле при движении всей машины вперед. Петля растягивается в длину, и грабли хорошо ворошат скошенное сено (верхний рисунок).

Во многих машинах применяются кулисные устройства. Это тоже особая разновидность кривошипно-шатунного механизма (рис. 230). Кулисой называется планка с длинной прорезью, по которой взад и вперед может двигаться вставленный в нее палец P (или, как говорят, камень). Что получится, если такой палец устроить на окружности колеса (сбоку) и ввести его в прорезь кулисы K , качающейся на шарнире $Ш$? При вращении колеса его палец заставит кулису качаться взад и вперед. При этом палец P в разные моменты оборота колеса будет то подниматься, то опускаться по прорези кулисы. Проследите это на рисунке.

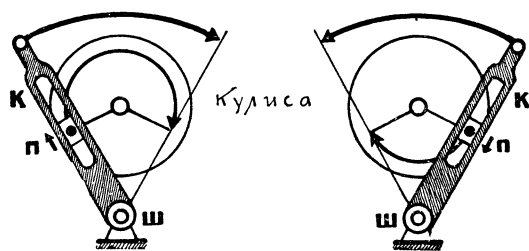
Посмотрите, как использовано это на хлебозаводе, в машине, перемешивающей тесто (рис. 231). Шарнир $Ш$, на котором качается кулиса, находится здесь наверху. На нижнем же конце кулисы прикреплена

длинная мешалка, и ее движение хорошо перемешивает тесто.

Этот же принцип качающейся кулисы вы найдете и в поперечно-строгальных станках — шепингах (рис. 232). Только здесь суппорт станка с резцом должен двигаться прямолинейно вперед и назад. Поэтому он прикреплен к ползуну, который движется в прямых направляющих рельсах. А верхний конец качающейся кулисы передает движение ползуну через дополнительное шарнирное устройство $КС$, позволяющее выпрямлять движение.

Но вот что здесь важно. Движение ползуна и суппорта слева направо является рабочим ходом, а движение справа налево — холостым. Время, теряемое на холостой ход, надо по возможности сокращать — холостой ход должен совершаться быстрее.

Присмотритесь к движению пальца колеса. Рабочему ходу соответствует движение пальца по дуге abc , а холостому ходу — по дуге cda . Дуга холостого хода значительно меньше дуги рабочего хода. Следовательно, и время, за которое палец пройдет эту дугу — время холостого хода, — будет гораздо меньше времени рабочего хода. В этом ценность кулисного механизма шепинга.



Кулисный механизм
Рис. 230.

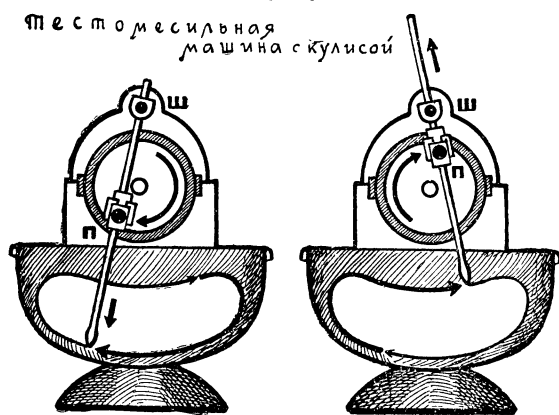


Рис. 231.

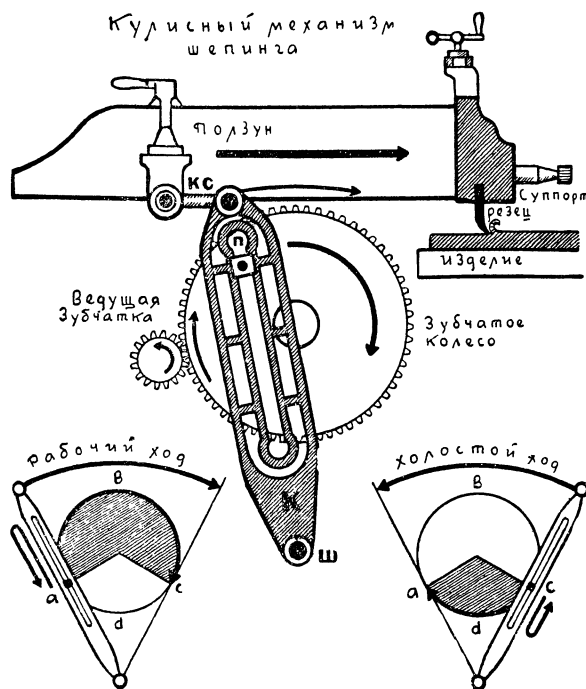


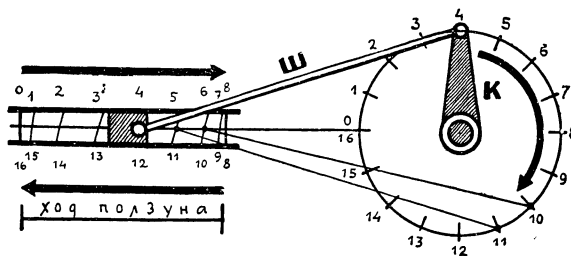
Рис. 232.

Многие останавливаются на улицах наших городов и подолгу с любопытством наблюдают за работой оригинальных снегопогрузочных машин — как ловко загребают они снег своими изогнутыми лапами и подают его на транспортер. Присмотритесь внимательнее к работе этой машины и к ее схеме на рисунке 233. Вы увидите, что лапы ее тоже представляют собой качающиеся кулисы *К*, хотя и несколько иного устройства. Вместе с диском *Д* вращается его палец *ПД*. К этому пальцу диска шарнирно прикреплена середина кулисы *К*. В верхней же части кулисы сделана прорезь *ПК*, и в эту прорезь пройдет другой, неподвижный палец *НП*. К нижнему концу кулисы прикреплен чугунный башмак *Б*, загребающий снег. Когда диск вращается, середина кулисы вращается вместе с его пальцем *ПД*. От этого кулиса качается вокруг неподвижного пальца *НП*. Но в то же время прорезь кулисы движется то вперед, то назад, отчего лапа то удлиняется, то укорачивается. От сочетания этих движений — 1) вращения середины кулисы с пальцем диска *ПД*, 2) качания кулисы на неподвижном пальце *НП*, 3) движения

кулисы вперед и назад — и получается то сложное движение, которым лапы машины так ловко загребают снег.

Как ни широко применяются кривошипно-шатунные механизмы, у них есть один характерный недостаток: они не могут дать равномерного хода поступательно-движущимся частям машины.

Возьмите лист бумаги и начертите простую схему этого механизма (как на рис. 234). Разделите окружность кривошипа, скажем, на шестнадцать равных частей. А теперь возьмите циркуль, раздвиньте его ножки на длину шатуна и из каждой из шестнадцати точек на окружности отложите циркулем отметки на пути ползуна. Это будут подо-



Изменения скорости движения ползуна
Рис. 234.

Снегопогрузочная
машина

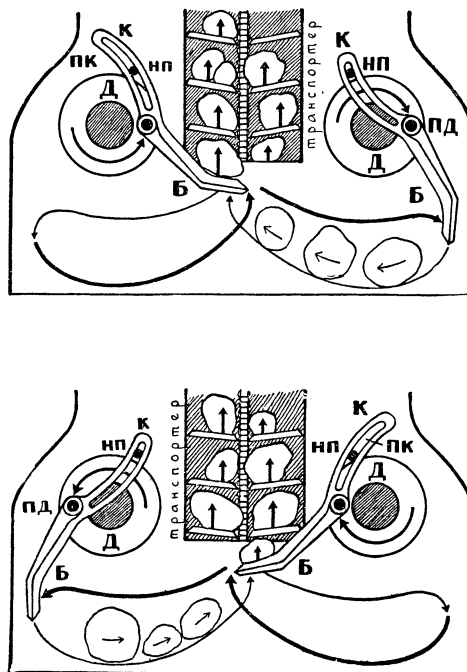
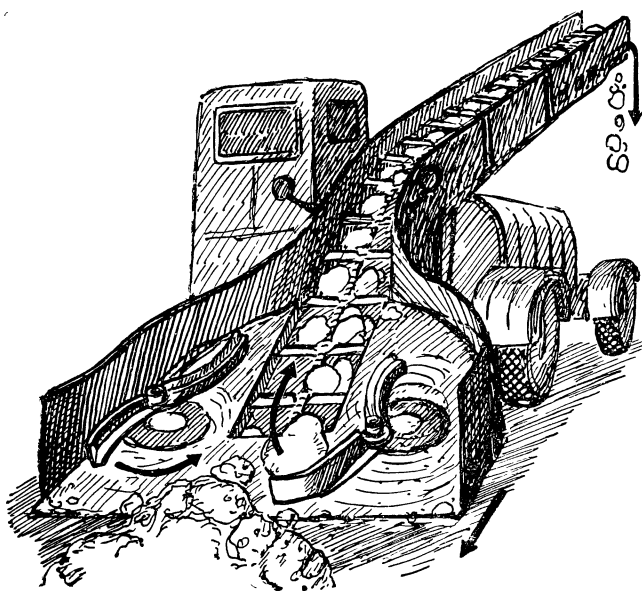
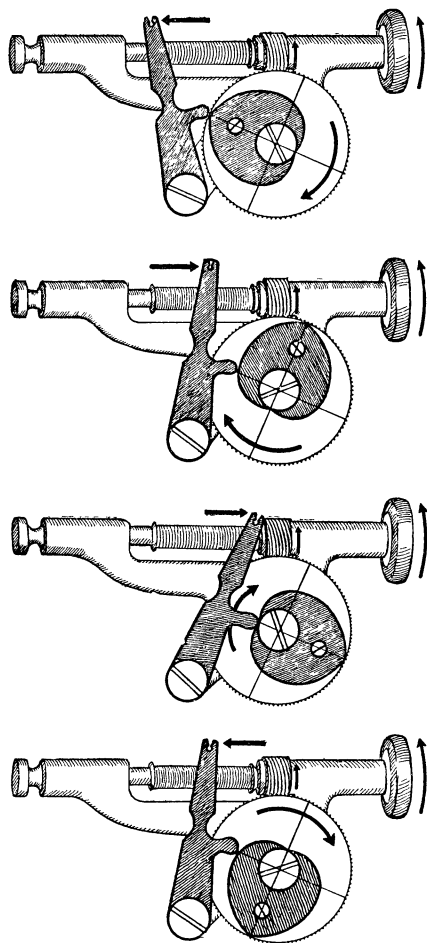


Рис. 233.

жения другого конца шатуна в разные моменты оборота кривошипа. Вы увидите, что на пути ползуна получаются неравные отрезки. А это значит, что скорость ползуна меняется — в середине хода она больше, а к обоим концам уменьшается.

В работе многих машин эта неравномерность хода причиняет большие неудобства. Как избежать ее, как превратить вращательное движение в равномерное возвратно-поступательное?



Сердцевидное колесо в швейной машине
Рис. 235.

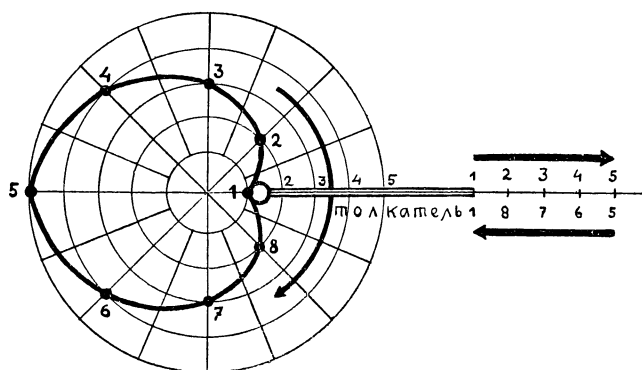
Для этого служат колеса своеобразной сердцевидной формы. Вращаясь, такое колесо отталкивает стержень (толкатель), который потом возвращается обратно под действием пружины, прижимающей его к колесу. И толкатель совершает равномерное движение то в ту, то в другую сторону.

Несколько измененное устройство этого механизма вы встретите в швейной ма-

шине — в ее устройстве для наматывания нитки на шпульку. Рассмотрите его действие в натуре и на помещенных здесь рисунках (рис. 235).

Почему движение получается здесь равномерным? Какое значение имеет в этом сердцевидная форма колеса? Подвергнем металлическое «сердце» математическому (геометрическому) анализу (рис. 236).

Нам надо, чтобы ползун и ролик на конце его стержня, упирающийся в колесо, двигались равномерно, то есть за одинаковые промежутки времени передвигались на равные расстояния. Отложим эти расстояния у конца стержня. А теперь построим нужную нам форму колеса. Для этого из центра будущего колеса начертим циркулем несколько окружностей так, чтобы через каждую отметку положений конца стержня



Построение сердцевидного колеса
Рис. 236.

проходила своя окружность. Проведем из центра колеса восемь радиусов. Углы между ними соответствуют $\frac{1}{8}$ оборота колеса. А теперь будем мысленно поворачивать колесо на эти углы оборота. На каждом радиусе будем ставить точку в том месте, где должен находиться конец стержня через $\frac{1}{8}$ оборота колеса, чтобы ползун совершал равномерное движение. Эта точка будет в том месте* (на том расстоянии от оси колеса), в котором должен быть край самого колеса. И если теперь соединить эти точки на разных радиусах, мы получим нужную форму или профиль всего колеса.

Сделайте это — и вы получите колесо сердцевидной формы. Вы видите теперь, что именно такая форма его соответствует равномерному движению ползуна. При этом одна половина этого контура (от 1-го до 5-го радиуса) соответствует движению ползуна в одну сторону (от колеса), а другая

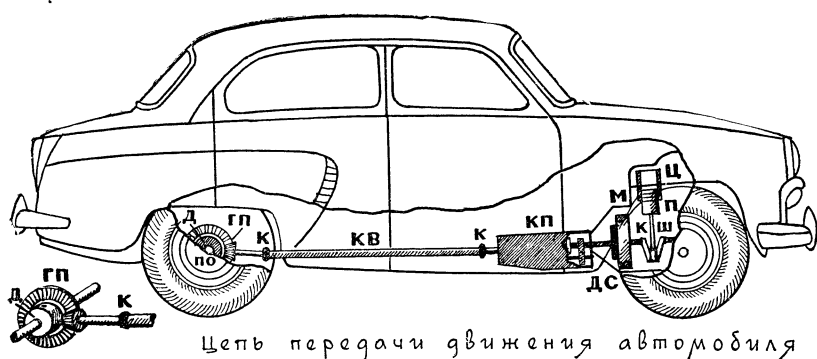


Рис. 237.

половина (от 5-го до последнего радиуса) — движению в другую сторону (к колесу). В сущности, это форма не сердца, а двух сложенных спиралей, из которых одна равномерно удаляется от центра, а другая приближается к нему.

Цепь механизмов машины в целом

Мы познакомились с некоторыми механизмами машин, как бы разложили сложные машины на их составные части и рассмотрели каждый механизм в отдельности — для чего он служит, как он устроен и как действует.

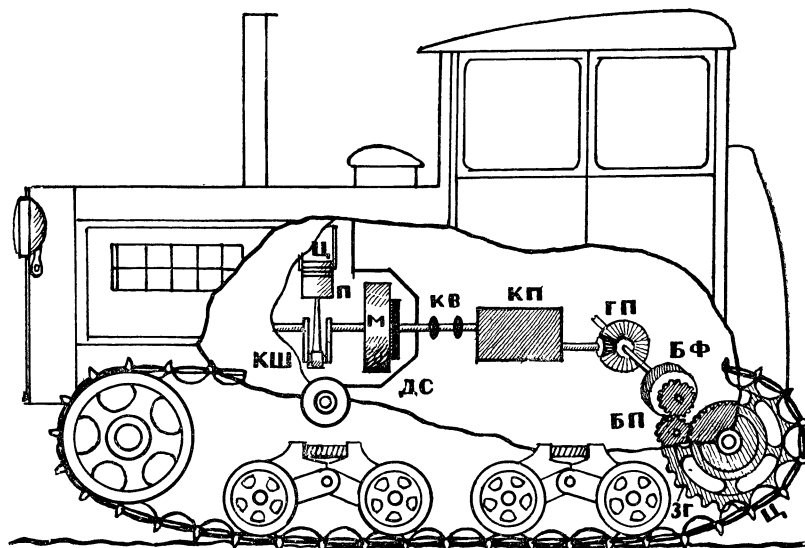
Но сложная машина, состоящая из многих механизмов, представляет собой единое целое. Ее различные механизмы находятся в тесной связи и взаимодействии между собой. И они расположены в машине в определенном порядке, в виде цепи механизмов. Это цепь передачи и преобразования движения от двигателя к рабочим органам машины. Она называется кинематической цепью. Создавая сложную машину, конструктор должен не только подобрать нужные механизмы, но и расположить их в наилучшей последовательности и связи друг с другом, построить цепь механизмов. Познакомимся с такими целостными цепями механизмов некоторых машин.

Вот перед нами цепь механизмов автомобиля

(рис. 237). Прежде всего надо превратить возвратно-поступательное движение поршней двигателя во вращательное движение вала. Для этого уже в самом двигателе есть кривошипно-шатунный механизм *КШ*. Затем надо выровнять недостаточное равномерное вращение вала, получаемое от поршней *П* двигателя. Для этого на валу поставлен маховик *М*.

Следующая задача — это изменение скоростей и усилий — переключение пере-

дач. Но чтобы выключать коробку передач при переключении шестерен, перед коробкой помещены диски сцепления *ДС*. Лишь после этого установлена коробка передач *КП*, в которой происходит сложное переключение шестерен. От коробки передач к задним ведущим колесам движение передается с помощью продольного вала. А так как угол, под которым передается движение, здесь меняется, то вал этот *КВ* сделан карданным (с двумя карданами *К*). Теперь надо передать движение от продольного вала к поперечно расположенным полуосям *ПО*. Для этого служат конические зубчатки. Это главная передача *ГП*. Одновременно с этим она осуществляет и другую важную задачу — значительно уменьшает скорость и увеличивает усилие. Наконец, после глав-



Цепь передачи движения гусеничного трактора

Рис. 238.

ной передачи находится еще дифференциал *Д* — сложный механизм, дающий возможность полуосям задних колес вращаться с разной скоростью на поворотах пути.

У колесных тракторов цепь механизмов, по существу, такая же. У гусеничных же тракторов она несколько изменена (рис. 238). До главной передачи — механизмы те же. Но дифференциала у гусеничного трактора нет, так как задняя ось не разделена на полуося. Зато с обеих сторон есть многодисковые механизмы сцепления — бортовые фрикционы *БФ*, чтобы можно было включать или выключать обе гусеницы или каждую из них в отдельности (на поворотах). С обеих сторон есть также еще бортовая зубчатая передача *БП* от концов задней оси к ведущим звездочкам гусениц *ЗГ*. И, наконец, механизмы самих гусениц в виде звездочек и цепей *Ц*.

Рассмотрим теперь цепь механизмов токарного станка (рис. 239). Ее задача — создать нужные движения рабочих органов станка: вращение шпинделя *Ш* с изделием *И* и поступательное движение суппорта *С* с резцом. Поэтому цепь механизмов разветвляется здесь в двух направлениях: к шпинделю (к изделию) и к суппорту (к резцу). Ветвь, идущая к шпинделю, по числу механизмов короче и проще. Здесь нужно лишь изменить скорость вращения. Поэтому между двигателем и шпинделем поставлена только коробка скоростей *КС*. Ветвь же, идущая к суппорту, состоит из большего числа различных механизмов. Здесь у некоторых станков есть механизм сменных шестерен *СШ*. Подбирая колеса с разным

числом зубьев, можно изменять передаваемую скорость вращения, а тем самым и скорость подачи резца. Тут же, сбоку станка, находится трензель *Т*, который с помощью одного или двух паразитных колес изменяет направление вращения вала, а этим и направление движения суппорта. Далее следует коробка подач *КП* (с механизмом Нортон *МН*), позволяющая изменять скорость подачи резца. После этого остается превратить вращательное движение в поступательное движение суппорта с резцом. Для этого на станке есть даже два механизма: ходовой валик *ХВ₁* и ходовой винт *ХВ₂*. При большинстве работ движение передается через ходовой валик, конические зубчатки *К* и шестерню, движущуюся по рейке *Р*, проложенной вдоль всего станка. При нарезке же винтовой резьбы, где нужна большая точность подачи, движение суппорту передается через ходовой винт *ХВ₂* и гайку *Г*. Сам суппорт движется по направляющим станины *Н*.

Мы рассмотрели только некоторые примеры цепей механизмов сложных машин. Постарайтесь сами разобраться в цепях механизмов в других машинах, которые вам придется наблюдать на практике. Рассмотрите, например, цепь механизмов ручной швейной машины. Проследите цепи механизмов сельскохозяйственных машин, как более простых (косилки, сеялки), так и более сложных (молотилки, комбайны). Проследите, как передается в них движение от двигателя до рабочих органов машины и какое значение имеет каждый из механизмов.

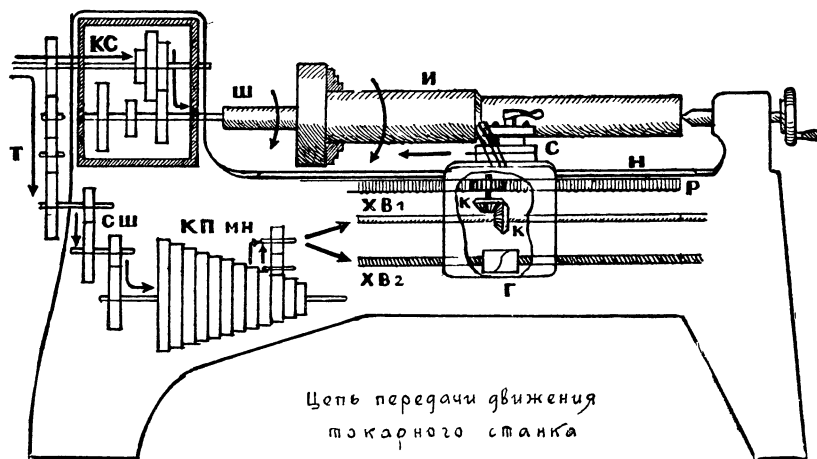
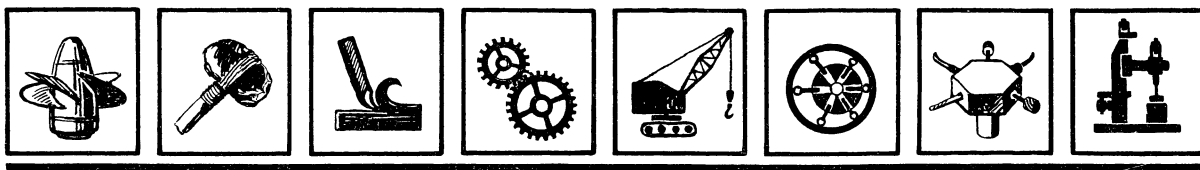


Рис. 239.



Г л а в а V. Д Е Й С Т В И Е С И Л В М А Ш И Н А Х

Вы знаете теперь, как передается и преобразуется движение в различных механизмах машин. Однако механизмы машины передают не только движение, но и большие усилия. Ведь для того, чтобы обработать изделие, для того, например, чтобы срезать стружку со стальной детали, резец станка должен давить на нее с силой в сотни и тысячи килограммов. С громадной силой сжимают металл и валки гигантских обжимных станов — блюмингов, когда они в течение нескольких минут расплющивают 10-тонные стальные слитки и прокатывают из них длинные тонкие полосы.

Присмотримся внимательнее к силам, действующим на резец строгального или токарного станка. Мы найдем здесь живые примеры известных вам законов механики — сложения сил по правилу параллелограмма сил (рис. 240, А). На строгальном станке резец движется вдоль плоской поверхности изделия и в то же время углубляется в металл. Поэтому от противодействия изделия на резец действуют две силы: одна вверх, вдоль резца, а другая горизонтально, против его подачи. Посмотрите, как складываются эти две силы и как получается равнодействующая сила, направленная по диагонали параллелограмма.

На токарном станке действие сил сложнее (рис. 240, Б). Ведь

здесь резец не только внедряется в металл и движется вдоль изделия (слева направо) — тут, кроме того, изделие вращается и поверхность его как бы надвигается на резец сверху вниз. Происходит сочетание действия трех сил: отжимающей 1 резец вдоль его оси; отжимающей 2 его вправо, против подачи, и действующей на резец сверху вниз 3. Сложение этих трех сил происходит уже не в виде параллелограмма, расположенного в одной плоскости, а в виде объемной фигуры, которая называется параллелепипедом. И равнодействующая сила, получающаяся от сложения сил, направлена по диагонали этого параллелепипеда. Действие всех этих сил учитывается в конструкции резца, в форме его режущих граней и в установке и закреплении резца на станке.

По всей цепи механизмов машины каждая шестерня давит на зубцы следующей с большой силой. И если механизмы недостаточно прочны, они ломаются от действия этих сил. Конструктор, рассчитывающий прочность и размеры частей машины, должен тщательно предусмотреть действующие в них усилия и внутренние напряжения.

Золотое правило механики

Чтобы машина производила работу, необходимо затратить энергию. Эта энергия берется от двигателя и передается от одного механизма к другому, пока наконец не будет передана рабочим органам машины: резцу, сверлу, ведущим колесам автомобиля и др. Работа машин полностью подчиняется закону сохранения и превращения энергии — сколько энергии получено от дви-

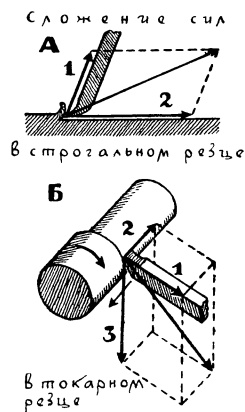


Рис. 240.

гателя, столько же и расходуется ее машиной. Но механизмы машины не только передают энергию. Машины — это преобразователи энергии.

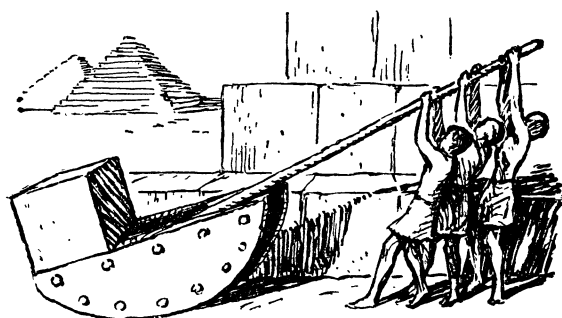
Представим себе сначала идеальную машину, в частях которой совершенно нет трения и потерь энергии. Если бы такую машину вы привели в движение без нагрузки (вхолостую), а затем выключили двигатель, ее части продолжали бы вертеться без конца. Конечно, таких идеальных машин не бывает — в реальных машинах всегда действует немалое трение частей. Но при изучении вопросов техники порой полезно бывает уметь на время отвлечься от осложняющих обстоятельств реальной практики.

В такой идеальной машине вся энергия, полученная от двигателя, использовалась бы на полезную работу. Работа в начале цепи передающих механизмов была бы равна работе в конце этой цепи. Мы получили бы простую формулу равенства этих работ:

$$\boxed{\text{Затраченная}} = \boxed{\text{полезной}} \\ \boxed{\text{двигателем работа}} \quad \boxed{\text{работе машин}}$$

Но механизмы машин изменяют, преобразуют эту работу. И в качественном отношении работа в конце цепи уже отличается от работы в начале цепи.

Простейшим механизмом — прообразом многих более сложных — был рычаг. Уже в древности рычаги широко применялись для подъема тяжестей. На стройках египетских пирамид, на которые сгонялись сотни тысяч

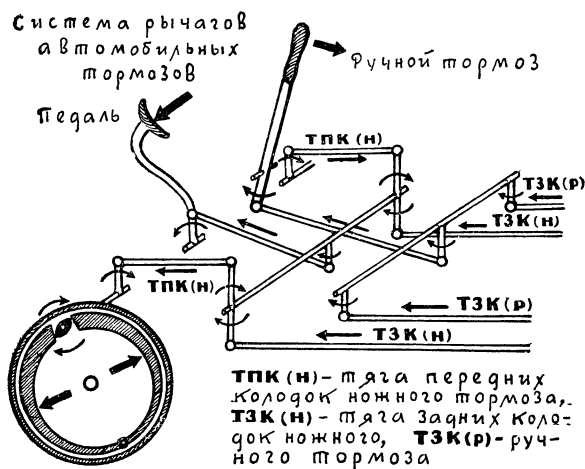


Египетский рычаг „Качалка“

Рис. 241.

рабов, рычажными устройствами поднимали громадные каменные глыбы (рис. 241).

Гениальный ученый древнего мира Архимед хорошо знал законы рычагов. При



Сложная система рычагов в тормозах автомобиля
Рис. 242.

обороне его родного города Сиракуз от римлян он якобы сооружал такие рычаги, с помощью которых можно было бы поддевать крючьями и опрокидывать вражеские суда. Рычаги-ваги и теперь применяются, когда надо, например, приподнять тяжелый станок. Сложную систему рычагов найдем мы и в тормозах современных автомобилей (рис. 242). Разберитесь сами в этой схеме. Как передается усилие от одного рычага к другому?

С помощью рычагов можно поднимать большие тяжести и вообще получать выигрыш в силе. Но выигрыша в энергии или в работе рычаг не дает. Сколько приложено ее на длинном плече рычага, столько же получается и на коротком. Выигрыш в силе получается ценой проигрыша в пути и в скорости — груз поднимается на гораздо меньшую высоту и с меньшей скоростью, в сравнении с движением конца длинного плеча рычага, на котором приложена сила.

В современной технике, в которой от двигателей можно получать большую силу, рычаги подчас применяются и с противоположной целью, чтобы получить выигрыш в пути и в скорости за счет проигрыша в силе. Стрела поворотного подъемного крана, на конце которой подвешен груз, по существу, представляет собой длинное плечо рычага. С ее помощью удобно управлять движением грузов — поднимать их и быстро переносить на значительные расстояния, например с берега на корабль или обратно.

Выигрыш в силе за счет проигрыша в пути и скорости, или наоборот, уже много

веков назад получил название золотого правила механики. Оно имеет большое значение в технике, в работе многих машин.

Займемся немного формулами. Из курса механики вы знаете, что

$$\boxed{\text{Мощность}} = \boxed{\frac{\text{работа}}{\text{время}}}$$

Работа же численно равна силе, умноженной на путь. Подставим это в первую формулу:

$$\boxed{\text{Мощность}} = \boxed{\frac{\text{сила} \times \text{путь}}{\text{время}}}$$

Но ведь, разделив пройденный путь на время, мы этим измеряем величину скорости. Значит:

$$\boxed{\text{Мощность}} = \boxed{\text{сила} \times \text{скорость}}$$

Эта формула имеет большое значение. Она удобна для выражения того преобразования мощности, которое производится машинами по золотому правилу механики. При данной мощности машины чем больше сила, тем меньше скорость, или наоборот.

В работе многих машин нужно бывает получать большую силу, чем та, которую дает двигатель. Скорость же, как вы уже знаете, часто приходится уменьшать. С этой целью в технике широко применяются редукторы. Они состоят из одной или из нескольких пар зубчатых колес, передающих движение и усилия от меньших колес к

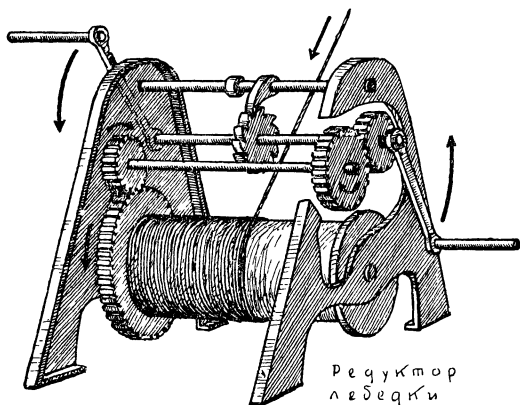


Рис. 243.

большим. Скорость вращения от этого уменьшается. Передаваемая же сила, наоборот, во столько же раз увеличивается. Хорошим редуктором является также червячная передача с ее большим передаточным отношением. Она дает огромный выигрыш в силе.

Действие редуктора, уменьшающего скорость, но дающего выигрыш в силе, можно наблюдать в работе лебедки (рис. 243). Рука рабочего, вращая рукоятку лебедки, проходит большой путь. Груз же на конце каната проходит гораздо меньшее расстояние и лишь медленно поднимается вверх. Зато какую большую силу развивает лебедка!

Редукторы вводятся и внутрь сложных машин. В автомобиле, например, и в тракторе передача движения от продольного вала к ведущим колесам или гусеницам производится главной передачей, состоящей из одной, а иногда и из двух пар зубча-

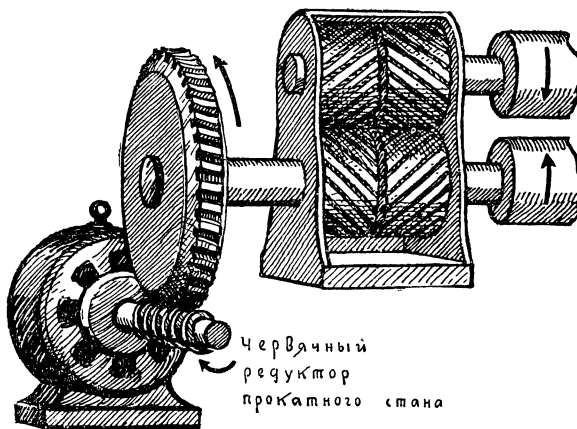


Рис. 244.

тых колес — с передачей от малых колес к большим. Это редуктор, который в пять — десять раз и больше уменьшает число оборотов, получаемых от слишком быстрого двигателя, но зато во столько же раз увеличивает силу и создает большое тяговое усилие на ведущих колесах или на прицепном крюке трактора. Такое же преобразование мощности производит и коробка передач, в которой движение обычно тоже передается от меньших колес к большим.

Мощные прокатные станы на наших металлургических заводах превращают короткие и толстые стальные слитки в длинные рельсы или строительные балки. Для этого валки стана с огромной силой сжимают проходящий между ними горячий ме-

талл. Сбоку от клетки с валками стоит редуктор. Он уменьшает скорость вращения, так как электродвигатель дает слишком большое число оборотов. Но во столько же раз увеличивается сила валков, сжимающих металл (рис. 244).

Водитель автомобиля или тракторист должен уметь возможно лучше использовать мощность двигателя машины. Если автомобиль едет по плохой дороге, везет тяжелый груз или поднимается в гору, водитель переключает передачу на меньшую скорость, но зато создает большую тяговую силу. Если же дорога хорошая или машина везет небольшой груз, достаточно меньшей силы и можно ехать с большей скоростью. Это знает и тракторист. Трактор «СТЗ» при скорости 3,5 километра в час тянет с силой 1200—1400 килограммов, а при скорости 7 километров в час — лишь с силой 600 килограммов.

Токарь или строгальщик тоже умеет управлять преобразованием мощности по золотому правилу механики. Срезая сперва толстый слой металла, строгальщик с помощью коробки скоростей устанавливает меньшую скорость резания, например 5,5 метра в минуту, но зато получает выигрыш в силе — резец давит на металл с силой 1500 килограммов. После этого производится чистовая обработка изделия, при которой срезается тонкая стружка. Теперь уже не нужна такая большая сила резца, зато для повышения производительности надо получить выигрыш в скорости. И рабочий переключает шестерни коробки на большую скорость, с меньшим усилием резания. При скорости, например, 27 метров в минуту резец давит лишь с силой 313 килограммов (на том же станке).

Враг, с которым надо упорно бороться

Мы говорили об идеальных машинах и механизмах, отвлекаясь от потерь на трение. В таких машинах полезная работа была бы равна всей затраченной работе двигателя: во сколько раз мы проигрывали бы в скорости, ровно во столько же раз выигрывали бы в силе. Но ведь таких машин не бывает. Часть работы, или энергии, и притом немалая часть ее, всегда тратится на преодоление трения в механизмах самой машины.

Взять хотя бы червячную передачу. Она уменьшает скорость, например, в пятьдесят или даже в восемьдесят раз. По золотому правилу механики можно было бы ждать, что и выигрыш в силе получится во столько же раз. Однако здесь нас ждет некоторое разочарование, так как в реальном механизме выигрыш в силе окажется значительно меньшим — не в восемьдесят раз, а, скажем, лишь в шестьдесят раз. Винтовое зацепление червяка с шестерней сопровождается большим трением, и на него тратится значительная энергия. Золотое правило здесь не нарушается, но осложняется действием трения. В машине, состоящей из многих механизмов, в каждом из них происходят потери на трение — как говорят, вредная работа в машине. Поэтому в реальных машинах осложняется и равенство работ:

$$\boxed{\text{Затраченная}} \quad \boxed{\text{двигателем работа}} = \boxed{\text{полезной}} \quad \boxed{\text{работе}} + \boxed{\text{вредная}} \quad \boxed{\text{работа}}$$

Понятно, что трение в машинах и вредную работу на его преодоление надо, по возможности, уменьшать и этим повышать коэффициент полезного действия машин (к. п. д.). Мы видели выше, что трение часто бывает нашим другом, что оно используется в передающих механизмах, в тормозах и др.

Теперь поговорим о том, когда трение становится нашим врагом, с которым надо всемерно бороться. Борьба с потерями на трение стала предметом глубокого научного исследования.

Когда-то механизмы, например водяных или ветряных мельниц, делались из дерева, причем обрабатывались они очень грубо, имели огромное трение и очень низкий к. п. д. Такие скрипучие деревянные передачи можно и теперь разыскать в каком-нибудь прадедовском ветряке. С переходом от деревянных механизмов к металлическим трение в них значительно уменьшилось, а к. п. д. повысился. В дальнейшем развитии техники все более улучшалось качество механизмов и уменьшались потери на трение. К. п. д. современных токарных, фрезерных и других станков часто бывает около 0,80, а у передающих механизмов легковых автомобилей даже до 0,90.

Но чем сложнее становятся машины, чем больше механизмов передают в них движение и энергию, тем больше становятся и

К.П.Д. механизмов трактора

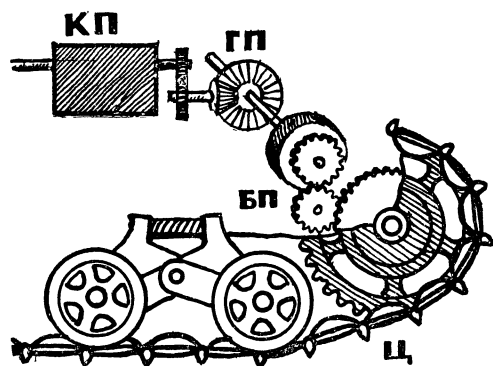


Рис. 245.

потери на трение. Борьба за повышение к. п. д. приобретает еще большее значение.

Вспомним, например, цепь механизмов гусеничного трактора (рис. 245). В его коробке передач КП теряется на трение 5 процентов энергии — к. п. д. коробки 0,95. В следующем звене цепи механизмов — в главной передаче ГП к. п. д. цилиндрической пары шестерен 0,97 и конической пары 0,94. Затем у бортовой зубчатой передачи БП он 0,97 и, наконец, у гусеничной цепи Ц 0,90. Чтобы узнать к. п. д. всей сложной машины трактора, надо перемножить к. п. д. ее отдельных механизмов, — получается 0,75.

Следовательно, четвертая часть всей энергии теряется на преодоление вредного трения. Это значит, что из каждых 4000 литров ценного горючего 1000 литров теряется на трение; из каждых 4 миллионов литров — целый миллион! А из тех миллиардов киловатт-часов электроэнергии, которой наши электростанции снабжают заводы и фабрики, примерно пятая часть (при среднем к. п. д. машин 0,80) теряется даром.

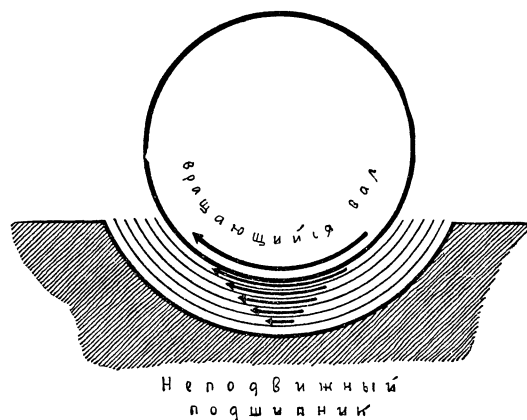
Вот почему борьба с вредным трением в машинах, борьба за повышение их к. п. д. является важнейшей народнохозяйственной задачей. Борьба эта ведется совместными усилиями как конструкторов, создающих новые, всё более совершенные машины, так и рабочих, обслуживающих эти машины на производстве.

Наши машиностроительные заводы изготовляют части машин так, чтобы трение в них было наименьшим. Трущиеся поверхности шеек и цапф валов, подшипников, направляющих и др. тщательно обрабатывают, шлифуют. Они блестят, как зеркало.

Но и шлифования оказалось недостаточно. Трущиеся поверхности механизмов полируют специальными мягкими инструментами, сделанными из дерева, кожи и даже из сукна. Созданы и новые сложные способы обработки металла (суперфиниш и др.), в которых малейшие неровности поверхности сравниваются не только механическим, но и химическим воздействием.

Для уменьшения вредного трения большое значение имеет хорошая смазка механизмов. Об этом должен позаботиться как конструктор, так и рабочий, обслуживающий машину. Тщательная смазка раз в десять уменьшает трение.

Физика выясняет сущность действия смазки. Частицы смазывающей жидкости гораздо слабее связаны между собой и бо-



Трение между слоями смазки
Рис. 246.

лее подвижны, чем молекулы твердых частей машины. Когда в зазор между вращающимся валом и неподвижным подшипником попадает смазка, она как бы разделяется на ряд более тонких слоев (рис. 246). Слой, прилегающий к валу, увлекается им и движется с большой скоростью. У второго слоя жидкости скорость немного меньше, у третьего слоя она еще меньше и т. д. Поэтому скорость каждого слоя по отношению к соседнему невелика, и это уменьшает внутреннее трение в жидкости.

Но жидкости бывают разные. В смазочных веществах важна их большая или меньшая вязкость (внутреннее трение). Чем больше вязкость, тем менее текуча жидкость. Казалось бы, чем меньше вязкость смазки и больше ее текучесть, тем лучше. Значит, лучше всего в этом отношении — да

и дешевле — было бы смазывать механизмы простой водой. В самом деле, почему нельзя употреблять воду в качестве смазки? А дело в том, что недостаточно вязкая жидкость выдавливалась бы из зазора тяжестью вала. Вот почему смазывать водой обычно нельзя.

На производстве применяют много различных сортов смазочного минерального масла, изготовленного из нефти. Они имеют разную степень вязкости — вплоть до совершенно густого тавота. Для каждого механизма выбирают нужный сорт смазки. При большом давлении на трущиеся части и при меньшей скорости механизма берут более вязкое («тяжелое») масло; при малой нагрузке и большей скорости — менее вязкое. При большой скорости увеличивается внутреннее трение в слое масла. И если бы оно было слишком вязким, на это трение терялось бы много энергии.

В современной технике созданы разнообразные и остроумные приспособления для смазки различных частей машин — масленки и др. Рассмотрите некоторые из них на рисунке 247, А, Б, В, Г. В одних при-

способлениях масло поднимается по фитилю, по тончайшим промежуткам между его волокнами (вспомните физический закон капиллярности). В других оно захватывается движущейся металлической лентой из ванны, расположенной под подшипником. Некоторые ответственные и быстро-вращающиеся зубчатые механизмы, например в коробках передач, даже целиком погружают в масло. Все чаще применяется в сложных машинах централизованная автоматическая смазка. Например, в тракторном или автомобильном двигателе (рис. 247, Д) масло из центрального резервуара К небольшим насосом Н нагнетается по каналам Т, просверленным внутри блока двигателя, в шатунах, в частях коленчатого вала и др., и под давлением автоматически подается к наиболее ответственным трущимся частям.

В главе «Из истории колеса» мы видели, что уже в древности люди пользовались катками, которые подкладывали под перевозимые тяжести. Практический трудовой опыт людей и данные науки показали, что при качении приходится преодолевать гораздо меньшее трение, чем при скольжении.

В современном машиностроении широко применяются подшипники качения — шариковые, роликовые и игольчатые. Между вращающимся валом и неподвижным подшипником в особой обойме перекатываются стальные шарики или ролики. От этого трение получается раз в тридцать меньше, чем в обыкновенных подшипниках скольжения даже при их самой хорошей смазке. Применение шариковых подшипников хорошо известно каждому из вас на примере велосипедных колес. Если поднять колесо велосипеда и привести его во вращение, оно

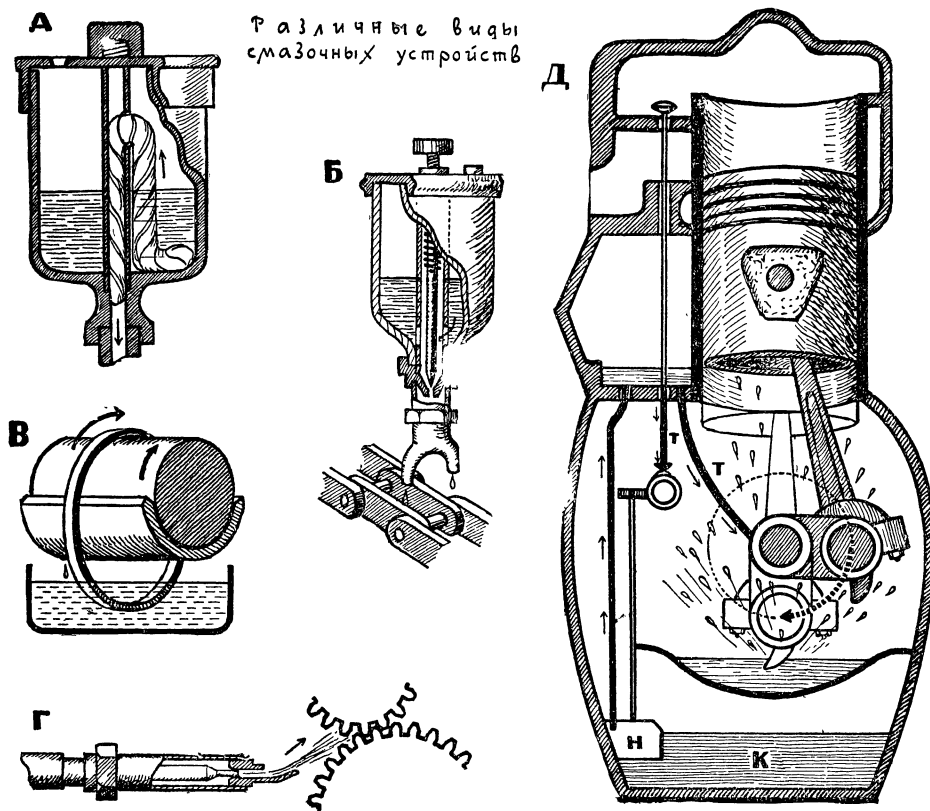


Рис. 247.

Шарикоподшипник и роликоподшипник

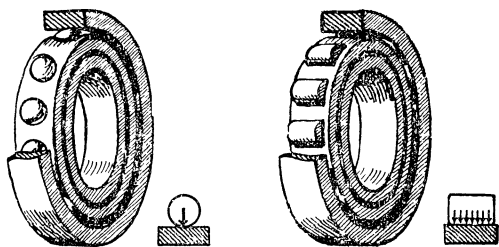
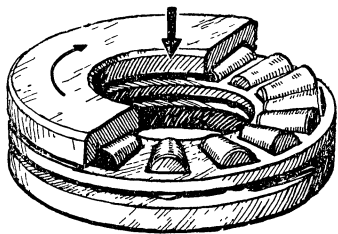


Рис. 248.

долго продолжает вертеться, так как потеря энергии на трение в нем очень мала. От этого у велосипедов такой легкий ход.

Роликовые подшипники для многих машин оказались еще лучше, чем шариковые. В шарике вся действующая на него сила сосредоточивается в одной точке — в точке его соприкосновения с опорным кольцом. В ролике же сила давления распределяется по всей линии его опоры — и на каждую точку давит меньшая сила, отчего ролик не так изнашивается. Поэтому шариковые подшипники применяются теперь при меньших нагрузках; при действии же больших сил конструкторы предпочитают роликовые подшипники. В машинах, испытывающих еще большие усилия, применяют более сложные подшипники с двумя, тремя или четырьмя рядами роликов или же с длинными и тонкими роликами (игольчатые подшипники).

Шариковые и роликовые подшипники все более применяются в разнообразных машинах: металлообрабатывающих, текстильных, сельскохозяйственных, в автомобилях, железнодорожных вагонах и т. д. Подшипники бывают самых различных размеров. есть среди них гиганты весом в тонну, на которых вращаются валы турбо- и гидрогенераторов электростанций. В приборах же точной механики применяются подшипники-



Упорный конический роликоподшипник

Рис. 249.

лилипуты с шариками диаметром всего 1,5 миллиметра.

Очень разнообразно устройство подшипников и форма их роликов. Они должны соответствовать тем условиям, в которых им приходится работать в тех или других механизмах машин. Если, например, вал лежит горизонтально и своей тяжестью давит на подшипник по направлению радиуса вала, ставятся радиальные подшипники с длинными роликами цилиндрической формы, принимающими нагрузку по всей своей длине. Если же вал вращается вертикально и сила тяжести действует вдоль его оси, под ним устанавливается опорный подшипник, в котором ролики имеют коническую форму и сходятся в одной общей вершине (рис. 249).

В СССР построены специальные заводы, изготовляющие миллионы шариковых и роликовых подшипников самого различного назначения и устройства.

Шарики и ролики изготовляют из лучшей стали, строго одинакового размера и точной формы. Проверяют их с точностью до сотых и тысячных долей миллиметра.

Трение в машинах вредно не только тем, что на него теряется лишняя энергия, — трущиеся части изнашиваются, стираются и могут выйти из строя. Поэтому их делают из особенно твердых, износоустойчивых материалов и для большей твердости подвергают поверхностной закалке. Но сложное развитие техники порой идет противоречивыми путями — и наряду с твердыми и стойкими материалами в трущихся частях применяются, наоборот, мягкие, податливые и легкоплавкие сплавы — баббиты, свинцовистая бронза и др.

Поверхность подшипника из такого мягкого сплава хорошо прирабатывается к неровностям вала и принимает соответствующую им форму. Баббит, однако, имеет и другое значение. Если по недосмотру, при плохой смазке, цапфа вала от трения слишком разогреется, она может размягчиться, потерять точную форму, что неминуемо приведет к порче вала. Но техническое мышление человека нашло остроумный выход из этого. В подшипниках делают сменные вкладыши, поверхность которых заливают слоем мягкого сплава. И если уж и случится, что перегреются трущиеся части, подшипник примет вредные последствия на себя: его легкоплавкий сплав размягчится и даже потечет, но дорогостоящий вал будет спасен.

Борьба за равномерное движение машин

Понаблюдаем еще за работой машин и обратим внимание на некоторые новые для нас стороны их движения. Если мы зайдем в цех, когда машины уже пущены в ход и движение их вполне установилось, мы увидим, что части машин движутся равномерно, с неизменной скоростью. Если же заглянуть в цех пораньше, в начале работы новой смены, можно застать интересный момент пуска машин в ход. Рабочий нажимает пусковую кнопку, и неподвижные массивные части машин сперва медленно приходят в движение, а затем начинают двигаться все быстрее и быстрее, пока не разовьют свою нормальную скорость, — это период ускоренного движения. Можно застать в цеху и момент остановки машин. Выключаются двигатели — части машин движутся все медленнее и наконец останавливаются. Правда, массивные части машин по инерции продолжают некоторое время вращаться и без работы двигателя — это период замедленного движения машины.

Но бывает и так, что скорость машин изменяется во время работы. Происходит это от изменения нагрузки: при увеличении нагрузки скорость некоторых машин уменьшается; когда же нагрузка становится меньше, машина развивает большую скорость.

Попробуем разобраться, что происходит в машинах в этих разных случаях их работы — какие действуют в них силы и на что расходуется энергия двигателя. Проще всего обстоит дело при установившемся равномерном движении машины. В это время она преодолевает лишь сопротивление обрабатываемого изделия и сопротивление трения в своих механизмах.

При изменениях же скорости движения машины картина эта значительно осложняется. Если скорость увеличивается, то двигателю, кроме полезной работы и преодоления трения, приходится еще приводить в движение массивные части машины и сообщать им ускорение. Часть энергии двигателя затрачивается на то, чтобы накопить кинетическую энергию в ускоренно движущихся частях машины. Это служит дополнительной нагрузкой

для двигателя и может привести даже к его значительной перегрузке. Двигателю в это время труднее работать.

Вернемся к формулам. «Равенство работ» в машине осложняется новым, третьим членом:

$$\boxed{\text{Затраченная двигателем работа}} = \boxed{\text{полезной работе машины}} + \boxed{\text{работа по преодолению трения}} + \boxed{\text{накопляющаяся кинетическая энергия}}$$

А что происходит при уменьшении скорости машины, при ее замедленном движении, в частности, во время ее остановки? После выключения двигателя массивные части машин некоторое время еще продолжают двигаться благодаря накопленной в них кинетической энергии. Но раньше или позже движение это прекращается, так как накопленная в частях машины кинетическая энергия расходуется на преодоление трения.

Накопленная в машине кинетическая энергия расходуется и совершает работу и тогда, когда скорость машины уменьшается во время работы, при увеличении нагрузки. Когда, например, валки прокатного стана захватывают слиток и скорость стана уменьшается, часть его кинетической энергии расходуется на прокатку слитка, на преодоление его сопротивления. Значит, при уменьшении скорости машины освобождающаяся кинетическая энергия ее массивных частей совершает полезную работу. Она как бы помогает двигателю и облегчает его работу.

Это можно выразить формулой:

$$\boxed{\text{Затраченная двигателем работа}} = \boxed{\text{полезной работе машины}} + \boxed{\text{работа по преодолению трения}} - \boxed{\text{освобождающаяся кинетическая энергия}}$$

Знак минус перед последним членом и означает, что эта часть работы не ложится дополнительной нагрузкой на двигатель, а наоборот, вычитается из его работы и действует в одном направлении с ним. Этот член равенства можно перенести в левую часть со знаком плюс. Тогда баланс энергии в машине станет еще яснее:

$$\boxed{\text{Затраченная двигателем работа}} + \boxed{\text{освобождающаяся кинетическая энергия}} = \boxed{\text{полезной работе машины}} + \boxed{\text{работа по преодолению трения}}$$

Оставим теперь на время заводские машины и предпримем небольшую экскурсию на транспорт — посмотримся там к работе транспортных машин: паровозов и автомобилей.

Пока поезд или автомашина движутся равномерно, с неизменной скоростью, работа тягового двигателя расходуется на преодоление трения в колесах, а также сопротивления воздуха, которое при большой скорости становится весьма значительным. Так, при движении автобуса со скоростью 100 километров в час до 60—70 процентов мощности двигателя затрачивается на преодоление сопротивления воздуха. Развитие современной техники направлено к всемерному уменьшению этих сопротивлений. Вслед за автомобилями подшипники качения стали все более применять и в осях железнодорожных вагонов. Для уменьшения же сопротивления воздуха автомобили и паровозы делают обтекаемой формы, то есть такой формы, чтобы встречные потоки воздуха как можно лучше обтекали их и оказывали меньшее сопротивление.

Но и здесь картина действующих сил и затраты энергии становится намного сложнее, как только поезд или автомобиль начинает двигаться неравномерно, с увеличивающейся или уменьшающейся скоростью. Когда они трогаются с места и набирают скорость, двигатель должен развивать гораздо большую тяговую силу и тратить дополнительную энергию. Дополнительная сила и работа двигателя нужны отчасти потому, что трение в колесах в состоянии покоя больше, чем при движении. Но в особенности большая сила тяги нужна для того, чтобы сообщить ускорение поезду или автомобилю с грузом. Громадную работу приходится затратить на то, чтобы накопить в них кинетическую энергию. Это особенно хорошо знают машинисты тяжелых (вернее, массивных) товарных поездов: как трудно бывает сдвинуть их с места, набрать скорость и преодолеть инерцию покоя.

Для того чтобы сдвинуть с места тяжелый состав, машинист сперва подает паровоз несколько назад и сжимает буферные пружины между вагонами. В результате этого при трогании с места вагоны приходят в движение не все сразу, а один за другим — от головы к хвосту поезда. Инерция поезда преодолевается не сразу, а по частям, и по частям накапливается кинетическая энергия в поезде.

Когда же поезд или автомашина дви-

жутся замедленно, накопленная в них кинетическая энергия освобождается и помогает работе двигателя. Поездной машинист при подходе к станции заранее выключает двигатель, и последнюю часть пути поезд движется за счет своей кинетической энергии, постепенно уменьшая скорость. С разгона берутся и небольшие подъемы — кинетическая энергия затрачивается здесь на преодоление силы тяжести.

Чтобы уменьшить скорость и остановить поезд, применяются тормоза. Действие различных тормозов основано на трении между тормозными колодками или лентами и колесами. Но в чем сущность применения тормозов? В том, чтобы накопленная кинетическая энергия поезда расходовалась на преодоление дополнительного трения в тормозах. Однако энергия эта бывает весьма велика и сразу израсходовать ее, то есть мгновенно затормозить, нельзя, особенно при большой массе и скорости. При экстренном торможении поезд все же «проскочит» некоторое расстояние вперед.

Машинист паровоза или водитель автомобиля должен тормозить заранее. Это особенно важно при большом уличном движении. Есть определенный «путь торможения» — расстояние, на котором можно остановить автомашину.

Если, например, автомобиль идет по сухому асфальтированному шоссе со скоростью 40 километров в час, то остановить его можно на протяжении 10,5 метра. При скорости же 60 километров в час затормозить и остановить машину можно лишь на протяжении 23,5 метра. При гололедице этот «путь торможения» в несколько раз больше. Водитель должен все время внимательно просматривать это расстояние перед машиной.

Вернемся, однако, к производственным машинам. Неравномерность их хода приносит явный вред. Она прежде всего вредна для двигателя, который во время ускорения движения массивных частей машины испытывает значительную перегрузку. Поэтому рабочий не пускает машину в ход под нагрузкой, чтобы двигателю не приходилось совершать двойную работу. Машину пускают сперва вхолостую, без нагрузки, и, лишь когда она разовьет свою нормальную скорость, включают нагрузку.

Но неравномерность хода вредна и для частей самой машины. От изменений скорости и действия инерции в частях механизмов возникают дополнительные вредные

напряжения. Они могут привести даже к поломке частей или уменьшить срок их службы. Поэтому части машин приходится делать более прочными.

Рассчитывая прочность и размеры частей машины, конструктор учитывает действие дополнительных сил и напряжений при изменении скорости хода. Особенно вредны резкие изменения скорости или направления движения. В это время части машины испытывают действие сил, которое можно сравнить с ударами тяжелого молота.

Талантливый русский ученый И. А. Вышнеградский, живший в прошлом столетии, тщательно изучил это вредное действие неравномерности хода машин и способы борьбы с ним. Он разработал теорию применения регуляторов скорости. Регуляторы автоматически выравнивают скорость машины. Изменение скорости в машинах может происходить от двух причин: от неравномерного действия движущей силы двигателя или от изменяющейся нагрузки машины. Поэтому и регулятор скорости можно поставить или «со стороны двигателя», или «со стороны нагрузки».

При молотье, например, регулятор скорости, установленный на двигателе, увеличивает или уменьшает подачу пара в цилиндры локомотива или подачу горючей смеси в двигателе трактора. Если скорость становится слишком большой, регулятор уменьшает подачу пара или горючего и этим уменьшает скорость. На чрезмерное

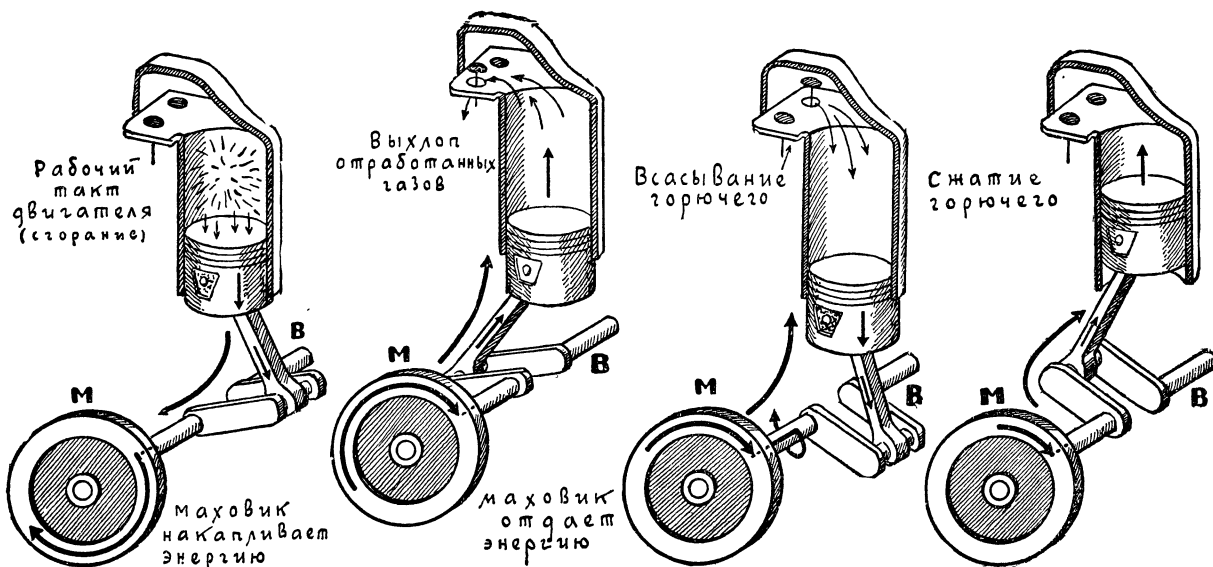
же уменьшение скорости регулятор отвечает увеличением подачи горючего или пара.

Наши заводы выпускают молотилки, в которых регуляторы скорости ставятся и «со стороны нагрузки». Если в барабан молотилки поступает слишком много снопов и скорость его уменьшается, регулятор включает транспортер, подающий снопы. Но как только скорость барабана увеличится до нормальной, подаватель снопов автоматически снова включается в работу.

Чем больше масса частей машин, тем больше накапливается в них кинетической энергии. Чтобы уменьшить вредное действие ударов при частых переменах хода, конструкторы стараются, по возможности, уменьшить массу частей машин. Вместо чугуна или стали для изготовления их начали применять вдвое более легкие алюминиевые сплавы. Из них делают, например, поршни автомобильных двигателей, движущиеся взад и вперед тысячи раз в минуту.

Но и здесь развитие техники идет противоречивыми путями. Уменьшая массу частей машин и стараясь уменьшить накопление в них кинетической энергии, во многих машинах в то же время применяют массивные маховики, цель которых, наоборот, накапливать в себе возможно больший запас кинетической энергии.

Маховик — это своего рода аккумулятор механической энергии. При ускорениях хода машины в маховике аккумулируется, накапливается запас кинетической энергии,



Накапливание и отдача энергии маховиком
Рис. 250.

и благодаря этому маховик препятствует чрезмерному увеличению скорости. При замедлениях же хода маховик отдает обратно накопленную им энергию, отчего уменьшение скорости хода становится меньшим. Таким образом маховик выравнивает изменения скорости.

Пока, например, валки прокатного стана вращаются вхолостую, энергия накапливается в маховике. Когда же валки захватывают слиток и начинают его прокатывать, маховик отдает свою энергию и помогает работе двигателя. В автомобильном или тракторном двигателе маховик выравнивает скорость вала в течение каждого цикла работы: при рабочем такте в нем накапливается энергия, а в течение остальных тактов энергия маховика M возвращается валу B и уменьшает потерю скорости (рис. 250).

Чтобы накапливать больше энергии, маховики должны иметь большую массу. Выгоднее также сосредоточить массу маховика дальше от оси вращения, поэтому маховики делают в виде колес или дисков с тяжелым ободом.

Где лучше ставить маховик: в начале или в конце цепи механизмов машины? Передающие механизмы обычно уменьшают скорость. Маховик же должен вращаться возможно быстрее, так как при большей скорости его кинетическая энергия значительно увеличивается. Поэтому маховик обычно ставят в начале цепи, сразу же после двигателя, где скорость больше. Вы видели это в цепи механизмов автомобиля и трактора.

Силы, возникающие при быстром вращении

Не малое значение в машинах имеют также силы, действующие при вращении их частей, особенно при быстром вращении. Эти силы направлены к оси вращения — от окружности к центру (центростремительная сила). Возникают также и силы, направленные, наоборот, от оси вращения — от центра к окружности (так называемая «центробежная сила»). О физической природе этих сил вы знаете из уроков физики. Здесь же мы рассмотрим лишь некоторые

примеры их значения в технике, в работе машин.

Силы, возникающие при быстром вращении, или полезны, или вредны. В последнем случае они могут причинять опасные разрушения в машинах. Но они же используются во многих технических устройствах, в которых действие их умело направлено на осуществление производственных целей.

В былые времена (до электрификации), когда на фабриках работали мощные паровые машины, они имели громадные маховики (диаметр их подчас был равен высоте двухэтажного дома). При значительной скорости их вращения и из-за недостаточной прочности материала иногда происходили разрывы этих маховиков от действия сил, возникающих при вращении. И тогда обломки их разлетались во все стороны, пробивали стены, разрушали здания, калечили людей. Теперь этого не бывает. Но быстро вращающиеся точильные камни порой разрываются. И во избежание несчастных случаев их обязательно окружают прочным стальным кожухом, а рабочий, затачивающий инструмент, должен становиться несколько сбоку. Некоторые электродвигатели (так называемые серийные — с последовательным возбуждением), если пускать их без нагрузки, развивают громадную скорость, отчего может произойти «разнос» двигателя, при котором выбрасываются в стороны его обмотки. Поэтому двигатели эти нельзя включать без нагрузки. Конструкторы турбин и других быстро вращающихся машин производят тщательный расчет их прочности, учитывая действие сил, возникающих при вращении.

Действие этих сил вредно и опасно и в тех случаях, когда вращающиеся части машин недостаточно хорошо сбалансированы, то есть когда у них ось вращения проходит не точно через центр или когда масса их неравномерно расположена с разных сторон

Балансировка барабана
молотилки

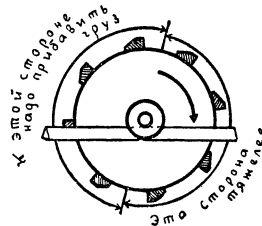
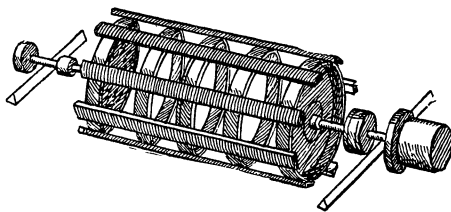
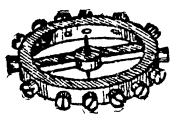


Рис. 251.



Регулирование
механизма часов
Рис. 252.

от оси. Тогда силы, возникающие при вращении, действуют в одну сторону сильнее, чем в другую. И это расшатывает осевые части и тоже ведет к разрушению. Поэтому быстровращающиеся механизмы тщательно балансируются на специальных

станках. Сколь высока бывает точность балансировки, видно, например, из того, что на уравнивание воздушного винта самолета влияет даже ничтожная масса слоя краски, нанесенного на каждую из его лопастей.

Вы видите на рисунке 251, как уравнивают барабан молотилки. При его большом весе (100 килограммов) и огромной скорости (1000 оборотов в минуту) балансировка должна быть очень точной. Шейки вынутого барабана установлены на горизонтальных ребрах трехгранных призм. И если барабан перекачивается на них, значит, он недостаточно уравновешен. Тогда, чтобы

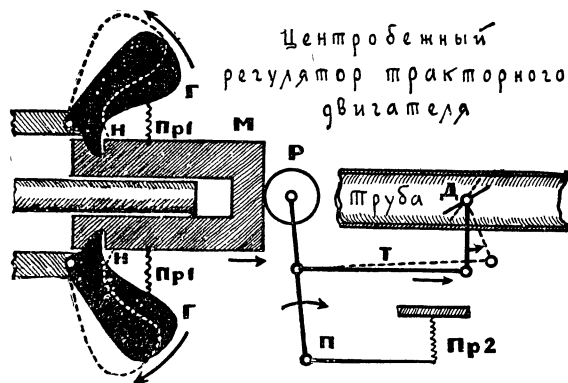


Рис. 253.

утяжелить более легкую половину, в ней под гайки подкладывают шайбы.

Наряду с балансировкой таких тяжелых частей машин производят и тончайшую регулировку маленьких балансных колесиков ручных часов (рис. 252). Для правильного хода часов надо, чтобы центр тяжести качающегося балансира в точности совпадал с его осью. Это достигается тем, что по окружности колесика навинчивают чуть-чуть более тяжелые или более легкие винтики (грузики). Имеет даже значение, если подвинтить такой винтик, то есть немножко изменить расстояние грузика от оси вращения.

На точность хода часов влияет также небольшое изменение длины частей балансира от нагревания или охлаждения.

Но человек не только поборол вредное действие сил, возникающих при вращении, но и заставил эти силы служить своим целям. Широко применяются в машинах так называемые центробежные регуляторы скорости. Вы уже знаете, для чего они служат. Посмотрим теперь, как они действуют.

Возьмем для примера регулятор тракторного двигателя. Рассмотрите его на рисунке 253. Главной частью его являются два массивных груза G . Они вращаются на валу, и от действия сил, возникающих при вращении, расходятся в стороны. Чем больше становится скорость вращения, а с нею и эти силы, тем дальше расходятся грузы. Если скорость двигателя станет чрезмерно большой, грузы своими ножками H отодвинут вправо подвижную муфту M , которая, в свою очередь, отодвинет вправо ролик P , поводок Π и тягу T . А от этого повернется дроссельный клапан D и уменьшит проход в трубе, по которой в двигатель подается горючая смесь. Получая меньше горючего, двигатель уменьшит число оборотов вала. Когда скорость вращения и возникающие при ней силы уменьшатся до нормы, пружины $Pr1$ подтянут грузы обратно к валу. Другая пружина, $Pr2$, через коленчатый поводок Π потянет тягу в обратную сторону (влево) и снова откроет дроссельный клапан D . В двигатель по трубе опять пойдет больше горючей смеси.

Центробежный регулятор скорости есть и в каждом патефоне (рис. 254). Здесь вы тоже найдете грузы G на упругих пружинах Pr , вращающиеся на валу B и раздвигающиеся при быстром вращении. Проследите, как при увеличении скорости вращения грузы эти расходятся в стороны, растягивают пружины и как от этого левый конец

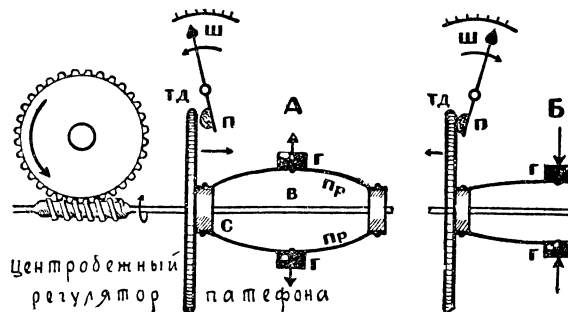
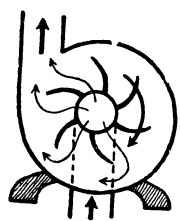


Рис. 254.



Центробежный насос
Рис. 255.

пружин с не закрепленной на валу втулкой *С* перемещается вправо. Вместе с этой втулкой движется вправо и тормозной диск *ТД*, до тех пор пока не прикоснется к подушке *П*. Тогда подушка начинает тормозить вращение диска, скорость патефона уменьшается. Переставляя рычаг по шкале регулятора *Ш*, мы передвигаем тормозную подушку *П* вправо или влево и этим изменяем возможное смещение диска и расхождение грузов, а значит, и скорость патефона.

Сравнивая регуляторы скорости тракторного двигателя и патефона, вы увидите, как тот же общий технический принцип используется для разных целей и в различных конструктивных формах.

Широко используется в технике и действие быстрого вращения на жидкости. Вращающиеся (ротационные или центробежные) насосы (рис. 255) все более вытесняют поршневые с их неудобным возвратно-поступательным движением. И здесь побеждает принцип колеса.

Особое колесо (ротор) с изогнутыми лопастями, помещенное в стальном кожухе, захватывает воду и приводит ее в быстрое вращение. Возникающие при этом силы от-

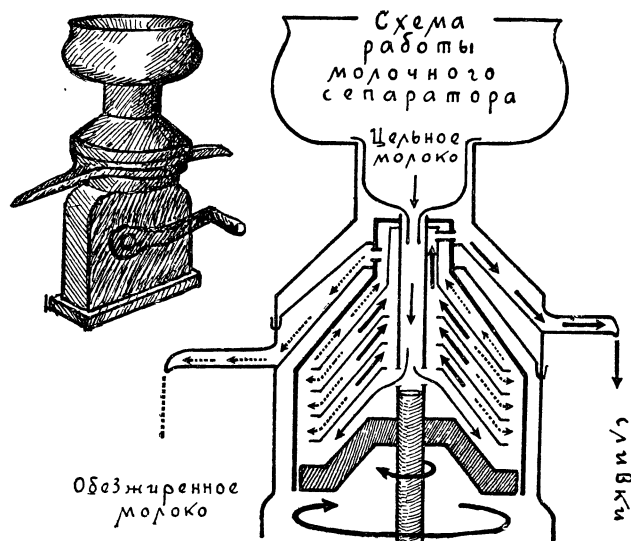


Рис. 256.

брасывают воду от оси к периферии, и она сильной струей движется по отводящей трубе. Центробежные насосы отличаются большой производительностью и мощностью — они могут подавать в час до 8000 куб. метров воды и поднимать ее на высоту до 1000 метров.

Силы, возникающие при вращении, нашли применение и в сельском хозяйстве. Пчеловодам, например, они помогают извлекать мед из сотов. Соты, наполненные медом, укрепляют в особом вращающемся металлическом сосуде — медогонке. При быстром ее вращении мед с силой выбрасывается из ячеек сотов. Отделение меда происходит очень быстро, чисто и без потерь.

Более сложно и интересно устройство и

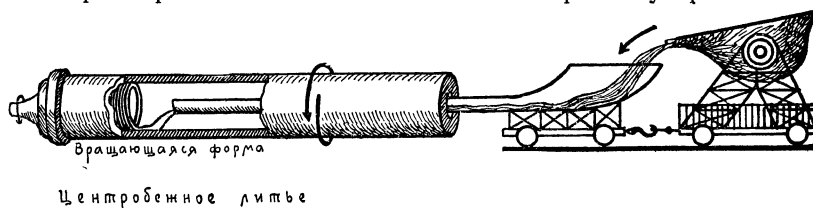


Рис. 257.

действие сепаратора, отделяющего сливки от молока (рис. 256). Принцип действия его основан на том, что молоко (особенно обезжиренное) имеет большую плотность, чем сливки (жир), и поэтому силы, возникающие при вращении, сильнее действуют на обезжиренное молоко, чем на сливки. При быстром вращении сепаратора происходит разделение жидкостей по плотности — сливки скопляются ближе к оси вращения (и отсюда вытекают наружу), а обезжиренное молоко — дальше от оси вращения. Сосуд сепаратора внутри разделен перегородками, направляющими течение жидкости.

Силы, возникающие при быстром вращении, используются в технике и для действия на расплавленный металл. На наших заводах широко применяется новый, передовой метод центробежного литья. Расплавленный металл вводится внутрь полой металлической формы, вращающейся с огромной скоростью — от 600 до 1600 оборотов в минуту (рис. 257). Жидкий металл отбрасывается к стенкам формы и плотно прижимается к ним. А когда металл остынет и затвердеет, отливка в точности принимает очертания формы, причем образуется очень уплотненный, высококачественный слой металла. Так отливают трубы и другие полые металлические изделия.

Сила притяжения Земли

Есть еще одна сила, с которой нередко приходится считаться в работе машин,— это сила тяжести, сила притяжения Земли. Конечно, каждая машина постоянно испытывает ее действие. Но в некоторых случаях она приобретает особое значение. Сила тяжести всегда направлена вниз, к земле; и это характерно для ее влияния на работу машин. Она особенно проявляет себя там, где какие-нибудь грузы или части самих машин поднимаются выше или опускаются ниже.

Двигатель паровоза или автомобиля сразу испытывает резкое увеличение нагрузки, как только поезд или автомобиль переходит с горизонтального пути на подъем. К трению колес и осей и сопротивлению воздуха, которые приходится преодолевать обычно, присоединяется здесь новое большое сопротивление силы тяжести. Тяжеловесный поезд приходится поднимать по наклонной плоскости вверх. Это требует от двигателя в несколько раз большей силы тяги и затраты энергии. Транспортные машины могут преодолевать подъемы не больше определенной крутизны (угла подъема).

Зато на спусках поезда и автомобили мчатся легко, и сила тяжести помогает работе двигателя — она совершает полезную работу. При крутом спуске не только совершенно выключают двигатель, но и применяют тормоза, так как сила тяжести может сообщить слишком большую, опасную скорость.

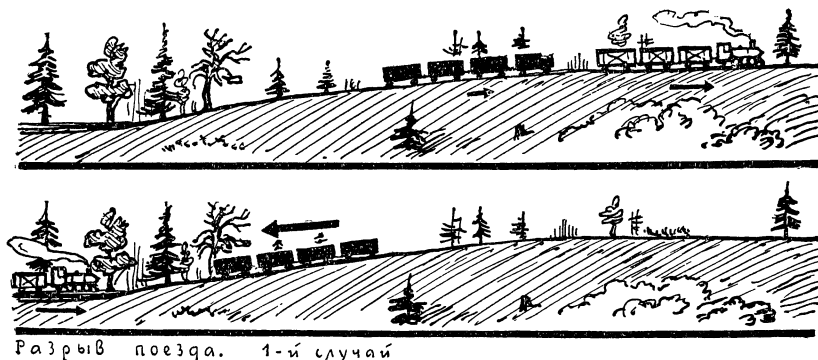


Рис. 258.

В прежние времена, когда сцепка между вагонами была еще недостаточно прочна, происходили иногда обрывы поездов. Бывало это, например, так (рис. 258). На крутом подъеме хвостовая часть поезда отрывалась от передней и сперва замедляла ход, потом останавливалась, а затем, от действия силы тяжести, начинала двигаться назад, под уклон. Развивая все большую скорость, вагоны мчались навстречу следую-

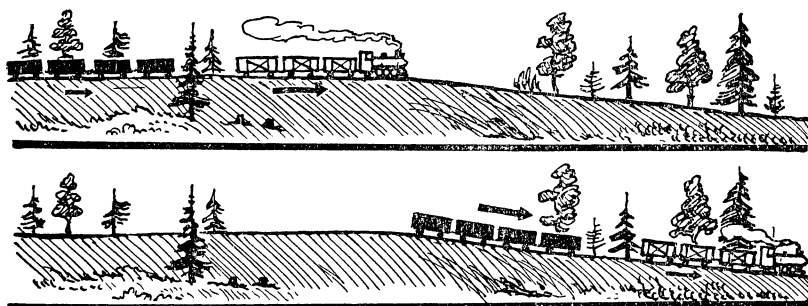


Рис. 259.

щему поезду. Или случалось, что хвостовая часть поезда отрывалась на горизонтальном участке (рис. 259) и сперва продолжала двигаться вперед по инерции. Но затем она переходила на участок с уклоном вперед, и здесь, развивая все большую скорость, нагоняла переднюю часть своего же поезда, грозя опасным столкновением. Машинист должен был суметь «принять» хвостовую часть при возможно меньшей разности скоростей, с наименьшим толчком, а затем уже остановить весь состав. Все это теперь ушло в прошлое, так как наши поезда оборудованы прочной, надежной автосцепкой и автоматическими тормозами.

Надо, однако, заметить, что ни один паровоз или автомобиль не мог бы работать без участия силы земного притяжения. Чтобы привести в движение поезд или автомашину, ведущие колеса должны иметь достаточное сцепление с рельсами или с дорогой. Для этого сила тяжести должна прижимать их к дороге или к рельсам. В технике так и говорят о «сцепном весе» — о той части веса паровоза или автомобиля, которая приходится на ведущие колеса и прижимает их к

дороге. Сцепной вес стараются по возможности увеличить (конечно, в допустимых пределах) — у паровоза «ФД» он более 100 тонн. Может быть, это звучит парадоксом, но современный локомотив должен быть тяжелым, иначе он не сможет вести тяжелые поезда.

В современной технике — на заводах, в шахтах, при постройке зданий или при погрузке на транспорте — постоянно приходится поднимать вверх большие тяжести. Для этого применяются разнообразные подъемные машины и механизмы — различные системы кранов и др. Работа этих машин состоит в преодолении действия земного притяжения.

Сравнительно проще работа вертикальных подъемников. Таковы, прежде всего, лифты жилых домов (рис. 260). Работу их многие из вас, живущие в больших городах, могут понаблюдать на практике. Кабина лифта движется по металлическим направляющим шинам. Проволочный подъемный канат наверху перекинут через блок, а затем наматывается на барабан лебедки. Лебедку вращает электродвигатель, которым можно управлять как снаружи, так и изнутри кабины. Обратите внимание на противо-

вес — тяжелый груз, подвешенный на другом конце каната для уравнивания тяжести кабины. Это облегчает работу двигателя. Для преодоления силы тяжести (веса кабины) используется здесь сама сила тяжести (вес противовеса). Разберитесь по рисунку 260 в разных системах лифтов.

В угольных и других шахтах приходится поднимать с большой глубины на поверхность земли огромные количества каменного угля, железной руды и др. Вертикальные шахтные подъемники (рис. 261) имеют много общего с лифтами.

На конце длинного и очень прочного стального каната (троса) подвешена или клеть с установленными в ней груженными вагонетками (часто в несколько этажей), или большой подъемный сосуд — скип, в который непосредственно насыпают уголь или руду. Клеть или скип движется вверх или вниз по направляющим вроде рельсов, проложенным вдоль ствола шахты. Наверху, над отверстием шахты, находятся большие шкивы Ш, через которые перекинуты подъемные канаты. Канаты отводятся ими в сторону и наматываются на барабан Б мощной электрической подъемной машины ПМ. Барабан вращается в обе стороны: при

Разберитесь сами в этих различных схемах лифтов

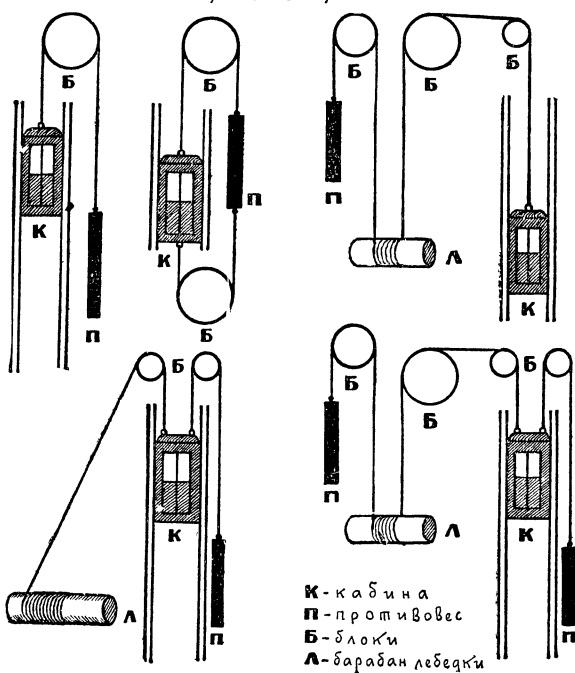


Рис. 260.

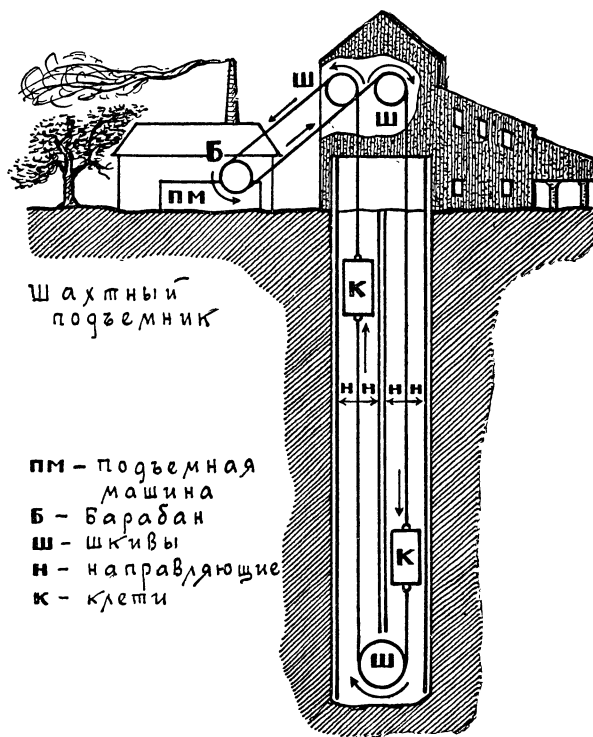


Рис. 261.

подъеме клетки — в одну сторону, при опускании — в другую. Обычно применяют подъемные системы с двумя канатами и двумя клетями — так, чтобы вес одной из них уравновешивал другую. Это экономит энергию двигателя.

Шахтные подъемники поднимают большие грузы — до 12 тонн. А так как шахты бывают глубоки (до километра и глубже), приходится поднимать эти грузы с очень большой скоростью — в 10, 20 и даже 30 метров в секунду. Это скорость курьерского поезда. Понятно, что стальные канаты подъемников должны быть очень прочны.

В шахтных подъемниках и в лифтах грузы движутся лишь вертикально — вверх или вниз. Но есть и другие типы подъемных машин — краны, — которые производят более сложное передвижение грузов. Они не только поднимают и опускают грузы, но и переносят их в горизонтальном направлении.

На заводских дворах, в цехах или на больших складах вы сможете понаблюдать работу мостовых кранов. Через цех или двор перекинут подвижной мост крана, сделанный из стальных ферм. Там, наверну,

вдоль цеха или двора с обеих сторон проложены рельсы, по которым кран в целом, а с ним и поднятый груз, движется вдоль пролета. По мосту крана движется тележка, что дает возможность переносить грузы также и поперек пролета. На тележке установлена лебедка, с помощью которой можно поднимать грузы вверх или опускать вниз. Машинист, управляющий краном, сочетает любые из этих движений. На рисунке 262 показано, как складываются в пространстве вертикальное, продольное и поперечное движения груза. Благодаря этому кран может поднять груз в любом месте цеха, перенести его и опустить в любом другом месте.

На стройках новых домов вам, конечно, приходилось видеть работу поворотных кранов (рис. 263). Они бывают разных систем, но обычно нижняя часть их не вращается, а служит опорой, на которой поворачивается верхняя, вращающаяся часть с выступающей укосиной или стрелой.

Проследите, какие перемещения груза выполняет такой кран. Как складываются здесь вертикальный подъем или опускание груза и его передвижение в горизонтальном направлении?

Если кран работает с постоянным вылетом стрелы, то есть груз все время остается

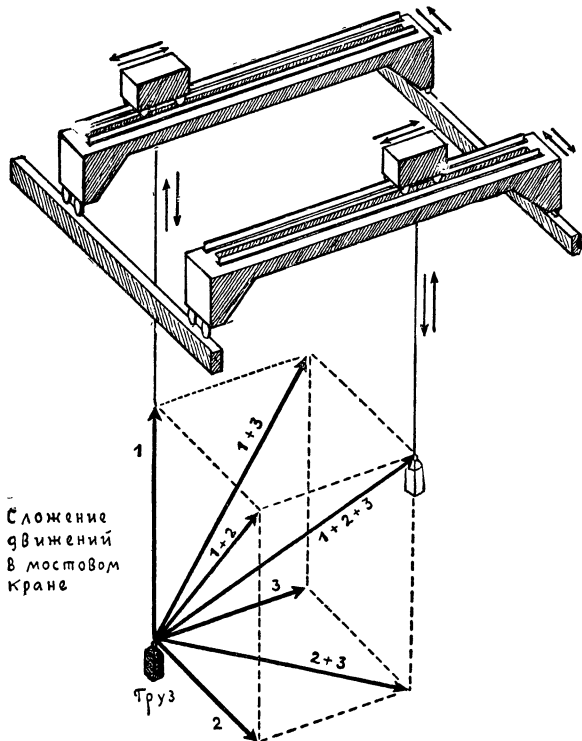


Рис. 262.

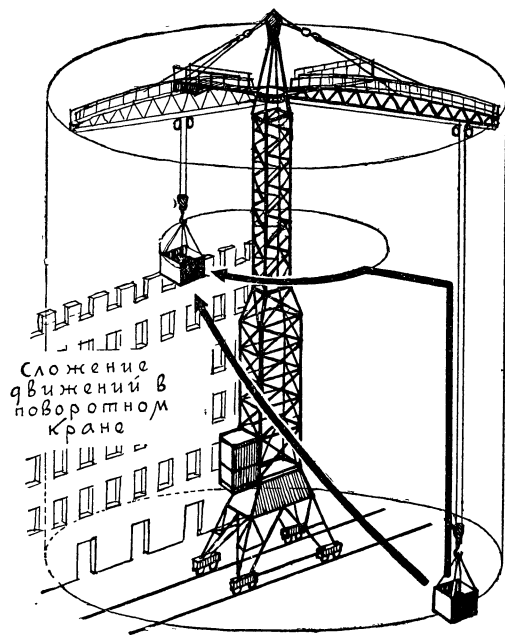
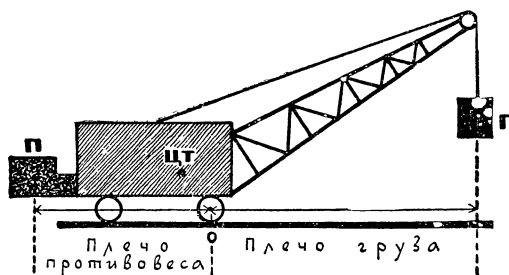


Рис. 263.

на одинаковом расстоянии от оси вращения крана, подъем груза сочетается с перемещением по окружности. Но у многих кранов вылет стрелы может меняться путем изменения наклона укосины, а у более мощных кранов — с помощью тележки, движущейся по укосине. В таком кране сочетаются уже три движения: вертикальный подъем, поворот вокруг оси и перемещение груза ближе к оси или дальше от нее. Кран может перемещать грузы в любом месте в пределах определенного пространства, имеющего форму цилиндра, очерченного наибольшим вылетом стрелы крана. Кроме того, многие краны сами передвигаются по рельсам или на автомашине и проч. и могут перевозить поднятые грузы.

Действие силы земного притяжения очень важно и еще в одном отношении. Машины, а также строительные сооружения должны быть устойчивы. Испытывая действие громадной силы тяжести, они должны нахо-

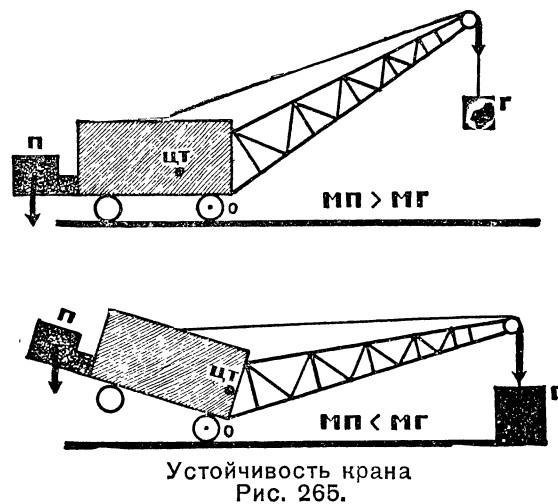


Моменты сил в поворотном кране
Рис. 264.

диться в устойчивом равновесии. Иначе эта сила может нарушить правильность их работы и даже опрокинуть их.

Устойчивость очень важна в поворотных кранах (рис. 264), у которых грузы G подвешены на далеко выступающей укосине и могут опрокинуть кран. Чтобы предотвратить это опрокидывающее действие, в кранах обычно устраиваются противовесы P . Противовес в виде тяжелого груза устанавливается с противоположной стороны от укосины и поднимаемой тяжести. Это придает крану гораздо большую устойчивость.

Опрокидывающее действие груза зависит как от его веса (силы тяжести), так и от расстояния от груза до оси крана. Обратите внимание, что здесь надо брать не вертикальную, а горизонтальную ось o , вокруг которой повернулся бы кран при его опрокиды-



вании. На рисунке буквами $ЦТ$ обозначен центр тяжести крана.

В механике существует понятие момента силы, который равен силе, умноженной на ее плечо, то есть на расстояние до оси вращения. У противовеса тоже есть момент силы, который зависит как от тяжести противовеса, так и от расстояния до оси (рис. 265). Момент силы поднимаемого груза MG действует на кран в одну сторону — на нашем рисунке по часовой стрелке. А момент силы противовеса MP — в другую сторону, против часовой стрелки. Моменты сил под-

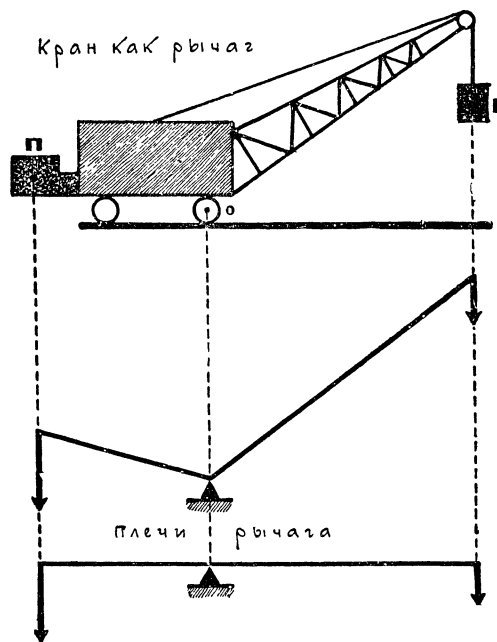
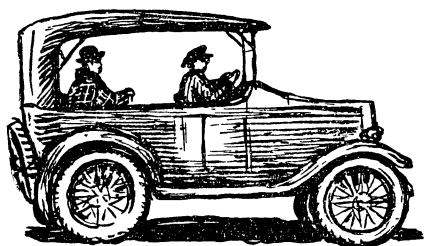


Рис. 266.



Старый малоустойчивый автомобиль

Рис. 267.

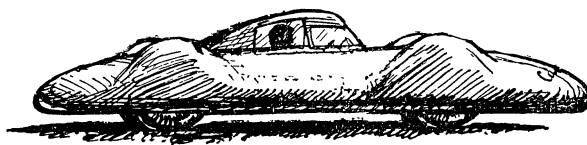
нимаемого груза и противовеса как бы стремятся опрокинуть кран в противоположные стороны. Поэтому-то они и уравнивают друг друга. При расчете устойчивости крана подбирают такой вес противовеса и ставят его на таком расстоянии от оси опрокидывания, чтобы момент его надежно уравнивал момент наиболее тяжелых поднимаемых грузов при наибольшем вылете стрелы крана.

Если вы хотите развить у себя более глубокое техническое мышление, научитесь выделять в машинах и других устройствах самое главное, основное, отвлекаясь от второстепенных и частных деталей. Если, например, в поворотном кране отвлечься от деталей конструкции, можно выделить в нем принцип рычага первого рода (рис. 266). На большом плече этого рычага приложена сила тяжести поднимаемого груза G , а на малом плече — сила тяжести противовеса P .

На рисунке видно, как при таком ходе мысли сперва получается ломаный рычаг, а еще более отвлекаясь от подробностей устройства, можно привести его и к обычно-

венному прямому рычагу. Такое сведение к простому и хорошо знакомому нам принципу дает возможность легче и лучше разобраться в сущности действия сложного реального крана.

Устойчивость важна и в других машинах, например в автомобилях. Первые, тихоходные автомобили делали очень высокими. При большой скорости они легко опрокидывались бы. Поэтому в дальнейшем развитии автомобильного дела с увеличением скорости езды автомобили стали делать все более низкими, приземистыми, что улуч-



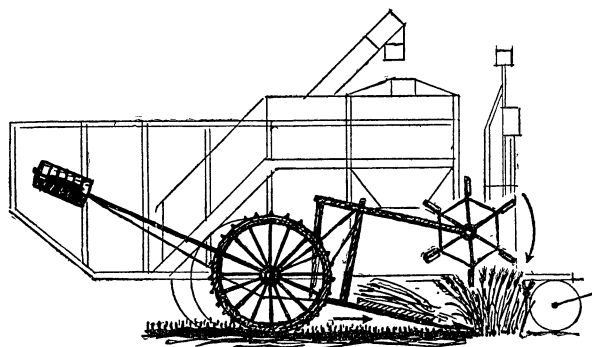
Советский гоночный автомобиль «Салют»

Рис. 268.

шает их устойчивость. Это особенно важно в гоночных автомобилях.

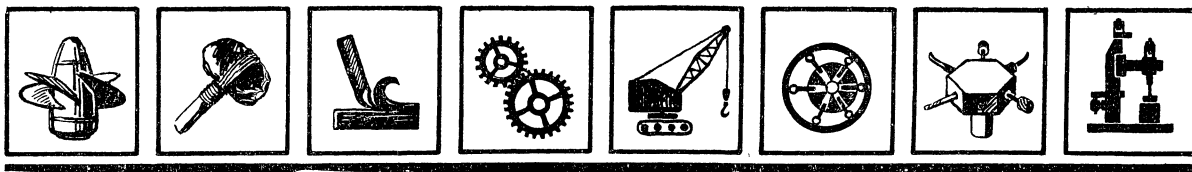
В зерноуборочных комбайнах, чтобы не мять хлеб, боковое (полевое) колесо ставят позади платформы. А чтобы платформа не перевешивала и не опрокидывала комбайн, по другую сторону колеса подвешивают на рычаге груз — противовес (рис. 269).

Устойчивость по отношению к действию земного притяжения имеет большое значение и в строительной технике, особенно в сооружении высотных зданий, башен и т. д., но это уже другая увлекательная область, выходящая за пределы нашей книги о машинах.



Балансирное устройство
комбайна

Рис. 269.



Глава VI. ЖИДКОСТИ И ВОЗДУХ ВМЕСТО ТВЕРДЫХ МЕХАНИЗМОВ

Из чего сделаны передающие механизмы машин? Разумеется, скажете вы, из самой прочной стали. И мы действительно видели, какое многообразие сложных и совершенных механизмов, состоящих из металлических колес, валов, рычагов и др., создано в современной технике. Но у этих твердых механизмов появился неожиданный соперник. И таким «заменителем стали» оказалось не что иное, как жидкое минеральное масло, — жидкость, циркулирующая по системе труб, передающая давление и производящая нужные движения рабочих частей машин.

Мы иногда склонны при поверхностном суждении недооценивать механические свойства и возможности жидкостей и относиться к ним с некоторым предвзятым пренебрежением. Ну, что может сделать какая-то жидкость рядом с могучими стальными частями машин! А между тем жидкости могут передавать и развивать большие усилия. Вы помните из курса физики, что, по закону Паскаля, жидкости передают давление равномерно и во все стороны. На этом основано действие гидравлических прессов, в которых жидкости создают громадную силу, иногда достигающую 15, 20 и даже 30 тысяч тонн. В кузнечных цехах такие прессы быстро расплющивают массивные стальные слитки. Поэтому недоверие к силе жидкостей совершенно необосновано.

Как жидкости приводят в движение части машин

По закону Паскаля жидкости передают давление по трубам любой сложной изогнутой формы. Представьте систему из таких

труб, наполненных жидким маслом и подведенных к рабочим органам машины. Если в начале трубы давить на жидкость поршнем, то она передаст это давление вдоль всей системы и на другом конце ее приведет в движение рабочие части машины. На этом принципе и основаны разнообразные жидкостные, или гидравлические, передачи в машинах. У них оказался целый ряд отличных качеств, подчас даже лучших, чем у металлических передающих механизмов. Они отличаются плавностью хода и в то же время высокой точностью действия. Управлять этими передачами очень удобно и просто. Поэтому гидравлические устройства находят себе все более широкое применение в машинах.

Изучая машины, старайтесь уловить то новое, прогрессивное, ведущее вперед, что характерно для развития современного машиностроения. Одной из интересных сторон его развития и является внедрение гидравлических передач.

К числу наиболее совершенных машин, оснащенных по последнему слову техники, принадлежат автомобили. На них применяют гидравлические тормоза. Вы найдете их на автомобилях «ЗИМ», «ЗИС-110», «Победа», «Волга» и др. Они значительно облегчают работу водителя и обеспечивают надежное и плавное торможение. Тормоза эти могут служить типичным примером гидравлических устройств. Рассмотрим схему, показывающую основной принцип их действия (рис. 270).

Центральной частью всей системы является ее главный цилиндр ГЦ. Когда водитель нажимает ногой на тормозную педаль П, поршень цилиндра давит на масло, и оно передает это давление по разветвлен-

ной системе труб. Трубы расходятся в четыре стороны и подводят давление масла ко всем колесам автомобиля — к их тормозам. На каждом колесе есть небольшой тормозной цилиндр *ТЦ* с двумя поршнями, расходящимися в обе стороны. Масло по трубе подводится в середину цилиндра и отсюда давит в обе стороны на поршни, которые

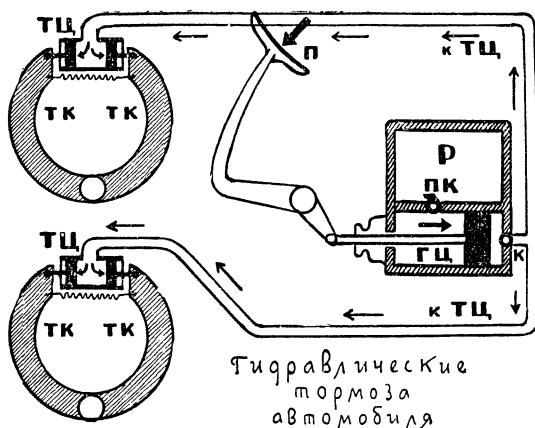


Рис. 270.

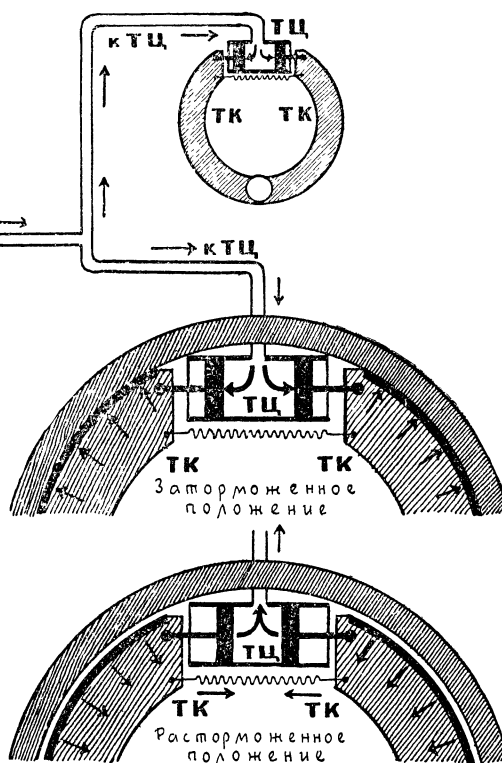
своими штоками прижимают тормозные колодки *ТК* и тормозят колесо.

В этой тормозной системе можно найти основные части большинства гидравлических устройств: центральную часть — насос (главный цилиндр); систему труб, или трубопроводов, по которым давление жидкости подводится к исполнительным органам; исполнительные органы в виде тормозных цилиндров на рабочих частях машины.

Но потоком жидкости в сложной системе труб надо управлять. И в гидравлических устройствах есть еще один очень важный род органов — это различные краны, клапаны, золотники и др., с помощью которых можно управлять жидкостью. В нашем примере между главным цилиндром и трубами находится клапан *К*, через который жидкость может течь из цилиндра в трубы или обратно — из труб в цилиндр. Рядом с цилиндром вы видите резервуар с маслом *Р*. Между ним и цилиндром тоже есть особый перепускной клапан *ПК*, через который жидкость может переходить из резервуара в цилиндр или наоборот — в зависимости от того, где больше или меньше давление. Когда водитель перестает нажимать на педаль, давление в трубах падает, пружины отжимают тормозные колодки — и тогда жидкость возвращается из труб в главный

цилиндр, а избыток ее переходит в резервуар.

Простая, казалось бы, вещь — труба. А ведь она была одним из замечательных изобретений человеческого ума. Принцип трубы — важнейшая основа техники жидкостей (гидротехники). Трубы — это хорошие пути, или каналы, по которым можно напра-



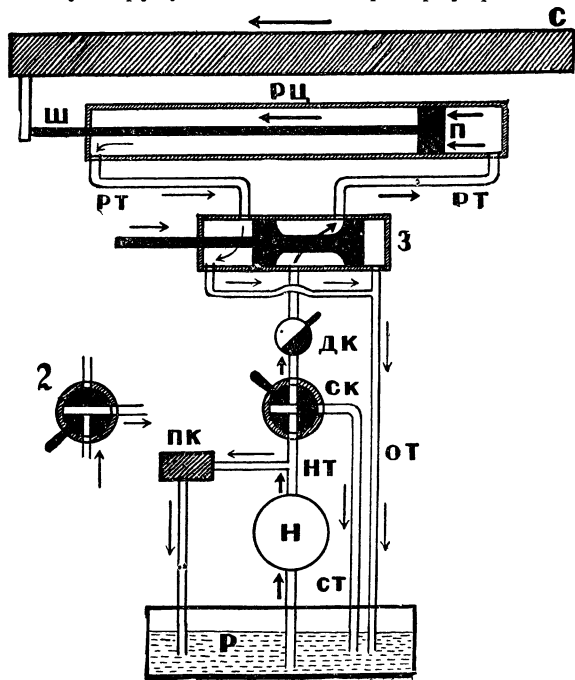
вить и подвести жидкость (и ее давление) в любое нужное место. Недаром в технике такие трубы называют трубопроводами.

В машинах с гидравлическими передачами мы видим сложную систему таких каналов-труб, направляющих поток жидкости (рис. 271). Проследим, например, путь жидкости в гидравлической системе шлифовального станка, где жидкость приводит в движение его стол *С* с изделием.

Силовым центром системы служит здесь насос *Н*, который приводится в действие электродвигателем. Насос этот засасывает масло из резервуара *Р*, а затем нагнетает его дальше по напорному трубопроводу *НТ*. Если в системе получается излишек масла, оно отводится обратно в резервуар через предохранительный клапан *ПК*. Дальше на пути масла находится стопорный кран *СК*. Когда надо остановить подачу, этот кран

закрывают, и, если насос продолжает работать, масло сливается обратно в резервуар по сливному трубопроводу *СТ* (см. положение 2). Еще дальше на пути масла вы видите дроссельный клапан *ДК*. Он в большей или меньшей мере суживает проход для масла. Этим способом можно регулировать скорость подачи стола станка.

Исполнительным органом системы служит рабочий цилиндр *РЦ* и движущийся в нем поршень *П*, который с помощью штанги *Ш* приводит в движение стол *С* станка. Но стол должен совершать движения то в одну, то в другую сторону. Поэтому и масло в рабочий цилиндр надо впускать попеременно то с одной, то с другой стороны поршня. Для этого на пути потока масла, в месте разветвления напорного трубопровода, стоит еще один прибор управления — золотник *З*. Он попеременно направляет масло то по правому, то по левому распределительному трубопроводу *РТ*. Масло поступает в цилиндр и давит на поршень то с одной, то с другой стороны — и поршень, его штанга и стол станка совершают возвратнопоступательное движение. Масло же, отработавшее в цилиндре, выталкивается обратным ходом поршня и через золотник и отводную трубу *ОТ* стекает в резервуар.



Гидравлическая система шлифовального станка
Рис. 271.

Принцип цилиндра с поршнем

Гидравлические устройства очень многочисленны и разнообразны. Но во многих из них вы найдете одну важную общую часть — это цилиндр с движущимся в нем поршнем. Принцип цилиндра с поршнем имеет большое значение в технике и тоже принадлежит к числу замечательных изобретений человеческого ума. Уже в глубокой древности научились люди выдалбливать из стволов деревьев полые цилиндры, прилаживать к ним деревянные поршни и создавать свои примитивные гидротехнические сооружения. У древнего писателя Фалеса Византийского есть описание водяного насоса, применявшегося около двух тысяч лет назад. Это был уже довольно усовершенствованный водяной насос двойного действия, всасывавший воду из реки и нагнетавший ее выше. Значит, основной принцип цилиндра с поршнем был известен еще гораздо раньше.

Отличные сооружения для снабжения водой делали талантливые русские мастера из народа. В древнем Московском Кремле был устроен напорный водопровод, подававший воду из Москвы-реки. Водопровод этот хорошо работал и не раз помогал москвичам выдерживать осады и отбиваться от врагов. Еще раньше — в XI веке — водопровод был устроен в Новгороде.

В гидравлических передачах современных машин старый принцип цилиндра с поршнем нашел новую область для своего применения и развития. Можно проследить здесь интересные изменения и переходы в развитии этого важного технического принципа. На примере развития цилиндра с поршнем в гидравлических устройствах вы увидите, как общий технический принцип принимает разнообразные формы в зависимости от конкретных производственных задач и условий. Мы видели, как движение поршня в цилиндре создает подачу стола станка (рис. 272, А), причем сам цилиндр остается неподвижным. Но иногда конструкторы считают лучшим сделать наоборот (рис. 272, Б), так чтобы неподвижным оставался поршень со штоком, а двигались бы (от действия давления масла) стенки самого цилиндра, с которыми наглухо скреплен стол станка.

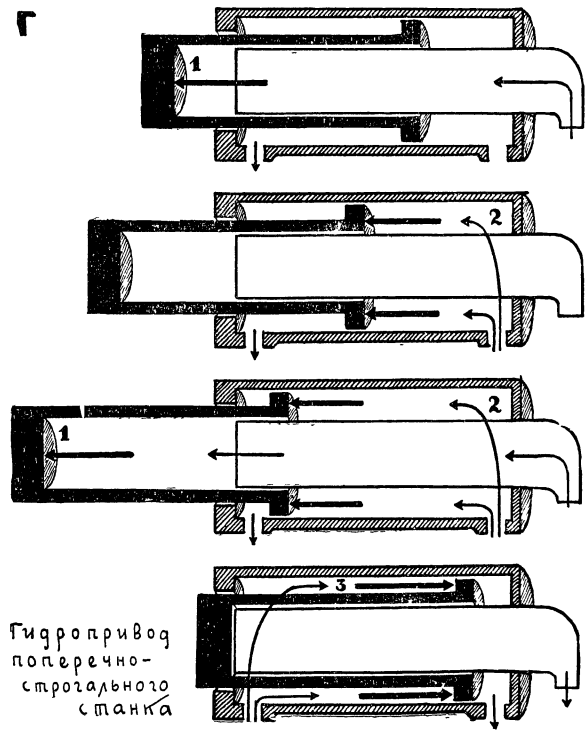
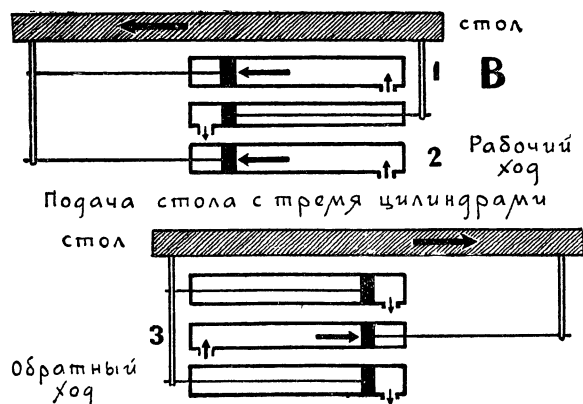
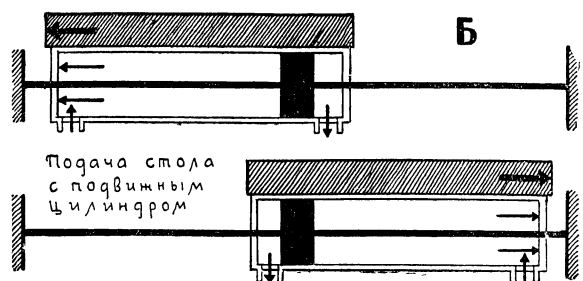
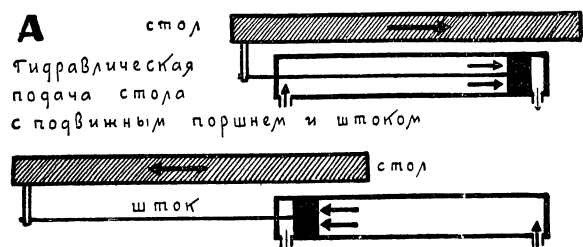
Вот перед нами привод стола мощного станка, в котором не один, а три цилиндра (рис. 272, В). Два широких цилиндра 1 и 2 работают вместе и производят рабочий ход стола, требующий большого усилия и боль-

шой мощности. А для этого, по закону Паскаля, надо, чтобы масло давило на большую поверхность поршней. Третий же, более узкий, цилиндр 3 производит обратное, холостое движение стола. Здесь уже не нужна большая сила, а значит, и большая площадь поршня. Зато полезна большая скорость холостого хода. Это и достигается благодаря меньшему объему узкого цилиндра, который скорее заполняется маслом.

Посмотрите теперь, как своеобразно решается эта же задача в приводе небольшого поперечно-строгального станка (рис. 272, Г). Цилиндров здесь тоже три, но они как бы вставлены один в другой, образуя компактное и удобное устройство. Два из них, 1 и 2, производят рабочий ход стола. Если впустить масло в более узкий из этих цилин-

дров — 1, его поршень произведет рабочее движение с меньшей силой, но с большей скоростью. Если же впустить масло в более широкий цилиндр 2, окружающий цилиндр 1, рабочий ход (в ту же сторону) получится с большей силой, но с меньшей скоростью. Можно впустить масло и одновременно в оба эти цилиндра — 1 и 2. Тогда сила рабочего хода получится еще большей, а скорость еще меньшей. Но в системе есть еще и третий цилиндр — 3, также окружающий цилиндр 1. Давление масла в цилиндре 3 вызывает движение его поршня в противоположную сторону — холостой ход суппорта с резцом. Так как масло в этом цилиндре давит на малую площадь поршня, рабочее пространство цилиндра сделано очень узким — холостой ход получается с меньшей силой, но зато с большей скоростью.

Вот какими извилистыми путями развивается и видоизменяется принцип цилиндра с поршнем! Но принцип этот находит применение не только в станках. Он лежит, например, и в основе движения «ног» гигантского шагающего экскаватора (рис. 273). Передвигается экскаватор при помощи двух опорных башмаков Б — огромных стальных



Различные виды цилиндра с поршнем
Рис. 272.

плит длиной более 16 метров и шириной 2,5 метра. С каждой стороны работают два мощных масляных цилиндра (развивающих силу в 500 тонн) — главный подъемный цилиндр *ПЦ* и вспомогательный цилиндр *ВЦ*. Рассмотрите на рисунке последовательные моменты «шага» экскаватора (все, о чем мы будем говорить дальше, происходит одновременно с обеих сторон экскаватора).

1 — положение во время копания, когда экскаватор стоит на месте. Подъемный цилиндр *ПЦ* наклонен. Поршни в обоих цилиндрах — *ПЦ* и *ВЦ* — втянуты внутрь (вверх). Опорный башмак *Б* висит на штоке подъемного цилиндра и приподнят над землей. Экскаватор опирается на свою раму *Р*.

2 — начало шагания. Масло поступает в верхнюю часть вспомогательного цилиндра *ВЦ* и давит оттуда на поршень. Поршень и шток вспомогательного цилиндра передвигают нижнюю часть подъемного цилиндра *ПЦ* вперед и переводят этот цилиндр в вертикальное положение. Вместе со штоком подъемного цилиндра передвигается вперед и опорный башмак *Б*.

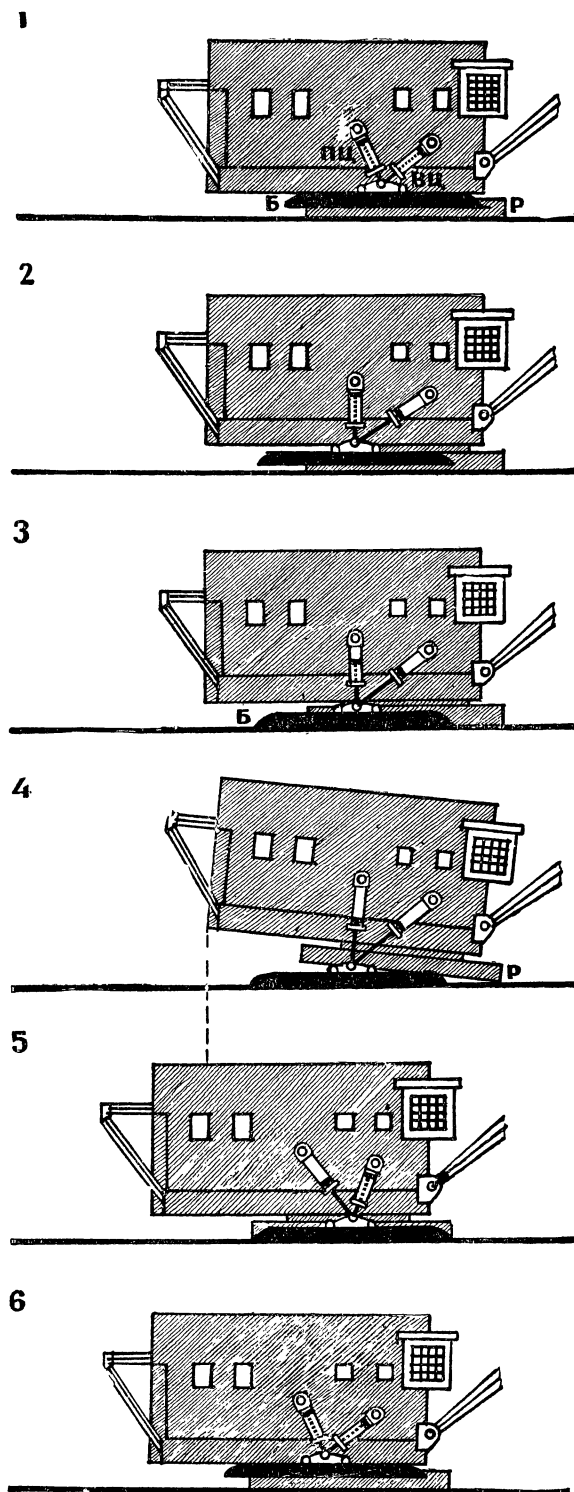
3 — масло поступает в верхнюю часть подъемного цилиндра *ПЦ* и давит на его поршень сверху вниз. Поршень и шток опускаются вниз, опускают опорный башмак на землю и сильно прижимают его к земле.

4 — когда это давление башмаков на землю становится все сильнее, сам 1300-тонный экскаватор, как бы отталкиваясь от земли, приподнимается вверх. При этом он немного наклоняется назад и опирается о землю лишь задней кромкой своей рамы *Р*.

5 — теперь масло поступает в нижнюю часть вспомогательного цилиндра *ВЦ* и давит на его поршень снизу вверх. Задняя часть экскаватора приподнимается и отделяет заднюю кромку рамы от земли. При этом весь экскаватор своей тяжестью как бы переваливается вперед и снова занимает горизонтальное положение. В результате он оказывается передвинутым вперед.

6 — остается снова приподнять башмаки начать новый шаг. Масло поступает в нижнюю часть подъемного цилиндра *ПЦ*. Его поршень и шток поднимаются вверх и поднимают башмак. И дальше повторяется тот же цикл шагания.

Гидравлические устройства проникают и в наше сельское хозяйство, оснащенное новейшей техникой. Все шире применяются у нас навесные плуги и другие машины, которые не прицепляются к трактору сзади, а навешиваются на него. С помощью масля-



Шесть положений шагающего экскаватора
Рис. 273.

ного цилиндра с поршнем и системы рычагов тракторист легко поднимает вверх тяжелый плуг или опять опускает его на землю.

Рассмотрим гидравлическую систему этого устройства (рис. 274). Насос, подающий масло в рабочий цилиндр *РЦ*, состоит из четырех небольших цилиндров *Ц* с поршнями *П*. На валу *В* вращаются два эксцентрика *Э*. Это колеса со смещенной осью. Каждый из них при вращении по очереди отодвигает поршни то правого, то левого насосов. Назад поршни их отжимаются пружинами.

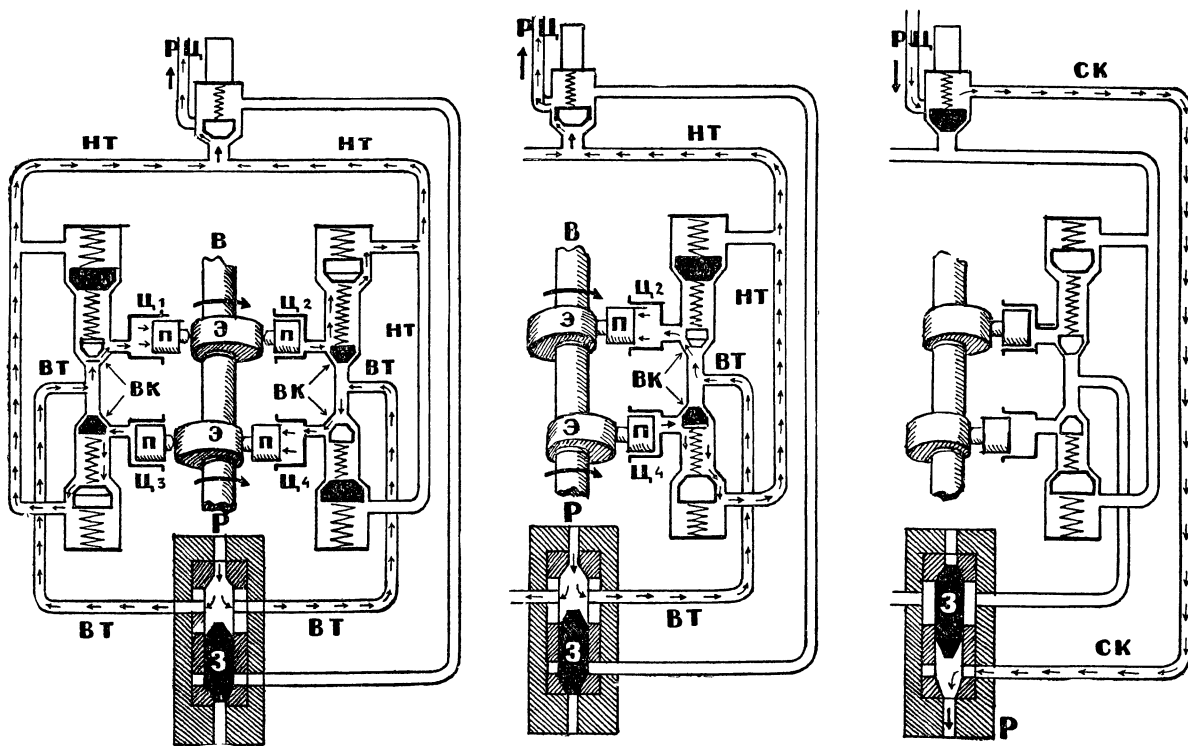
Что же происходит при этом в трубах масляной системы?

Возьмем для примера цилиндр *Ц*₄. Когда его поршень движется влево, в цилиндре создается разрежение, и в него по всасывающей трубе *ВТ* поступает масло из резервуара *Р*. Когда же затем эксцентрик отодвигает поршень насоса вправо, масло из цилиндра насоса переходит в нагнетательную трубу *НТ*, а из нее — в рабочий цилиндр *РЦ*, поднимающий плуг.

Оба эксцентрика на валу *В* расположены так, чтобы по очереди отодвигать поршни то цилиндров 1 и 4, то цилиндров 2 и 3. По-

этому эти две пары цилиндров насоса поочередно подают масло в рабочий цилиндр навесного устройства и создают непрерывную струю масла. Проследите по схеме, как в то время, когда цилиндры 1 и 4 всасывают масло из резервуара по трубам *ВТ*, цилиндры 2 и 3 подают его по трубам *НТ* в рабочий цилиндр. А потом, наоборот, будут всасывать масло цилиндры 2 и 3, а нагнетать цилиндры 1 и 4.

Как вы видите на рисунке 274, в этой системе есть еще золотник *З*. Для чего он служит? Когда надо поднять плуг с земли, золотник ставят в нижнее положение, и он открывает вход маслу из резервуара во всасывающие трубы *ВТ* и через них в цилиндры насоса. Когда же надо опустить плуг на землю, тракторист особым рычагом переводит золотник в его верхнее положение. Теперь он закрывает ход масла во всасывающие трубы, и насос перестает работать. Но зато золотник открывает спускной канал *СК*, по которому масло из рабочего цилиндра уходит в резервуар. От этого поршень рабочего цилиндра не удерживает больше плуг в поднятом положении, и он под действием своего веса опускается на землю.



Гидравлическая система навесного устройства трактора
Рис. 274.

„Масляные колеса“

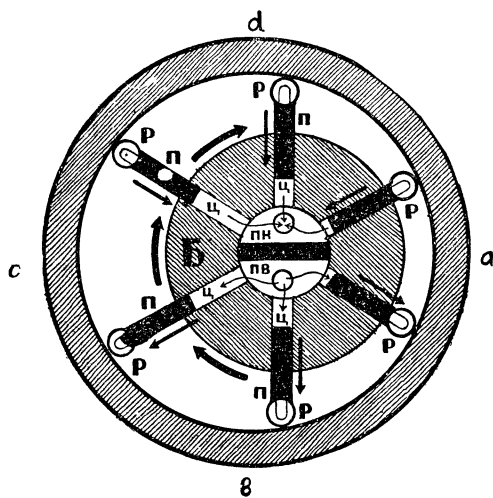
Вы видели, что в исполнительных органах гидравлических устройств принцип цилиндра с поршнем завоевал себе прочное положение. Это и понятно — ведь рабочие части многих машин совершают возвратно-поступательное движение, а для этого гидравлические передачи с цилиндрами очень подходят.

Не то увидим мы в развитии насосов — этих силовых центров гидравлических систем. Здесь старый принцип цилиндра с поршнем с его возвратно-поступательным движением явно отживает свой век и все более уступает место новому, более совершенному типу насосов (ротационных), основанных на принципе вращающегося колеса.

Интересно проследить переход от старого типа поршневого насоса к новому, ротационному. Вы увидите, как в развитии этого «масляного колеса» старый принцип цилиндра с поршнем не сразу, а лишь постепенно уступает место новым, прогрессивным принципам вращения.

В навесном устройстве трактора мы видели уже некоторый шаг к переходу от цилиндра к вращающемуся устройству. Насосы сами по себе здесь еще поршневые. Но приводит их в действие и объединяет в одно целое уже вращающийся вал с эксцентриками.

Рассмотрим теперь такой масляный насос, который уже в основе своей стал ротационным, хотя отчасти сохраняется в нем еще и старый принцип цилиндра с поршнем



Вращающийся масляный насос с поршнем
Рис. 275.

(рис. 275). Представьте себе, что в полости этого насоса вращается барабан *Б*. При этом вращается он эксцентрично, то есть находится не в середине полости насоса, а несколько смещен в сторону, так что ось вращения барабана не совпадает с центром всего насоса. Представьте себе теперь, что несколько небольших цилиндров *Ц* с поршнями *П* расположены не вокруг этого барабана-эксцентрика (как это было в навесной системе трактора), а вделаны в тело самого барабана. Цилиндрики вырезаны в барабане по направлению его радиусов, и поршеньки в них могут ходить взад и вперед, то удаляясь от оси барабана, то приближаясь к ней.

На внешних концах штоков этих поршеньков сделаны ролики *Р*. При вращении барабана ролики катятся по направляющим, которые проложены по окружности насоса (не эксцентрично). Поэтому кольцевой путь роликов то удаляется от барабана-эксцентрика, то опять приближается к нему.

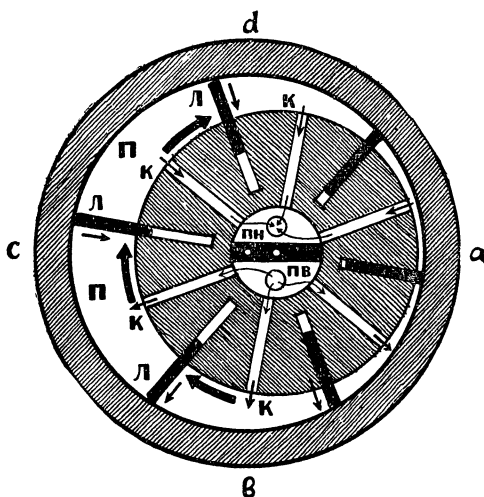
Проследим, что происходит за один оборот барабана и каждого его цилиндрика с поршеньком. На пути от точки *a* через *b* к *c* ролик поршенька удаляется от оси барабана-эксцентрика. Он тянет за собой поршенек, и тот движется в цилиндрике от оси к периферии. Но вот поршенек перешел через среднюю точку *c*. Теперь, на пути от точки *c* через *d* к *a*, ролик приближается к оси барабана и вдавливают поршенек в цилиндр.

Посмотрите теперь, что находится в середине барабана. Вы видите в ней две полости *ПВ* и *ПН*, разделенные сплошной перегородкой. *ПВ* — это полость всасывания, через которую по всасывающей трубе масло поступает в насос. По другую сторону перегородки находится полость нагнетания *ПН*, из которой масло поступает в нагнетательную трубу.

Что происходит за один оборот каждого цилиндрика барабана? На пути от точки *a* через *b* к *c* поршенек засасывает в него масло из полости *ПВ*. А на пути от *c* через *d* к *a* поршенек, наоборот, выталкивает это масло из цилиндрика. Заметьте, что благодаря перегородке масло попадает теперь уже в другую полость, *ПН*, и через нее в нагнетательную трубу.

Итак, в этом ротационном насосе еще использованы цилиндры с поршнями, хотя они стали здесь уже деталями подчиненного значения.

Проследим дальше за развитием масля-



Вращающийся масляный насос без поршней
Рис. 276.

ных колес и рассмотрим такой насос, в котором переход от старого принципа цилиндра с поршнем к новому, ротационному, завершился полностью (рис. 276). Цилиндров и поршней в нем уже нет вовсе. Его барабан также эксцентрично вращается в полости насоса. Но вместо цилиндров с поршнями в этом барабане сделаны каналы *К*, по которым масло течет из внутренней полости всасывания *ПВ* в наружную полость насоса *П*, а потом обратно из нее во внутреннюю полость нагнетания *ПН*. Кроме того, в барабане есть прорези, в которых взад и вперед движутся лопатки *Л*. На участке от точки *а* через *в* к *с* эти лопатки от быстрого вращения отбрасываются к окружности и плотно прижимаются к внутренней стенке полости *П*. А так как полость эта становится здесь все шире, то есть объем ее увеличивается, то, по известному вам из физики закону расширения газов, давление воздуха в этой полости уменьшается. За лопатками образуется пониженное давление, и масло всасывается сюда из полости *ПВ* через каналы *К*. На участке же *сда* полость *П* становится все уже — объем воздуха в полости уменьшается, а давление его увели-

чивается, — и масло из нее по каналам *К* нагнетается во внутреннюю полость *ПН* и затем в отводящую трубу, причем лопатки здесь снова вдвигаются в прорези барабана.

Многие технические принципы, как говорят, обратимы. Обратим и принцип ротационного масляного насоса. Устройство это может действовать не только как насос, но и как двигатель. Если вращать барабан, скажем, от электродвигателя, он всасывает и нагнетает масло. А что будет, если масло с помощью другого насоса подавать под напором внутрь барабана? Оно приведет его во вращение, и насос превратится в двигатель (рис. 277).

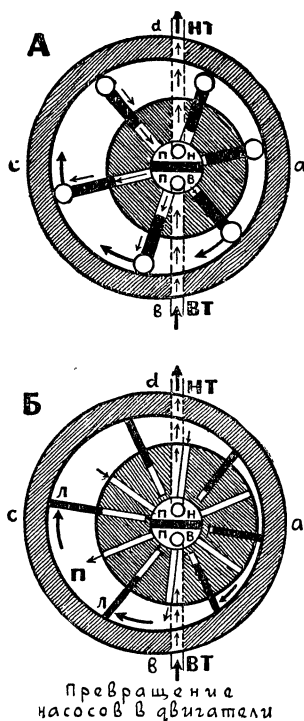
Масло по трубе *ВТ* (которая в насосе была всасывающей) будет под напором поступать в полость *ПВ*. В барабане с цилиндрами (рис. 277, А) оно будет толкать поршни цилиндров *Ц* и этим приведет двигатель во вращение. В барабане же с каналами и лопатками (рис. 277, Б) масло по каналам *К* пойдет в полость *П* и будет давить на лопатки *Л*, что тоже вызовет вращение барабана двигателя. Во второй половине оборота (от точки *с* через *д* к *а*) отработавшее масло, отдавшее свою энергию,

будет стекать обратно в полость *ПН* и уходить по трубе *НТ*.

Такие ротационные масляные двигатели нужны в тех случаях, когда гидравлическое устройство должно производить вращательное движение рабочих частей машины, например вращать шлифовальный круг или шпиндель станка с круглым изделием.

Мы уже знаем, что техническая мысль конструкторов настойчиво ищет лучшие средства для плавного, бесступенчатого регулирования скорости. Это очень важно в работе многих машин. Для этой цели оказались полезными такие устройства, в которых ротационный масляный насос и двигатель соединены вместе в виде своеобразной гидравлической коробки скоростей. Подобное устройство дает возможность плавно изменять скорость вращения рабочих частей машин.

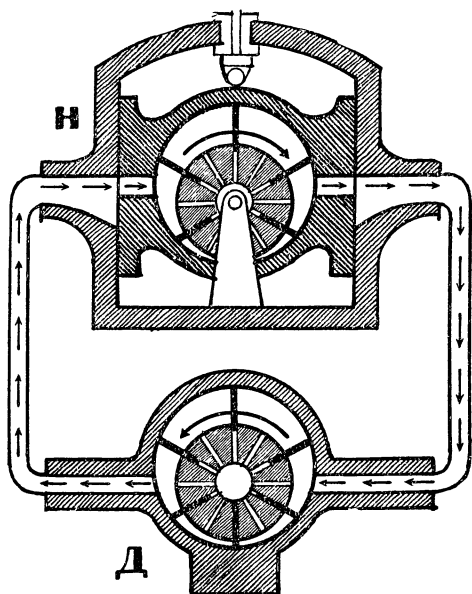
Рассмотрите на рисунке 278,



Превращение насосов в двигатели

Рис. 277.

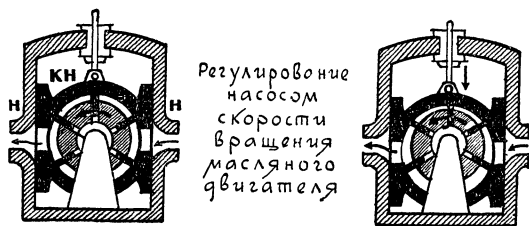
Как управляют работой гидравлических механизмов



Соединение масляного насоса с двигателем
Рис. 278.

как насос *H* и двигатель *Д* соединены между собой трубами, по которым циркулирует масло.

Но каким способом можно регулировать скорость вращения масляного двигателя? Надо, чтобы насос подавал в двигатель большее или меньшее количество масла. А для этого нужно ось вращения барабана больше или меньше сдвигать от центра насоса. Чем больше сдвинута ось барабана насоса, тем больше ход поршней в его цилиндрах и тем больше масла направляет насос в двигатель, отчего скорость вращения его увеличивается (рис. 279). Корпус насоса *КН* можно перемещать в направляющих *H* и этим увеличивать или уменьшать смещение (эксцентриситет) барабана. Смещение барабана можно производить на сколь угодно малую величину. Поэтому скорость двигателя регулируется этим способом очень плавно.



Регулирование насосом скорости вращения масляного двигателя

Рис. 279.

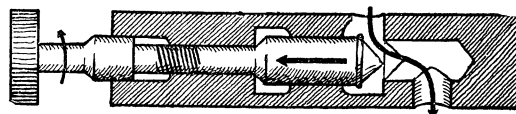
Присмотримся теперь внимательнее к тем приборам, с помощью которых управляют сложными гидравлическими устройствами. Ведь управление — это высшая сторона в работе всякого технического устройства, а органы управления — это как бы его мозг и нервы. Техническая мысль особенно упорно трудится над созданием хороших и разнообразных приборов управления.

Часто бывает нужно не просто отпереть или запереть путь жидкости, а лишь увеличить или уменьшить количество жидкости, протекающей по трубе. Для этого служат дроссельные клапаны. Они бывают разных типов.

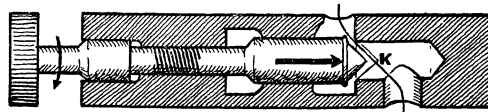
Вот простейший из них — в виде круглой заслонки, находящейся внутри трубы (рис. 280, *A*). Заслонка может поворачиваться на своей оси и открывать более или менее широкий или узкий проход для жидкости. На рисунке 280, *B* изображен более сложный винтовой конический дроссель. Ввинчивая или вывинчивая его, можно



Дроссель с заслонкой



B



Винтовой конический дроссель

Рис. 280.

передвигать конус *K* влево или вправо и открывать для жидкости более широкий или более узкий проход вокруг конуса.

Но в управлении потоками жидкости в гидравлических системах часто возникают и более сложные задачи. Нужно бывает направлять жидкость по разным каналам или переключать ее течение из одного канала в другой. Для этой цели созданы очень остроумные устройства — золотники.

Рассмотрите, например, действие золот-

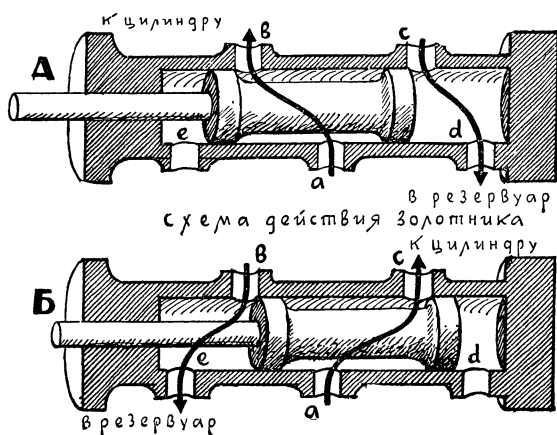


Рис. 281.

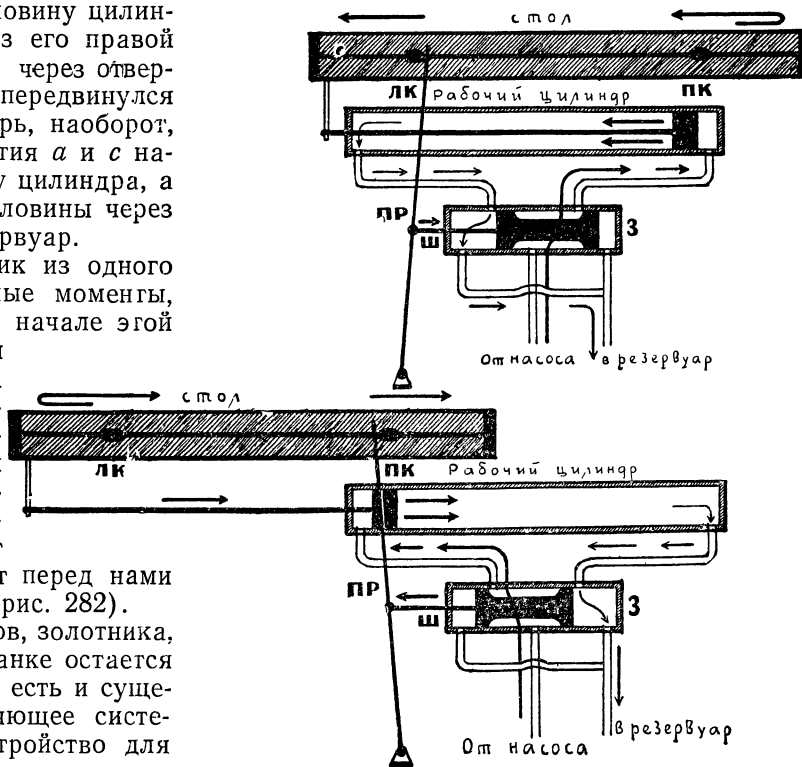
ника, изображенного на рис. 281. В отверстие *а* подается масло из насоса; отверстие *в* ведет в левую половину рабочего цилиндра, а отверстие *с* — в его правую половину; через отверстия же *d* или *е* отработанное масло выпускается обратно в резервуар. Пусть золотник поставлен в левое положение *А*. Масло из насоса через отверстия *а* и *в* направляется в левую половину цилиндра, а отработанное масло из его правой половины уходит в резервуар через отверстия *с* и *d*. Но вот золотник передвинулся вправо, в положение *Б*. Теперь, наоборот, масло из насоса через отверстия *а* и *с* направляется в правую половину цилиндра, а отработанное из его левой половины через отверстия *в* и *е* потечет в резервуар.

Но что передвигает золотник из одного положения в другое в нужные моменты, после каждого хода стола? В начале этой главы, на рисунке 271, для простоты была показана схема с ручным управлением. Но, конечно, такой способ несовершенен, и в современных станках управление золотниками автоматизируется — станок в нужный момент сам переключает золотниковое устройство. И вот перед нами новая, более сложная схема (рис. 282).

Расположение труб, клапанов, золотника, рабочего цилиндра на этом станке остается таким же, как там. Но на нем есть и существенное добавление, усложняющее систему, — это автоматическое устройство для управления золотником. На станке сделан переключающий рычаг *ПР*, который переводится из правого положения в левое и об-

ратно. Рычаг этот штоком *Ш* связан с золотником *З* и переводит его из одного положения в другое. Кроме того, на столе станка сделаны два выступающих кулачка: правый и левый (*ПК* и *ЛК*), которые при движении стола переводят рычаг из одного положения в другое. Они установлены в определенных местах стола, чтобы переключать рычаг, когда стол доходит до своих крайних положений.

Пусть стол станка движется влево. Как только он дойдет до своего крайнего левого положения, его правый кулачок *ПК* переведет рычаг *ПР* из правого положения в левое. Рычаг с помощью штока *Ш* переведет в левое положение золотник *З*. Золотник переключит ход масла и направит его в левую половину рабочего цилиндра. От этого поршень, а с ним и стол станка начнет двигаться вправо. Но когда стол дойдет до своего крайнего правого положения, его левый кулачок *ЛК* переведет рычаг *ПР* из левого положения в правое, а он, в свою очередь, переведет вправо золотник, и масло направится в правую половину цилиндра, отчего стол пойдет опять влево.



Автоматическое переключение золотника
Рис. 282.

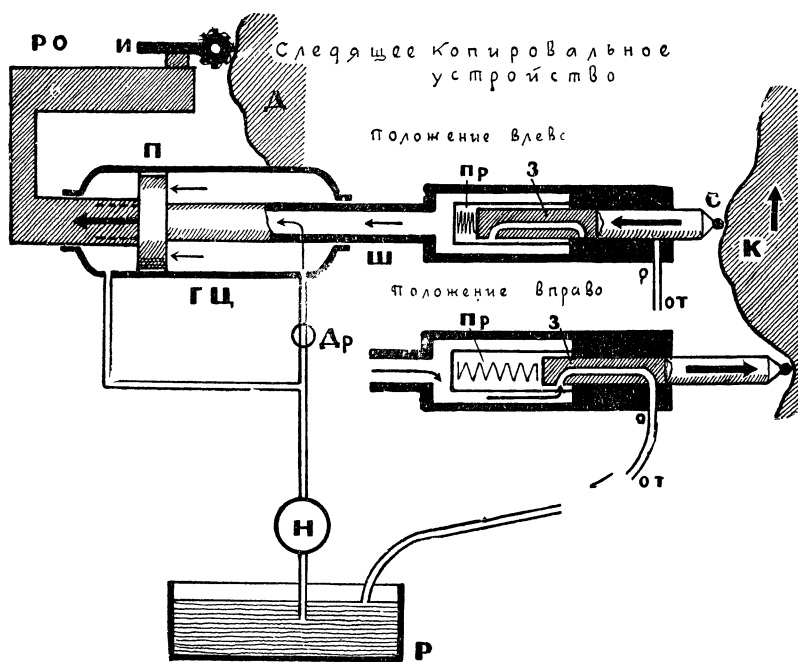


Рис. 283.

В современных автоматических машинах большой интерес представляют копируемые устройства со следящим движением. Станки с таким устройством обрабатывают изделие по шаблону (копиру), причем они точно воспроизводят (копируют) сложную форму шаблона — его профиль. Особое чувствительное устройство движется по кривой поверхности копира — как говорят, следит за ней. Движение этого устройства передается рабочей части станка и режущему инструменту — фрезе, и она в точности повторяет те же движения и вырезает на изделии поверхность такой же формы, как у шаблона.

Существуют разные следящие устройства: механические, электрические и гидравлические. Последние хороши тем, что, передавая давление по закону Паскаля, они превращают малую силу надавливания на шаблоне в большое усилие на режущем инструменте.

Такое устройство изображено на нашей схеме (рис. 283). *К* — это кривая поверхность копира (шаблона), который медленно движется вверх. *С* — следящее устройство, которое движется вправо или влево, следя за поверхностью копира. *РО* — рабочий орган станка (суппорт) с инструментом *И*, обрабатывающим изделие (деталь *Д*).

Как же передается движение от следя-

щего устройства к суппорту с инструментом? Вы видите знакомый уже вам гидравлический цилиндр *ГЦ*. Насос *Н* подает в него из резервуара масло, которое поступает то с правой, то с левой стороны от поршня *П*. Левый шток поршня приводит в движение суппорт с инструментом. Но особенно интересен здесь правый шток *Ш*, продолжением которого является следящее устройство *С*. Шток этот полый, и внутри него из правой части цилиндра проходит масло, которое через выходное отверстие *О* по гибкой отводящей трубке *ОТ* может уходить в резервуар *Р*. Внутри штока вправо и влево движется также следящее устройство *С* с золотником *З*, который может открывать или закрывать выходное отверстие *О*.

Проследим теперь, что происходит во время работы станка.

Когда поверхность копира искривляется влево, следящее устройство *С* тоже движется влево. От этого золотник *З* закрывает отверстие *О*, и масло через него выходить не может. Благодаря этому давление масла на поршень в правой половине цилиндра *ГЦ* становится больше, чем в левой, и поршень, а с ним и суппорт движутся влево, в точности воспроизводя движение следящего устройства по профилю копира. А так как поршень *П* имеет значительную поверхность, то, по закону Паскаля, на нем и на режущем инструменте получается большая сила.

Внутри штока *Ш* есть еще пружина *Пр*. Когда поверхность копира *К* искривляется вправо, пружина эта отжимает вправо и следящее устройство *С*. Золотник *З* открывает отверстие *О*, и масло выходит через него в резервуар. Вследствие того что дроссельный клапан *Др* пропускает в правую часть меньше масла, чем в левую, давление слева от поршня становится теперь больше, чем справа. Поэтому поршень, а с ним и суппорт станка движутся вправо. Режущий инструмент опять в точности повторяет движение следящего устройства. И в результате обработанное изделие получается такой же формы, как и шаблон, с точностью до сотых долей миллиметра.

Могучая сила воздуха

Мы убедились в том, как хорошо заменяются жидкостями твердые механизмы машин. Но механизмы эти заменяет и такое вещество, к которому многие из вас, может быть, склонны относиться с еще большим пренебрежением, чем к жидкостям. Это обыкновенный воздух. Воздух как газ обладает замечательным свойством — его можно сжимать. При этом он становится подобным упругой пружине. Такой воздушной пружиной является каждая накачанная автомобильная шина, каждый футбольный мяч. В технике пружины из сжатого воздуха нередко успешно конкурируют с лучшими стальными пружинами.

Сжатый воздух, как и жидкости, можно передавать по трубам, направляя его в любое нужное место. Но он обладает ценным преимуществом перед жидкостями. Сжимая воздух с помощью компрессора, мы накапливаем в нем запас энергии упругости. А направляя сжатый воздух по трубам, мы вместе с ним передаем и этот запас энергии,

которая в нужном месте может произвести работу. В гидравлических передачах этого нет — жидкости могут служить лишь простым передатчиком давления. Сжатый же воздух несет в себе как бы активное начало — энергию упругости, способную производить работу, — и это раскрывает новые технические возможности его применения. Пневматические устройства, работающие сжатым воздухом, приобрели большое значение в технике.

Ваше внимание, конечно, не раз привлекал треск пневматических зубил, когда ими на улицах прорубают асфальт. Родными братьями их являются те пневматические отбойные молотки, с помощью которых горняки добывают уголь или руду. В шахтах и рудниках сжатый воздух вообще нашел себе широкое применение — он удобен своей безопасностью в пожарном отношении, чистотой и безвредностью для здоровья горняков. С центральной компрессорной станции сжатый воздух подается по шлангам в забой и приводит там в действие инструменты.

В основе действия многих ударных пневматических инструментов лежит знакомый уже вам принцип цилиндра с поршнем (рис. 284, А, Б, В). Воздух поступает по резиновому шлангу Ш. Золотник 3 направляет его по распределительным каналам К то в заднюю, то в переднюю часть цилиндра. Сжатый воздух, расширяясь, давит на поршень, или ударник У, то с той, то с другой стороны. И от этого ударник быстро движется взад и вперед, нанося удары по пике молотка П, которая и отбивает уголь или руду. После каждого удара стальная пружина Пр возвращает пике обратно. Отбойные молотки, изготовленные на наших заводах, делают более тысячи ударов в минуту.

Сжатый воздух может развивать громадную силу. Вот мчится с большой скоростью тяжелый тысячетонный поезд. Машинисту понадобилось экстренно затормозить его. Поворот рукоятки тормозного крана — и мчащийся поезд быстро останавливается. Его остановил сжатый воздух, который с огромной силой надавил на тормозные колодки колес.

Все наши поезда оборудованы надежными пневматическими автотормозами. Познакомимся с принципом их устройства и действия (рис. 285). На паровозе находится насос Н, сжимающий воздух, а от него вдоль всего поезда проходит

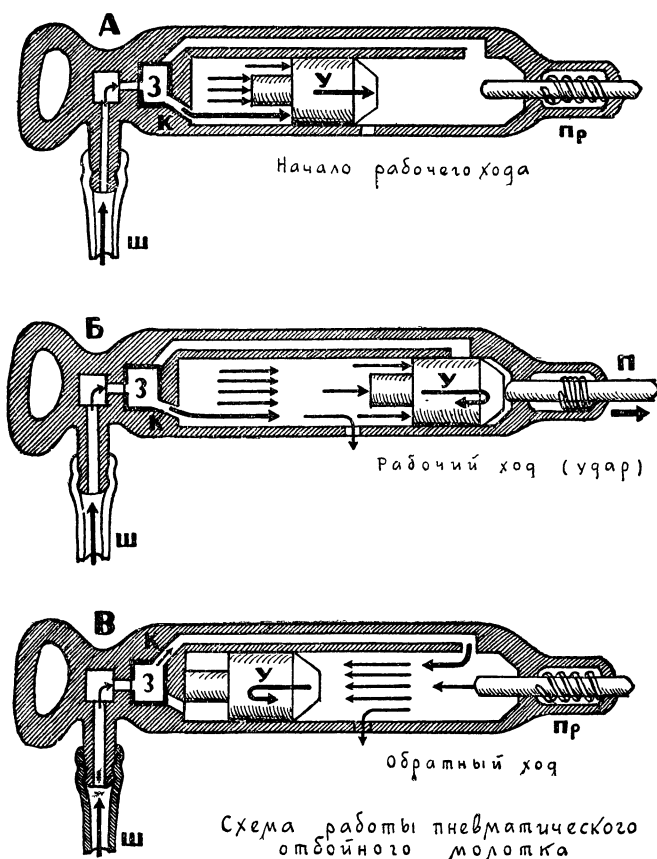


Схема работы пневматического отбойного молотка

Рис. 284.

магистральный воздухопровод *МВ*. В каждом вагоне от воздухопровода ответвляются трубы, подающие сжатый воздух в тормозные цилиндры *ТЦ*, поршни которых давят на тормозные колодки колес *ТК*. В системе есть резервуары с сжатым воздухом — главный резервуар *ГР* на паровозе и запасные резервуары *ЗР* у вагонных колес. Есть краны, управляющие работой тормозов, — кран машиниста *КМ* на паровозе и вагонные краны *ВК* в вагонах. Важной частью системы являются также распределительные клапаны *РК*, действующие подобно знакомым нам золотникам. Прорезанные в них каналы при поворотах клапана образуют разные соединения между магистральным воздухопроводом, запасным резервуаром, тормозным цилиндром и атмосферой *А*.

Проследим теперь, как действует эта сложная тормозная система. На нашем рисунке она изображена в двух положениях: внизу — во время торможения, а наверху —

во время хода поезда в расторможенном состоянии.

Во время хода, когда тормоза не работают, в магистральном воздухопроводе *МВ* поддерживается рабочее давление воздуха, скажем 5 атмосфер. Обратите внимание на положение крана машиниста *КМ*, который в это время соединяет магистраль с насосом *Н* и главным резервуаром *ГР* на паровозе. Распределительные клапаны *РК* имеют особое автоматическое устройство, благодаря которому при рабочем (высоком) давлении в магистрали клапаны эти сами принимают положение, показанное на верхнем рисунке. Вы видите, что при этом положении клапанов магистраль соединяется с запасными резервуарами *ЗР* и пополняет в них сжатый воздух. Тормозные же цилиндры *ТЦ* соединяются с атмосферой *А*; поэтому давление воздуха в них в это время небольшое (атмосферное) и они не прижимают тормозные колодки к колесам,

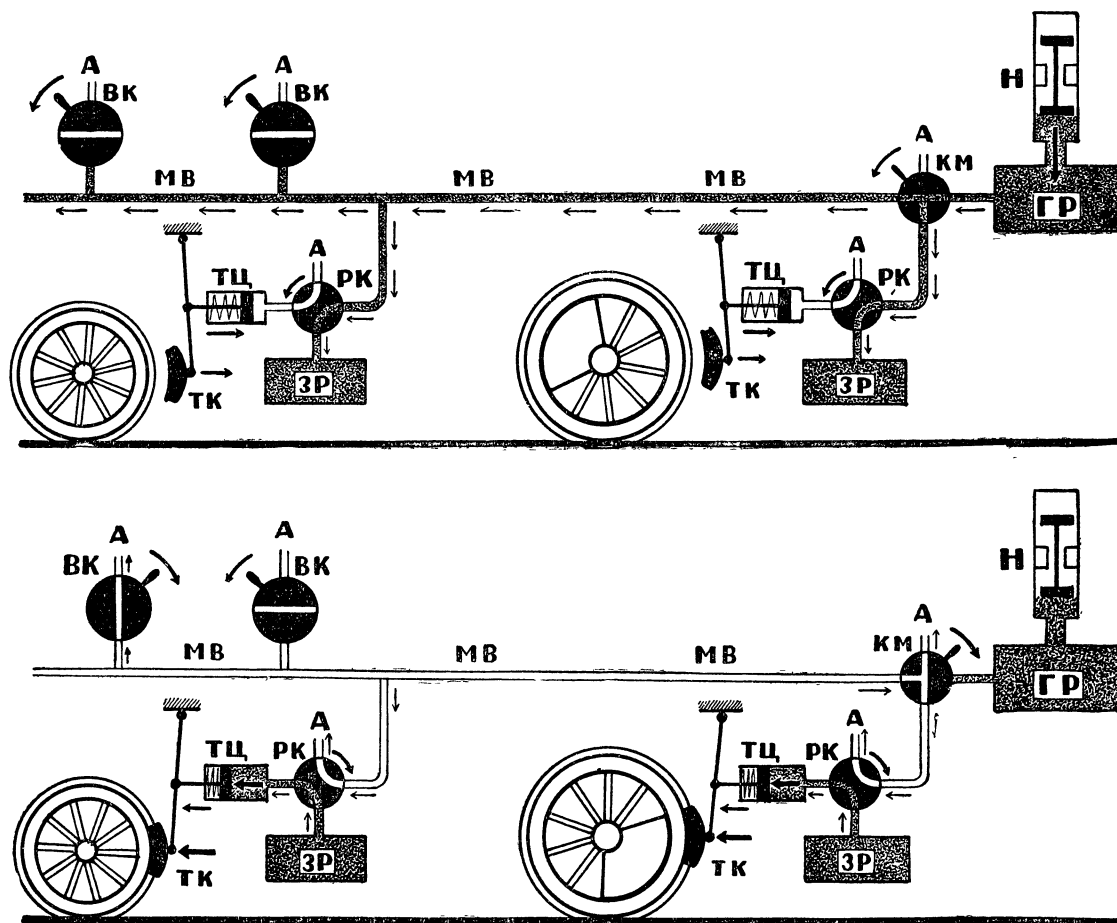


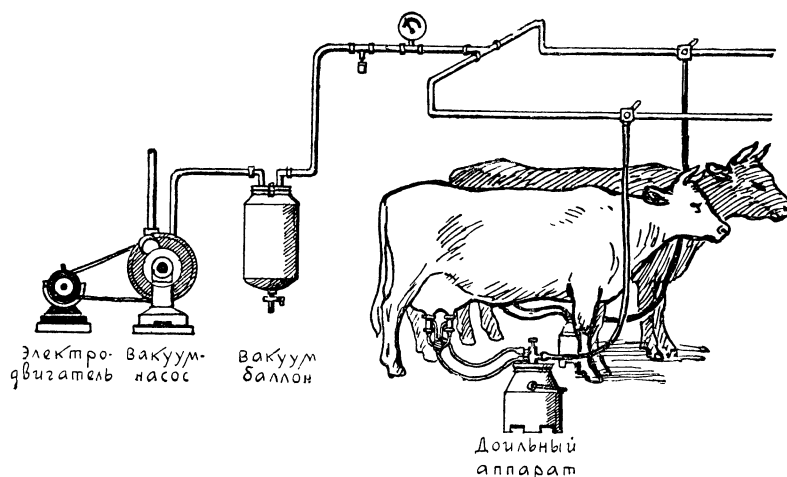
Рис 285.

Но вот потребовалось затормозить поезд. Для этого давление в магистрали надо понизить, выпустив из нее сжатый воздух. При понижении давления в магистрали распределительные клапаны *РК* автоматически поворачиваются в новое положение, показанное на нижнем рисунке. Посмотрите, какое получается теперь соединение. Запасные резервуары *ЗР* соединяются с тормозными цилиндрами *ТЦ* — сжатый воздух из резервуаров устремляется в цилиндры, давит на их поршни, и от этого тормозные колодки *ТК* с большой силой прижимаются к колесам и останавливают поезд.

Но как можно соединить магистраль с атмосферой, чтобы вызвать работу тормозов? Это может сделать машинист с паровоза, повернув кран *КМ*. Но остановить поезд можно и из каждого вагона, если кондуктор или даже пассажир заметит какую-нибудь неисправность или опасность. Для этого стоит только повернуть красную рукоятку экстренного торможения *ВК*. Наконец, если произойдет разрыв поезда, между вагонами разорвется и магистральный воздухопровод. Сжатый воздух выйдет из него в атмосферу, и тормоза автоматически сработают и остановят как головную, так и оторвавшуюся хвостовую часть поезда.

Советские машинисты - изобретатели *Ф. П. Казанцев* и *И. К. Матросов* внесли в автоматические воздушные тормоза очень важные улучшения. Прежние американские тормоза Вестингауза не могли работать несколько раз подряд — после каждого торможения запас воздуха в них истощался, и надо было ждать, пока он наберется вновь. Однажды, в 1909 году, произошло большое крушение поезда, потому что тормоз «выдохся» и не затормозил второй раз. На паровозе этого поезда ехал молодой помощник машиниста *Флорентий Казанцев*. Он задумался над причиной случившегося несчастья и поставил себе целью побороть ее. После упорной многолетней работы *Ф. П. Казанцев* создал свой замечательный «неистощимый» тормоз, работающий несколько раз подряд.

Воздух в пневматических устройствах может не только развивать большую силу



Механическая дойка коров
Рис. 286.

и мощность, но и производить также очень сложную и тонкую работу, например в доильном аппарате. Правда, для такого тонкого процесса, как доение, применяется уже не сжатый, а, наоборот, разреженный воздух (вакуум).

Электропневматическая дойка все шире распространяется в наших колхозах и совхозах и облегчает тяжелый труд доярок.

Зайдем на молочную ферму колхоза. В отдельном помещении мы увидим вакуум-насос (то есть насос, выкачивающий воздух), приводимый в действие электродвигателем. Это силовая станция всей системы. От вакуум-насоса по всему коровнику расходятся трубы, по которым отсасывается воздух, чтобы создать необходимый вакуум в каждом доильном аппарате.

Главным рабочим органом служит здесь доильный стакан. Он надевается на сосок коровы и выдаивает молоко. Аппарат этот должен производить такие же движения, как пальцы доярки или как губы и язык сосущего теленка. Эти сложные движения и производятся действием разреженного воздуха, причем действие вакуума умело сочетается здесь с действием воздуха нормального атмосферного давления. Чтобы точно осуществить нужные движения, инженерам в содружестве с биологами пришлось тщательно исследовать те сложные физиологические процессы, которые происходят в вымени и в сосках коровы, когда ее доят и когда ее сосет теленок.

Как же устроен и как действует доильный стакан? Вы видите на рисунке 287, что

он имеет две стенки: наружную металлическую *М* и внутреннюю резиновую *Р*, надевшую на сосок (ее называют доильным чулком). Между ними образуется междустенная камера *МК*, расположенная вокруг соска. Ниже, под соском, есть еще другая, подсосковая камера *ПК*, отделенная от первой. Обе камеры соединены резиновыми трубками с другими аппаратами, изменяющими давление воздуха.

На основе внимательного исследования было установлено, что правильное доение коровы должно состоять из трех тактов. Первый из них — такт сосания. В это время в обеих камерах доильного стакана, как в междустенной, так и в подсосковой, создается вакуум, и подсосковая камера отсасывает молоко из соска. Оно вытекает в камеру, а из нее по резиновому шлангу течет в бидон.

После этого надо немного помассировать сосок, чтобы восстановить в нем нормальное кровообращение. Это достигается тем, что в междустенную камеру доильного стакана впускается воздух нормального атмосферного давления. Внутренний резиновый чулок при этом слегка сдавливает сосок коровы, что и производит нужное массирование (такт сжатия).

В прежних доильных аппаратах цикл доения на этом и заканчивался. Но ученые выяснили, что для правильного доения двух тактов недостаточно. Нормальное кровооб-

ращение в сосках все же нарушается; происходит раздражение сосков, приводящее иногда к заболеванию коров. Наши ученые доказали, что после массирования надо дать соску немного отдохнуть. Ведь теленок, сосущий корову, инстинктивно на некоторое время прерывает сосание.

Чтобы еще более приблизить пневматическую дойку к этому естественному процессу сосания, советские конструкторы усовершенствовали доильный аппарат и ввели в его работу еще третий такт — такт отдыха. В это время нормальное атмосферное давление устанавливается в обеих камерах стакана — как в междустенной, так и в подсосковой. Чулок перестает давить на сосок, и он отдыхает. И уже после этого снова начинается такт сосания. Весь цикл из трех тактов происходит очень быстро и повторяется пятьдесят — шестьдесят раз в минуту.

В доильном аппарате есть еще и другие, дополнительные устройства (пульсатор и коллектор), которые в нужные моменты создают в камерах стакана или нормальное атмосферное давление, или вакуум. Для этого они соединяют камеры то с окружающим воздухом, то с вакуум-насосом.

«Тонкую» работу производит воздух и в машинах, убирающих хлопок. Волокна хлопчатника — это сырье для изготовления красивых и прочных тканей, из которых сшита наша одежда. Но не так легко собрать эти волокна, когда на кустах лопаются созревшие коробочки и обширные поля покрываются белым, как снег, хлопком. Особенно трудна уборка на неполивных землях, где кусты хлопчатника низкорослы.

Долго не удавалось создать хорошие машины, заменяющие тяжелый ручной труд хлопкоробов. Во всем капиталистическом мире на таких полях эксплуатируется ручной труд. И лишь советская промышленность создала хлопкоуборочную машину, причем главная работа в ней поручена струе воздуха.

Чтобы машина могла убирать волокно из созревших коробочек, надо сперва очистить кусты от листьев. Для этого их посыпают специальным составом с помощью опыляющих машин или с самолетов, летающих над полями.

Когда листья засохнут и опадут, на поля выезжают хлопкоуборочные машины (рис. 288). Каждый куст хлопчатника с обеих сторон обхватывается полозками *П*, находящимися между колесами машины,

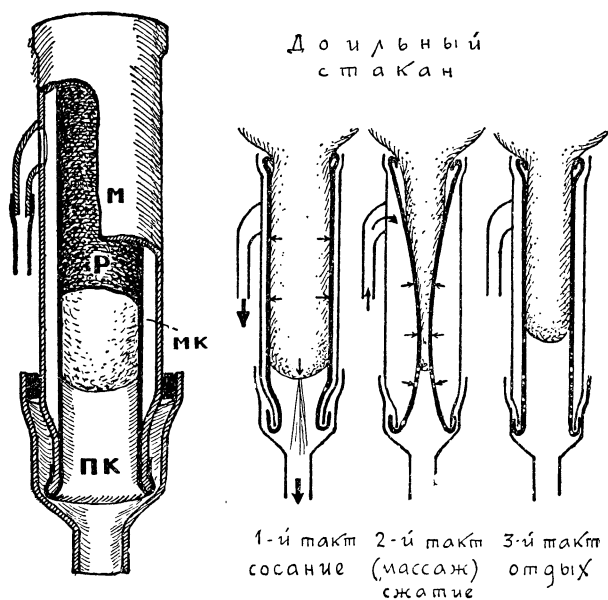


Рис. 287.

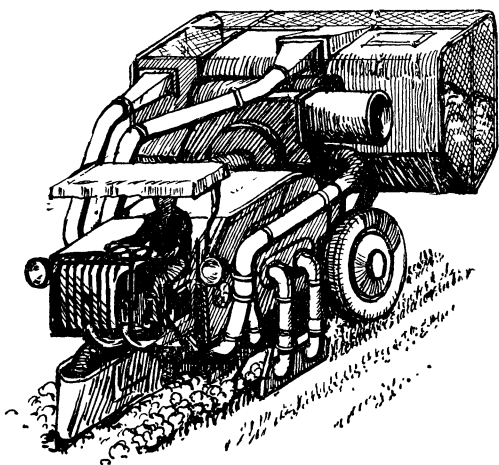
От этих полозков идут трубы *T*, в которых мощный всасывающий вентилятор создает пониженное давление и сильную струю воздуха, движущуюся снаружи внутрь машины. Струя воздуха срывает с кустов хлопковые волокна и несет их по трубам в сепаратор *C*. В этом сложном устройстве происходит очистка сорванных волокон хлопка от различных загрязняющих примесей. Причем важнейшую роль и здесь играет действие воздуха.

Струя воздуха сперва несет хлопок к вращающемуся барабану *Б1*. Так как внутри барабана давление воздуха меньше, чем снаружи, то волокна хлопка присасываются к его внешней шероховатой поверхности, а пыль и легкие примеси проникают через отверстия стенок внутрь барабана и струей воздуха *СВ1* уносятся наружу. Крупные же, тяжелые примеси (нераскрывшиеся коробочки, небольшие веточки и неопавшие листья), ударившись о стенки барабана, па-

дают вниз и уносятся другой струей воздуха, *СВ2*.

Что же происходит дальше с волокнами хлопка, прибитыми воздухом к наружной стенке барабана *Б1*? Барабан этот вращается. Волокна с его поверхности снимаются щеточным валиком *ЩВ* и переносятся на другой барабан, *Б2*. С него они потом переносятся еще на один барабан, *Б3*, причем особые пилы, прикрепленные к этим барабанам, все более очищают хлопок от примесей. Наконец волокна попадают в вакуум-камеру с низким давлением и из нее потоком воздуха (действием вентилятора *В*) уносятся в бункер *Б*, где и собирается очищенный хлопок.

Эту замечательную машину обслуживает всего один человек, который является как ее водителем, так и механиком. Убирает она за каждый час полгектара хлопкового поля, заменяя тяжелый ручной труд почти ста человек.



Хлопкоуборочная машина

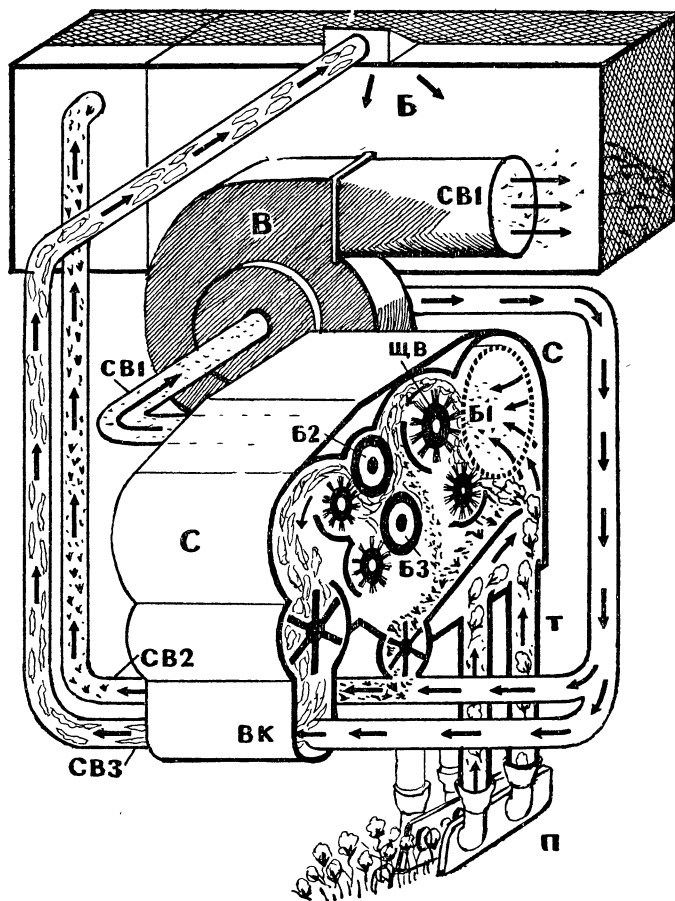
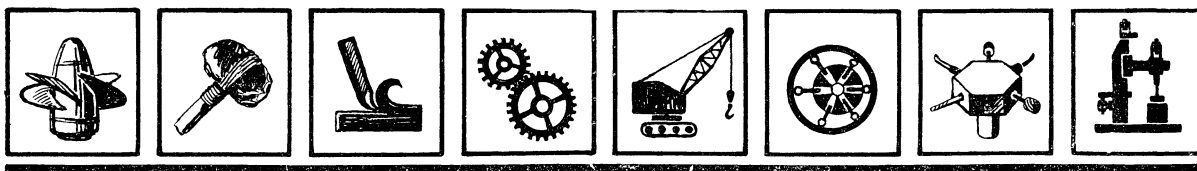


Рис. 288.

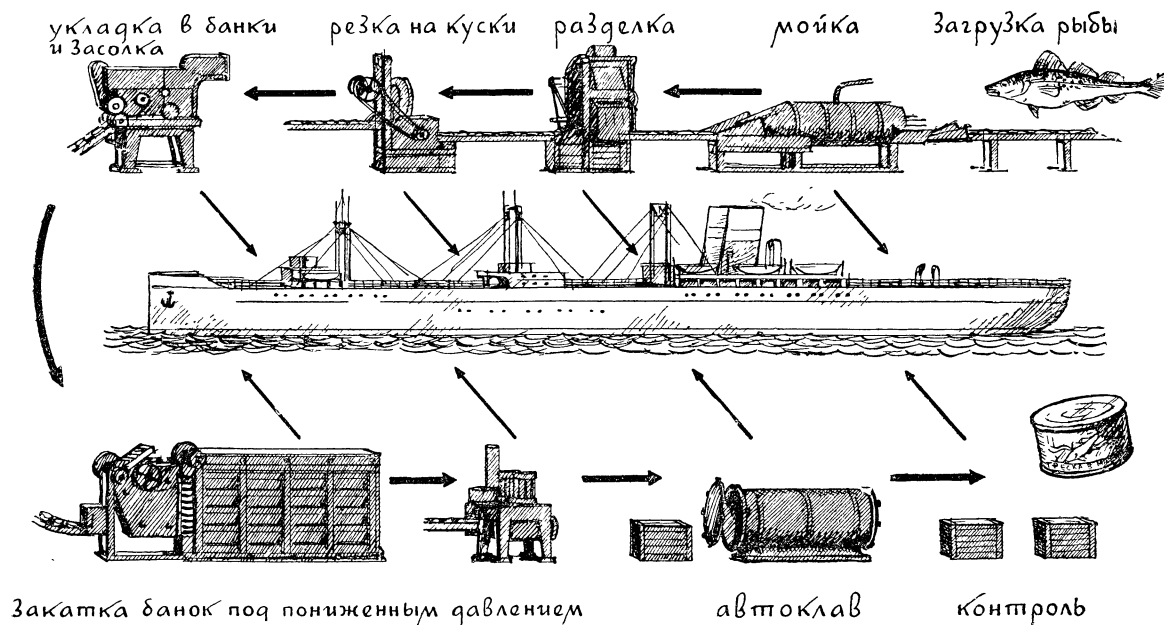


Г л а в а VII. М А Ш И Н Ы - А В Т О М А Т Ы

От самодействующих и самоуправляющихся машин

Перед нами еще более замечательные машины. Они выполняют свою сложную работу почти без непосредственного участия человека. Это не только самодействующие, но и самоуправляющиеся машины-автоматы. Их часто образно называют «умными» машинами. Человеку остается лишь наблюдать за правильностью работы всех механизмов. Так развивается техника от механизации труда к ее высшей ступени — автоматизации производства.

На наших рыбных промыслах работают, например, рыборазделочные комбайны-автоматы. Весь сложный процесс разделки выловленной рыбы совершается машиной. Рыбу укладывают на движущуюся ленту транспортера, которая последовательно подает ее к рабочим органам машины (рис. 289). После мойки автоматический нож сперва отрезает ей голову. Потом рыба попадает в стальные руки следующего механизма, и новые ножи вскрывают ее, удаляя внутренности, отрубают плавники и хвост, разрезают крупную рыбу на куски. После этого транспортер передает рыбу



Автоматическая разделка рыбы
Рис. 289.

далее, и она автоматически укладывается в банки, заливается рассолом, банки заделываются и т. д. Машина обрабатывает по двадцать восемь крупных лососей в минуту.

Все более расширяется советская торговля. Она должна быстро и хорошо обслуживать миллионы покупателей. Создан, например, автомат для расфасовки сливочного масла. Он сам набирает строго определенное количество масла, придает ему нужную форму, отрезает от рулона кусок бумаги и завертывает в нее приготовленное масло. Автоматические контрольные весы проверяют точность веса и сами сбрасывают

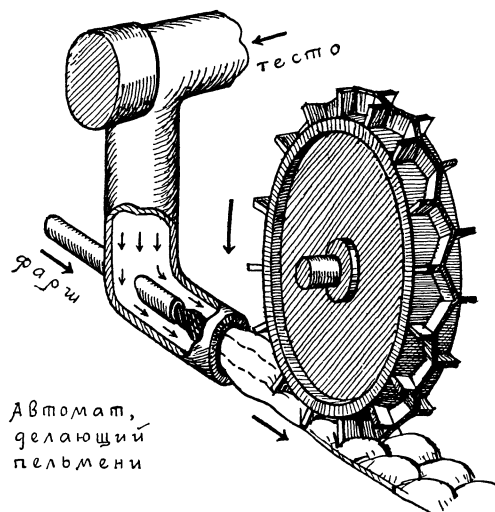


Рис. 290.

пакет в сторону, если вес оказывается неправильным.

Создан автомат и для изготовления пельменей (рис. 290). Специальные прессы вдавливают тесто и фарш в две трубки, из которых одна проходит внутри другой. По внутренней трубке равномерно движется фарш, а по наружной — тесто, образуя оболочку будущих пельменей. После этого трубка из теста с вложенным в нее фаршем проходит под особым колесом, обод которого разрезает ее на отдельные пельмени определенной формы и величины (по 10 граммов), а также соединяет их края. Готовые пельмени движутся по транспортеру, посыпаются мукой и, наконец, автоматическим устройством укладываются в пачки.

Так работают «умные» машины, производящие все больше продуктов народного потребления. Но мы увидим их и в цехах машиностроительных заводов, где замеча-

тельные станки-автоматы изготавливают части будущих машин.

Мы уже говорили о том, как развитие общественного производства потребовало замены ручного труда машинами. Это началось около двух столетий назад. С тех пор продолжалась все большая механизация труда. Создавались всё новые и всё более совершенные машины, заменяющие тяжелый ручной труд человека. Однако за человеком все еще оставалось управление машинами.

Но вот наступил новый, высший этап развития техники. Возникла автоматика. Стали создаваться не только самодействующие, но и самоуправляющиеся машины-автоматы. Такие машины не только облегчают труд человека, но и обеспечивают резкое повышение производительности труда.

Особенно бурный рост автоматической техники наступил в нашей стране после Великой Октябрьской социалистической революции. Строительство нового, коммунистического общества требует неслыханного развития производства, роста производительности труда. А «производительность труда, — как говорил Владимир Ильич Ленин, — это, в последнем счете, самое важное, самое главное для победы нового общественного строя». Она делает наш народ богатым, зажиточным, а нашу страну — могучей. Вот почему всесторонняя автоматизация производства — это одно из главных направлений развития передовой советской техники.

Когда читаешь решения XX съезда Коммунистической партии о шестом пятилетнем плане, бросается в глаза, какое большое значение имеет в нем внедрение автоматической техники — автоматизация производства во всех областях нашего народного хозяйства. Машины-автоматы дадут возможность производить гораздо больше всевозможных продуктов, что так необходимо для богатства советского народа и для скорейшего построения коммунистического общества. По плану новой пятилетки наши заводы выпускают много новых автоматических машин и аппаратов. Самоуправляющиеся автоматы будут широко применяться в металлургии, при обработке металлов, дерева, волокна и тканей, пищевых продуктов, химических веществ, при добыче угля и нефти, всюду облегчая труд строителей коммунизма и намного повышая его производительность.

Если в капиталистических странах авто-

матика служит увеличению прибылей владельцев заводов и фабрик, которые меньше всего заботятся об облегчении труда рабочих, то в нашей стране она служит делу всего народа, причем машины-автоматы используются у нас так, что действительно облегчают труд миллионов советских людей.

Но было бы неверным думать, что автоматика совершенно устраняет человека из производства. Человек всегда останется хозяином и командиром производства. Автоматическая техника освобождает его от утомительного физического труда. Она поднимает работу человека на более высокую ступень, на которой в его руках сосредотачивается управление и контроль за ходом производства.

Советская автоматика не отучает человека думать. Наоборот, она требует от него все больших знаний и работы мысли. Для управления сложнейшими автоматическими устройствами необходима высокая квалификация. На производство, к машинам, идут люди со средним и высшим образованием. В нашей стране все более стираются существенные различия между физическим и умственным трудом.

Развитие современных машин

Но сосредоточимся на нашей теме о машинах. Посмотрим, как с развитием машин все более автоматизировалась их работа.

Вернемся к истории токарного станка. Мы уже проследили развитие его старинных, примитивных форм. Познакомились мы и с работой современных токарных станков. Посмотрим теперь, в каком направлении развиваются они дальше, все более становясь станками-автоматами.

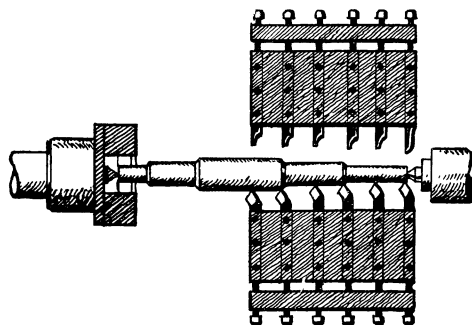
Надо заметить, что порой трудно бывает провести определенную грань между механизацией и автоматизацией. Ведь автоматика — это высшая ступень механизации. Уже в прошлом развитии токарных станков происходила все большая автоматизация отдельных сторон их работы. Вспомните, как когда-то рабочий должен был все время вертеть рукоятку, чтобы приводить в движение суппорт с резцом. А когда потом суппорт стал двигаться сам от ходового валика станка, это, в сущности, уже было какой-то ступенью автоматизации. Недаром русские рабочие называли такой суппорт самоходом.

Развитие токарных и других станков на-

правлено к все большему повышению производительности их работы — к тому, чтобы за рабочий день, за каждый час они производили как можно больше продукта.

При обработке сложного изделия над ним надо произвести несколько различных операций: обточить, например, его боковую поверхность сперва грубо, а затем начисто, подрезать с торца, нарезать винтовую резьбу и т. д. Раньше после каждой подобной операции приходилось наладивать станок, закреплять на нем новый инструмент, переключать на другую скорость. Понятно, что на это шло много лишнего времени и производительность такой работы была очень мала.

Современное массовое производство (например, изготовление многих тысяч одинаковых автомобильных или других деталей) потребовало создания таких станков, на которых без переналадки механизмов можно было бы производить над изделием целый ряд операций. Это можно осуществить двумя путями: производить несколько различных операций одновременно или же производить их последовательно одну за другой.



Обточка вала на многолезцовом токарном станке

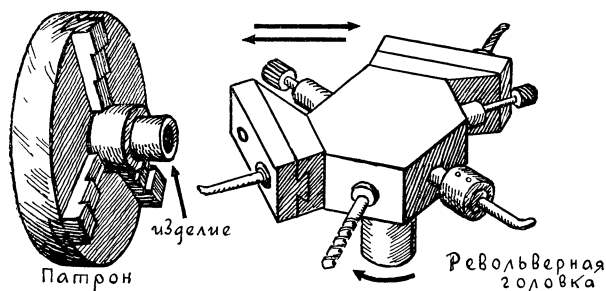
Рис. 291.

Вот перед нами работа многолезцового токарного станка (рис. 291). У него не один, а два или даже более суппортов. И на каждом суппорте укреплено по несколько резцов. Все они одновременно обрабатывают установленное изделие, производят над ним различные операции. Пусть, например, сбачивается ступенчатый валик, то есть такая круглая деталь, которая в разных местах имеет различную толщину (диаметр). На одном из суппортов установлено шесть резцов. Они производят обточку различных по диаметру участков валика. Когда они за-

кончат свою работу, этот суппорт отодвинется, и к изделию приблизится другой суппорт, в котором тоже закреплено шесть резцов, производящих новые операции. Таким образом, всего здесь работает двенадцать резцов и производится двенадцать различных операций. Понятно, насколько это повышает производительность станка.

А вот другой тип многооперационного токарного станка, на котором несколько разных операций производятся последовательно одна за другой. Станок такого типа называется револьверным. Откуда происходит это название и что общего у этого станка с револьвером? Револьверный принцип — это принцип поворачивающегося барабана, который в револьвере устанавливает перед стволом поочередно один патрон за другим, а здесь подает к изделию один за другим различные инструменты. Этот же револьверный принцип применяется и в микроскопах, где поворачивающееся устройство сменяет объективы для различного увеличения.

Для револьверного станка характерна его поворачивающаяся головка (рис. 292), в которой с нескольких сторон вставлены различные инструменты (резцы разных типов и др.). После того как один инструмент закончит свою работу, револьверная головка несколько отходит от изделия. Затем она поворачивается на определенную часть обо-

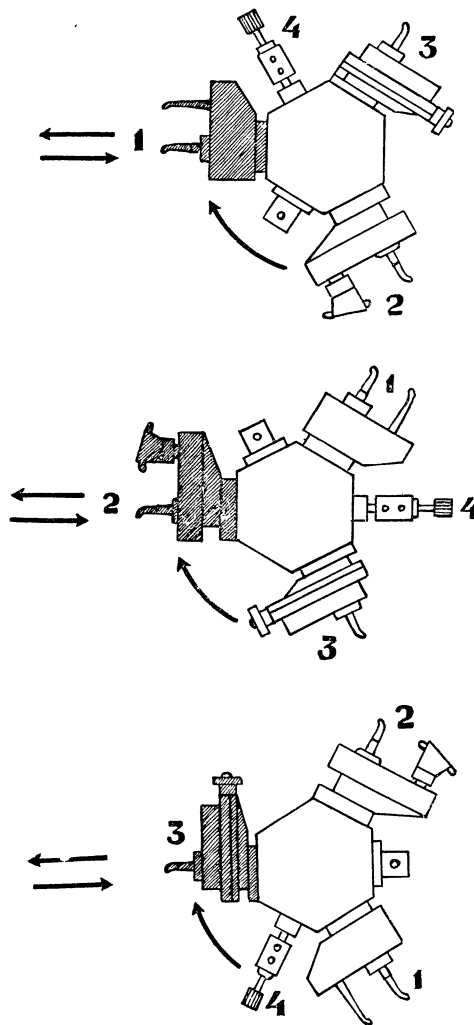


Работа револьверного станка
Рис. 292.

рота, и в сторону изделия оказывается направленный уже другой инструмент. Головка с этим инструментом снова приближается к изделию, и производится новая операция. Когда и она закончится, револьверная головка снова поворачивается, и еще один инструмент производит третью операцию, и т. д. (рис. 293).

Револьверные станки всё более совершенствуются и автоматизируются. В старых станках повороты головки и смену операций

рабочий производил вручную, поворачивая рукоятки управления. Такие станки еще не были автоматами. Но принцип револьверной головки создал хорошую почву для пе-



Последовательные операции на револьверном станке
Рис. 293.

рехода к автоматическому управлению. И в дальнейшем были созданы токарно-револьверные автоматы, в которых по окончании каждой операции головка сама поворачивается и подводит к изделию новый инструмент для следующей операции.

Как же устроены и действуют механизмы, вызывающие автоматические повороты головки? На рисунке 294 вы видите один из таких механизмов. На окружности вращающегося диска *Д* закреплены выступающие

кулачки *К*. В определенный момент оборота диска очередной кулачок приподнимает конец рычага *Р*. Рычаг этот на другом своем конце опускается и освобождает механизм *М*. Тогда передача из зубчатых колес *1* и *2* производит очередной поворот револьверной головки *Г*. Но как только кулачок диска *Д* пройдет дальше, пружина *П* отожмет рычаг обратно. Он снова запрет механизм *М*, и револьверная головка остановится, до тех пор пока не подойдет следующий кулачок *К*.

Диск *Д* вращается очень медленно — один оборот его соответствует всему циклу обработки изделия. Пять кулачков на окружности диска соответствуют пяти поворотам головки — пяти операциям. Вы видите, что кулачки расположены на разных расстояниях по окружности диска. Это соответ-

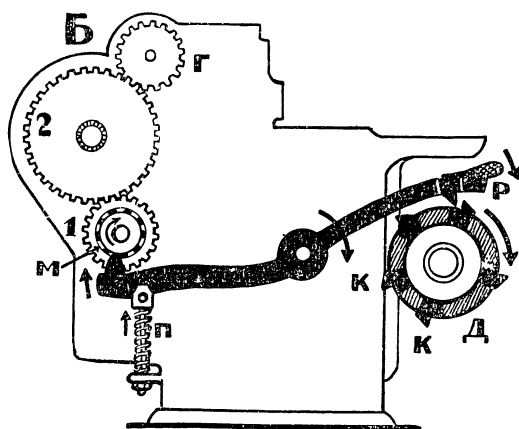
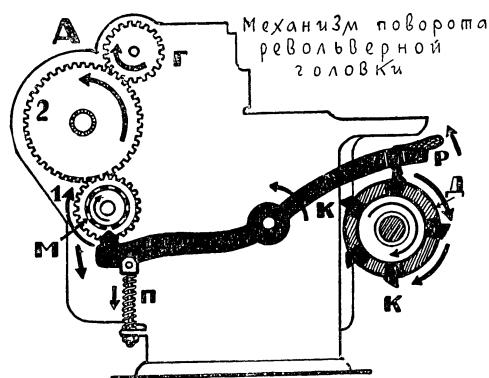


Рис. 294.

ствует различной продолжительности операций. Кулачки можно переставлять и этим производить наладку станка для обработки разных изделий. Другие автоматические механизмы в нужные моменты подводят го-

ловку с инструментом к изделию, а потом отводят от него.

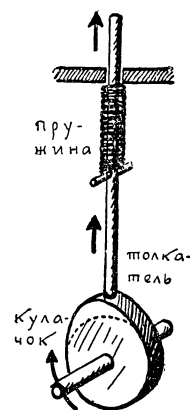
Труднее всего оказалось автоматизировать установку изделий на станке. Поэтому нередко применяются еще станки-полуавтоматы, на которых рабочий ручным способом устанавливает заготовку и лишь потом пускает в ход автоматические механизмы. Станок сам проделывает весь цикл операций. А когда изделие готово, рабочий руками снимает его и устанавливает следующую заготовку.

Но техника неуклонно движется вперед, и на смену полуавтоматам приходят полные автоматы, в которых установка заготовок и съемка готовых изделий производятся самой машиной. Конечно, такие станки еще более производительны.

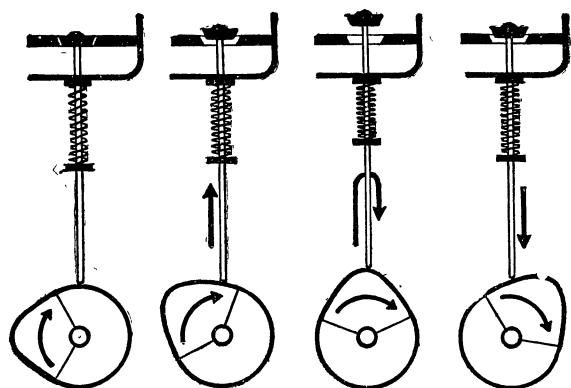
Для автоматической установки заготовок применяют иногда сжатый воздух, который крепко зажимает их в специальном патроне, а после обработки быстро отпускает готовое изделие. Есть токарные автоматы, которые изготовляют изделия (например, болты) из длинного прутка. Автоматическое устройство продвигает пруток на нужную длину, станок производит все необходимые операции и отрезает готовое изделие. Затем подается новая часть прутка и изготавливается следующий болт, и т. д.

Механизмы машин-автоматов

Посмотрим теперь, с помощью каких механизмов осуществляются целесообразные, «умные» движения машин-автоматов? Во многих из них мы найдем одно своеобразное устройство, которое носит название кулачкового механизма. В простейшем виде он представляет собой вращающийся диск (кулачок) некруглой формы (рис. 295), например с каким-нибудь выступом на одной из сторон. И в этот диск сбоку упирается стержень (толкатель), другой конец которого вызывает возвратно-поступательное движение рабочих частей автомата. В одну сторону стержень отталкивается выступом кулачка. Назад же он возвращается действием пружины. А вместе со стержнем-толкателем движется и



Кулачковый механизм
Рис. 295.



Работа кулачкового механизма в автомобильном двигателе

Рис. 296.

связанные с ним части машины. На рисунке 296 показано, как, например, передается движение от кулачка и толкателя к клапану цилиндра автомобильного двигателя. Бывают и другие, более сложные виды кулачковых механизмов.

Мы уже познакомились с подобным механизмом, у которого диск имел сердцевидную форму. Но, как вы помните, механизм этот служил для определенной цели — чтобы получить равномерное поступательное движение. В автоматах же приходится иметь дело с самыми различными видами движения частей машин. В разных случаях нужны бывают движения с остановками или временные перемещения после длительного покоя; движения то в одну, то в другую сторону, то с большей, то с меньшей скоростью и т. д. Эти разнообразные, но в каждом случае строго определенные движения частей машин-автоматов и получают с помощью различных кулачковых механизмов. Причем форма кулачков бывает самая разнообразная.

Рассмотрим некоторые случаи. Вот такой формы кулачки (рис. 297) применяются в автомобильных и других двигателях внутреннего сгорания, для того чтобы в нужные моменты автоматически открывались и закрывались клапаны их цилиндров. Обратите внимание на то, что форма или профиль этого кулачка на участке abc

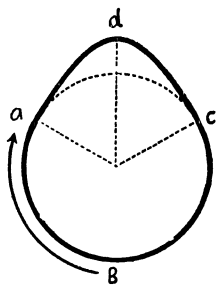


Рис. 297.

представляет правильную дугу окружности. За время той части оборота кулачка, пока конец толкателя будет скользить по этой дуге окружности, он останется на одинаковом расстоянии от оси кулачка. Поэтому в течение этого времени толкатель и связанный с ним клапан (или другая часть машины) останутся неподвижными. Но вот на конец толкателя надвигается выступ кулачка. Теперь толкатель, а с ним и клапан придут в движение. Пока толкатель скользит по части профиля, удаляющейся от оси кулачка (от c до d), он движется в одну сторону и открывает клапан. Когда же толкатель скользит по части профиля, приближающейся к оси (от d до a), он от действия пружины движется в противоположную сторону и закрывает клапан.

На рисунке 298 показан другой кулачок. На первый взгляд он мало чем отличается от предыдущего. Но взгляните внимательнее в его форму. У первого кулачка выступ был симметричен, у второго же подъем выступа cd более пологий, а спуск da более крутой. Какое это может иметь значение, как отразится это на движении толкателя и связанных с ним частей машины? В одну сторону (удаляясь от оси кулачка) они будут двигаться медленнее, а в другую сторону (приближаясь к оси) — быстрее. Это может иметь большое значение в машинах, когда, например, одно из этих движений рабочее, а другое холостое, в котором надо экономить время.

А что это за странная форма кулачка (рис. 299) и какое она образует движение? В течение того времени, пока конец толкателя скользит по дуге abc , он остается на одинаковом расстоянии от оси, и поэтому части автомата неподвижно стоят в каком-то, скажем первом, положении. На отрезке профиля cc_1 конец толкателя удаляется от оси кулачка, и части автомата переме-

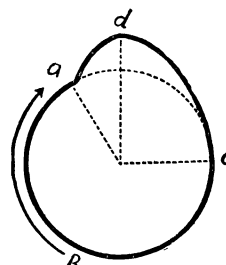


Рис. 298.

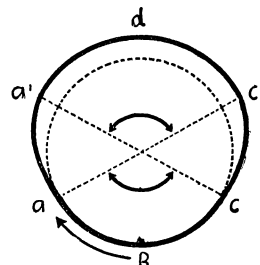


Рис. 299.

щаются из этого первого положения в какое-то новое (второе) положение. Затем на отрезке профиля c_1da_1 толкатель снова остается на одинаковом расстоянии от оси, и части автомата стоят неподвижно в этом втором положении. Наконец, на отрезке a_1a толкатель снова приближается к оси, и части автомата опять переходят из второго положения в первое.

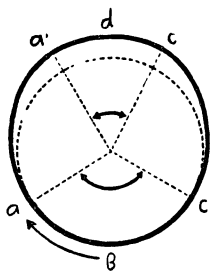
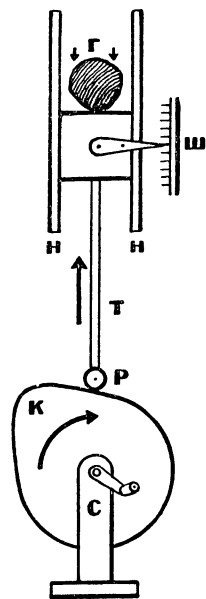


Рис. 300.

На рисунке 300 изображен еще один кулачок такого же типа. Посмотрите, в чем разница между ними? Если у первого дуги abc и c_1da_1 равны (соответствуют одинаковым углам поворота), то у второго дуга abc в два раза больше дуги c_1da_1 . А поэтому при кулачке (рис. 299) части автомата в первом и во втором положении будут стоять одинаковое время, а при кулачке (рис. 300) они в первом положении будут неподвижны вдвое дольше, чем во втором. Видите, какое большое значение в работе машин-автоматов имеют эти, с первого взгляда незначительные, различия в построении кулачков.

Придумайте сами различные формы кулачков, которые давали бы то или другое движение толкателя. Начертите их на бумаге и представьте себе мысленно, как будут двигаться толкатель и связанные с ним части машины. Еще интереснее выпилить модели этих различных кулачков из фанеры и устроить простой прибор, показанный на рисунке 301. Модель кулачка K вращается на стойке C . Толкатель T с роликом P на конце движется вверх и вниз в направляющих H . Сверху он прижимается грузом G . По шкале $Ш$ видно, какие движения, остановки и проч. совершает толкатель за один оборот кулачка.

Когда разрабатывают какой-нибудь автоматический производственный процесс и ра-



Самодельная модель кулачкового механизма
Рис. 301.

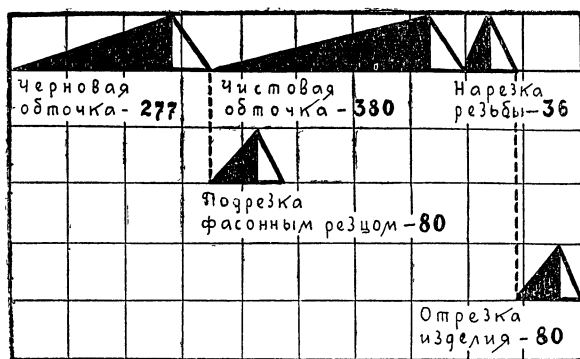
боту машины-автомата, перед конструкторами стоит задача построить кулачки строго определенного и подчас очень сложного профиля. Профиль кулачков должен соответствовать тем операциям, из которых состоит данный производственный процесс, — движениям рабочих частей машины, продолжительности этих движений, их скорости, а также последовательности одной операции за другой. Кулачков здесь бывает уже несколько.

Попробуем, например, построить кулачки для обработки болта на станке-автомате знакомого уже нам револьверного типа. Выясним прежде всего, из каких операций состоит этот производственный процесс. Изготовление болта состоит из: 1) черновой обточки болта, 2) чистовой обточки, 3) подрезки фасонным резцом, 4) нарезки резьбы, 5) отрезки готового изделия. Инструменты револьверной головки производят не все эти операции, а только первую, вторую и четвертую. Подрезка же фасонным резцом производится одновременно с чистовой обточкой с помощью дополнительного суппорта. Отрезка готового болта тоже производится с помощью особого суппорта. Поэтому нам придется построить три кулачка: один — для первой, второй и четвертой операции, другой — для третьей операции и еще один — для пятой.

Теперь надо узнать, сколько времени пойдет на выполнение каждой операции. Работники технологического отдела завода точно определяют это время. Если выразить его числом оборотов изделия, то на черновую обточку пойдет 277 оборотов, на чистовую обточку — 380, на подрезку фасонным резцом — 80, на нарезку резьбы — 36 и на отрезку — 80. Некоторое время надо добавить еще на обратные холостые ходы между этими операциями.

Изобразим это графически в виде кривой (рис. 302). По ее горизонтальной оси будем откладывать промежутки времени. Подъемы кривой соответствуют медленным рабочим ходам; опускания — быстрым холостым ходам. Подрезка фасонным резцом и отрезка изображены отдельными кривыми, так как они не производятся револьверной головкой.

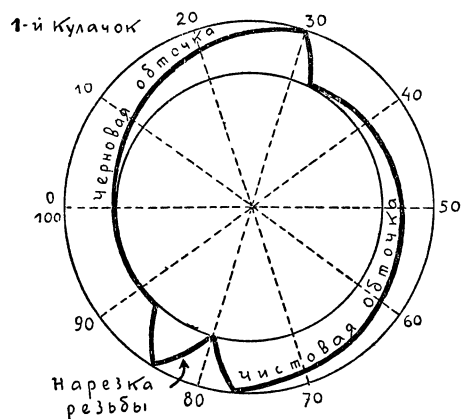
А теперь попробуем построить самый кулачок для управления работой револьверной головки. Чтобы знать, какая часть оборота кулачка должна соответствовать каж-



Как рассчитывают построение кулачков
Рис. 302.

дой из наших операций, переведем их время в проценты. Получим для черновой обточки 29,4 процента, для чистовой обточки 40,4 процента, для нарезки резьбы 5,7 процента, для отрезки 8,5 процента. Всего это составляет 84 процента; остальные 16 процентов приходится на холостые ходы. Подрезка фасонным резцом производится одновременно и берет 8,5 процента от полного оборота своего кулачка.

Представим себе теперь, что из центра будущего кулачка проведены во все стороны сто лучей (радиусов), выражающих проценты полного оборота кулачка (на рисунке 303 их изображено в десять раз меньше). Отсчитаем по ним, какая часть оборота кулачка придется на каждую из наших



Построение кулачков
Рис. 303.

операций. Проведем теперь две concentрические окружности и вычертим между ними профиль кулачка так, чтобы участки его, удаляющиеся от оси, соответствовали рабо-

чим ходам, а приближающиеся к оси — холостым. Мы получим то, что схематически изображено на рисунке 303. Вот каким должен быть профиль нашего кулачка.

Но ведь остались еще операции подрезки фасонным резцом и отрезки готового изделия. Они выполняются другими механиз-

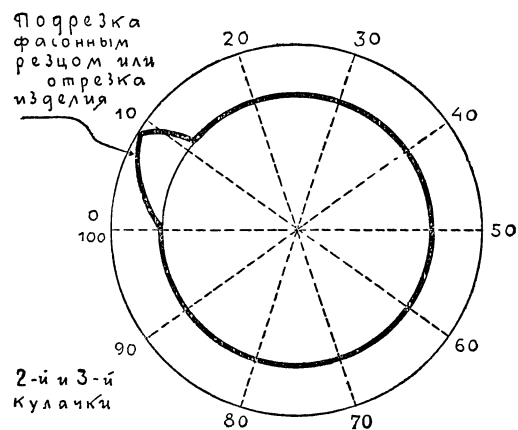


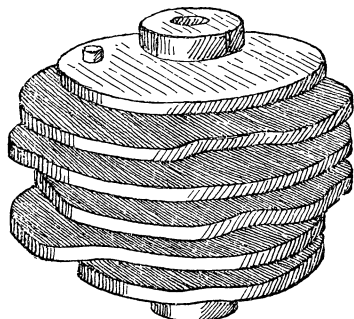
Рис. 304.

мами станка, и для них надо построить два отдельных кулачка. Эти механизмы станка в течение большей части рабочего цикла не работают, стоят неподвижно и только в определенные моменты вступают в действие. Поэтому и большая часть профиля кулачков должна представлять собой дугу окружности, и только на небольшой части их профиля должны быть работающие выступы — у обоих по 8,5 процента оборота (рис. 304).

Итак, мы построили три кулачка: один для управления револьверной головкой и два для управления суппортами, производящими подрезку фасонным резцом и отрезку. Но теперь перед нами встает новая задача: как согласовать работу этих трех кулачков так, чтобы различные операции были правильно распределены во времени? Ведь подрезка фасонным резцом должна происходить одновременно с чистовой обточкой, а отрезка — после того как закончатся все операции револьверной головки. Такая задача постоянно встает перед конструкторами и наладчиками сложных автоматических машин, в которых работает большое число кулачков, управляющих разными частями машины и различными операциями. И надо согласовать работу этих кулачков так, чтобы правильно распределить во времени рабочие движения машины.

Распределительный вал — центральный орган автомата

Современные сложные машины состоят из многих частей, совершающих разнообразные движения. Перед конструкторами встала важнейшая задача: объединить и со-

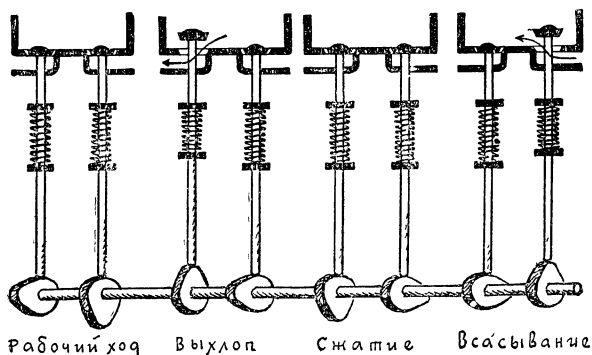


Сменный кулачковый блок
станка-автомата

Рис. 305.

гласовать работу всех этих частей в одно связанное целое. Надо было создать такой центральный орган машины, который связал бы всю ее работу и объединил управление всеми частями и механизмами.

Во многих машинах-автоматах для этого служит распределительный кулачковый вал — главная, центральная часть автомата. На этом валу вращается несколько, подчас даже много различных кулачков (рис. 305). Обратите внимание на то, что выступы

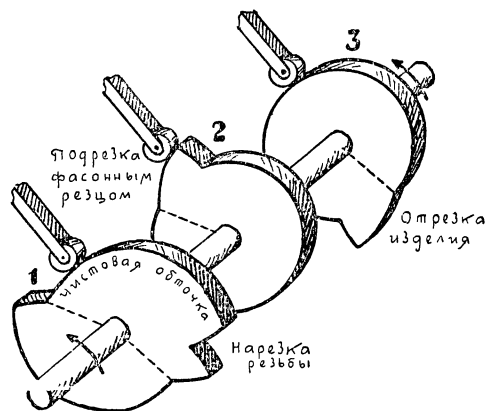


Кулачковый вал автомобильного двигателя
Рис. 306.

кулачков направлены в разные стороны, под определенными углами один по отношению к другому. Это имеет здесь очень большое, решающее значение.

Такой распределительный кулачковый вал

можно увидеть в любом автомобильном или тракторном двигателе (рис. 306): Работа каждого кулачка здесь сравнительно проста: он открывает, а потом закрывает клапан в цилиндре двигателя. Но у двигателя не один, а несколько цилиндров. И в каждом из них по два клапана: один для впуска горючей смеси, другой для выпуска продуктов горения. Все эти клапаны должны открываться и закрываться точно в определенные моменты времени. И распределительный вал должен обеспечить строгую последовательность движений большого числа клапанов. На валу находится целый ряд кулачков, выступы которых направлены в разные стороны. Это особенно хорошо видно, если посмотреть вдоль оси вала. Так как выступы кулачков расположены под строго определенными углами, они при вра-



Расположение кулачков на валу автомата
Рис. 307.

щении распределительного вала в определенной последовательности и в нужные моменты времени открывают и закрывают впускные и выпускные клапаны нескольких цилиндров.

Вернемся теперь к построенным нами трем кулачкам автоматического револьверного станка. Как, под какими углами друг к другу расположить их на распределительном кулачковом валу станка (рис. 307)?

Сперва установим главный кулачок револьверной головки. Следующий кулачок, для подрезки фасонным резцом, надо установить так, чтобы его выступ приходился как раз против выступа чистой обточки на кулачке револьверной головки. Тогда, при вращении распределительного вала, эти две операции будут произведены одновременно. Но есть еще третий кулачок, управ-

ляющий отрезкой готового изделия. Этот кулачок надо установить под таким углом, чтобы выступ его приходился после выступа последней операции на главном кулачке — там, где в профиле последнего кончаются выступы и начинается правильная окружность. Тогда при вращении распределительного вала отрезка готового изделия начнется лишь после того, как закончатся все предыдущие операции.

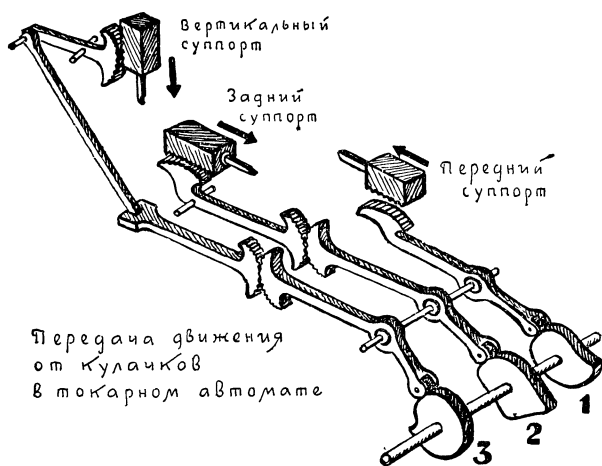


Рис. 308.

На рисунке 308 показано устройство распределительного вала одного из токарных автоматов. Вы видите, как передается движение от толкателей кулачков к рабочим органам станка с помощью шарнирно-соединенных стержней, зубчатых секторов

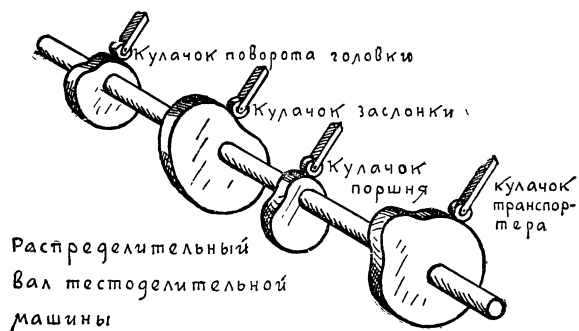


Рис. 309.

и др. Это многолезцовый станок с тремя суппортами. Кулачок 1 управляет движениями переднего суппорта, кулачок 2 — задним суппортом и кулачок 3 — вертикальным суппортом.

Распределительный вал с несколькими кулачками можно встретить во многих машинах-автоматах, работающих в самых различных производствах. Вот, например, кулачковый вал тестоделительной машины (рис. 309), работающей на автоматизированных хлебозаводах.

После того как тесто созреет (подойдет), оно поступает на делительную машину. Дежа наклоняется над воронкообразной трубой машины, и тесто вываливается в нее. Чтобы разделить сплошную массу, на нужные порции, тесто сначала вытягивается поршнем в камеру определенного объема, а потом выталкивается из нее. Выдавленные куски теста раскатываются особыми валиками и принимают удлиненную форму будущих батонов. Затем они поступают на транспортер, который несет их в печь.

Все это производится автоматически. И чтобы согласовать различные операции сложной работы машины, ее распределительный вал имеет несколько кулачков,

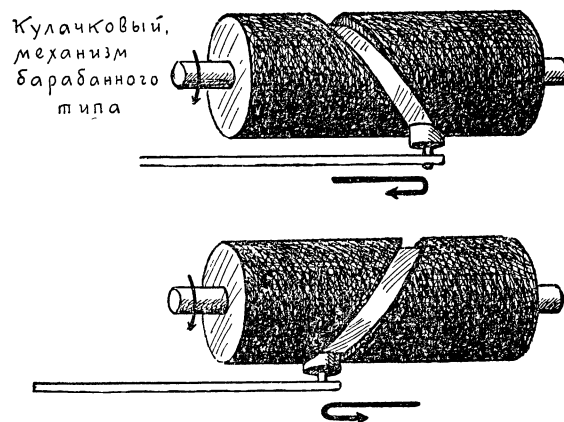


Рис. 310.

управляющих работой разных механизмов. Рассмотрите рисунок, на котором написано, какие рабочие органы приводит в движение каждый из кулачков. И здесь пришлось точно рассчитать, в какие моменты времени должна начаться и кончиться каждая операция, каждое движение — например, ход поршня в одну и в другую сторону или движение заслонки, открывающей или закрывающей бункер, — и соответственно расположить на валу кулачки под строго определенными углами друг к другу.

В производственных машинах-автоматах распределительный кулачковый вал вращается очень медленно. Ведь за один обо-

рот вала проходит весь сложный рабочий цикл машины.

Вы можете встретить кулачковые механизмы и другого, барабанного типа (рис. 310). По поверхности барабана вырезан паз сложного профиля. В паз входит ролик толкателя. Когда барабан вращается, толкатель получает нужные движения вдоль барабана, в ту или в другую сторону — в зависимости от формы паза. Такое устройство вы можете увидеть, например, в мотоциклах, где оно служит для управления коробкой скоростей. Оно применяется и во многих автоматах, в их распределительных валах, управляющих движениями разных частей машины.

Заводы-автоматы

В нашей стране автоматическая техника с каждым годом развивается все больше. Теперь автоматизируются уже не только отдельные машины, но и целые системы машин. Создаются автоматические поточные линии из многих различных машин и даже целые автоматические цехи, заводы и электростанции.

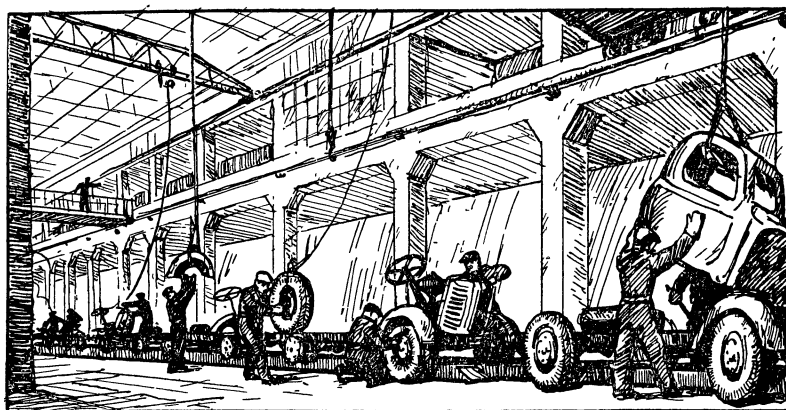
Передовое советское производство все более приобретает массовый, поточный характер. Что это значит? На наших автомобильных, тракторных и других заводах изготавливаются многие тысячи совершенно одинаковых деталей машин и других изделий. Размер их настолько точно одинаков, что одна из них может в любое время заменить другую. Это взаимозаменяемые детали. Когда, например, в автомобильном двигателе сработается поршень, его можно заменить новым, в точности таким же по форме и по размеру. Процесс обработки этих деталей состоит из ряда сравнительно простых операций, которые выполняются на отдельных станках. Первый токарный станок, например, производит только черновую обточку; второй — только чистовую; третий станок шлифует поверхность; четвертый, если надо, нарезает винтовую резьбу, пятый просверливает отверстия, и т. д.

В заводских цехах множество одинаковых изделий непрерывным потоком движется от

одного станка к другому, последовательно проходя через ряд производственных операций. Подобную организацию производства так и называют непрерывным потоком или поточным производством.

Станки в цехе располагаются в таком порядке, чтобы поток изделий переходил от одного из них к другому. Технологи точно выясняют время, нужное для каждой операции, и подбирают соответствующую производительность каждого станка, чтобы ни в одном месте потока не произошла задержка. Применяются специальные транспортные устройства и приспособления для быстрой передачи изделий от одного станка к другому. На рисунке 311 показана сборка автомобилей на конвейере.

С поточным производством мы уже, в сущности, встречались, когда говорили о машинах-комбайнах. Вспомните зерноуборочный комбайн, в котором поток зерна непрерывно проходит через молотильный барабан, соломотряс, грохот, веялки, сортировку и др. Или горный, угольный комбайн, который непрерывно подрубает уголь, отбивает его, нагружает на транспортер... Но эти комбинированные машины приспособлены к особым условиям работы непосредственно в поле или в забое. В этих условиях работы целесообразно сосредоточить не-



Главный конвейер автозавода
Рис. 311.

сколько машин в одном компактном агрегате.

В условиях же заводских цехов более целесообразно иначе организовать поточное производство — разделить операции, распределить их между отдельными станками, а станки расположить в виде линии, один за другим. Поток изделий часто движется

здесь по особому транспортеру — конвейеру — от станка к станку.

Интересно, как изменяются при этом самые станки: они специализируются и очень упрощаются по своему устройству. Ведь каждый из них выполняет только одну или немного простых операций — для этого не нужно того сложного устройства, которое мы видели у многооперационных станков. Специализация машины ведет к ее упрощению. Станки превращаются даже в отдельные головки со сверлом, фрезой или шлифовальным кругом со своим электродвигателем и сравнительно простым механизмом для передачи движения к инструменту. Такие силовые головки размещают вдоль конвейера с потоком изделий в нужной последовательности.

Вот эти-то поточные линии и надо автоматизировать так, чтобы не только каждый станок производил свою операцию без участия человека, но и чтобы детали автоматически передавались от одного станка к другому, устанавливались на нем, а после обработки переходили на следующий станок.

Еще до Великой Отечественной войны автоматические станочные линии стали вводиться на наших заводах, изготавливающих автомобили и тракторы. Первая из них была создана И. Иночкиным на Сталинградском тракторном заводе в 1939 году. В производстве гусеничных тракторов приходится изготовлять огромное количество роликов (катков), поддерживающих гусеницы. Ступицу (внутреннюю часть) таких роликов и обрабатывает линия Иночкина. Она состоит из пяти станков (рис. 312).

На первом из них производится сперва черновая, а затем получистовая расточка отверстий, в которые потом будут запрессовываться шарикоподшипники катка. Расточка производится одновременно с обеих сторон четырехшпиндельным автоматическим станком.

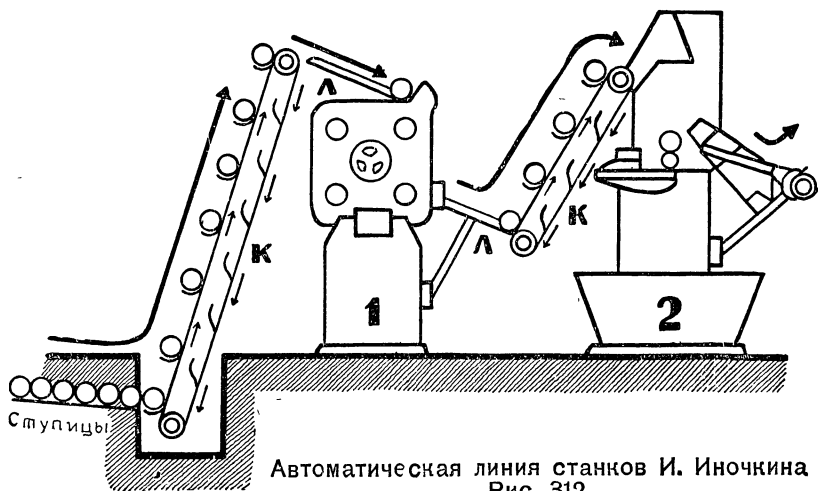
Когда эти операции заканчиваются, изделие по автоматическому транспортеру К переходит на многолезцовый автоматический токарный станок 2, который производит черновую обточку внешней поверхности ступицы и в то же время подрезает ее с торцов.

После такой черновой обработки надо обработать поверхность изделия начисто. Для этого оно поступает на многолезцовый станок 3, который несколькими инструментами одновременно производит чистовую обточку внешней поверхности ступицы и ее торцов.

Ступица — это, как мы уже сказали, внутренняя часть ролика. На нее надо насадить его наружную часть — бандаж. И вот теперь подготовленные ступицы поступают на гидравлический пресс 4, который и закрепляет на них бандаж. Вы видите на рисунке, как с предыдущего станка 3 на пресс подаются ступицы, а по другому транспортеру (на рисунке — внизу) к этому же прессу движется поток готовых бандажей, обработанных на другой линии станков.

После этого остается произвести еще целый ряд операций: начисто расточить отверстия ступицы, в которые будут вставлены шарикоподшипники; просверлить десять отверстий (с обеих сторон ролика), а потом во всех этих отверстиях нарезать внутреннюю винтовую резьбу. Для этого ролики передаются на последний станок 5 линии. Это сложный, комбинированный станок с большим числом инструментов, который и производит все оставшиеся операции.

Вся эта линия станков представляет собой как бы один большой автомат. Обслуживается она двумя рабочими, один из которых нагружает изделия в начале линии, а другой следит за исправностью работы станков, производит контроль изделий и сменяет затупившиеся инструменты. Производительность автоматической линии очень



Автоматическая линия станков И. Иночкина
Рис. 312.

высока: за час обрабатывается семьдесят шесть ступиц, которые непрерывным потоком движутся одна за другой и сходят с линии в виде совершенно готовых роликов.

В работе автоматических линий большое значение имеют самодействующие транспортные устройства. Это или наклонные лотки *Л*, по которым изделия движутся своей тяжестью, или более сложные устройства *К*, подающие изделия с помощью движущихся лент, цепей, металлических пальцев, по мере того как станок закончит обработку предыдущей детали и на него надо подать следующую. А здесь, на станке, другие сложные устройства, например гидравлические или действующие сжатым воздухом, устанавливают и закрепляют деталь, поворачивают ее в нужное положение, удерживают в течение всей обработки, а потом отпускают и передают на следующий транспортер.

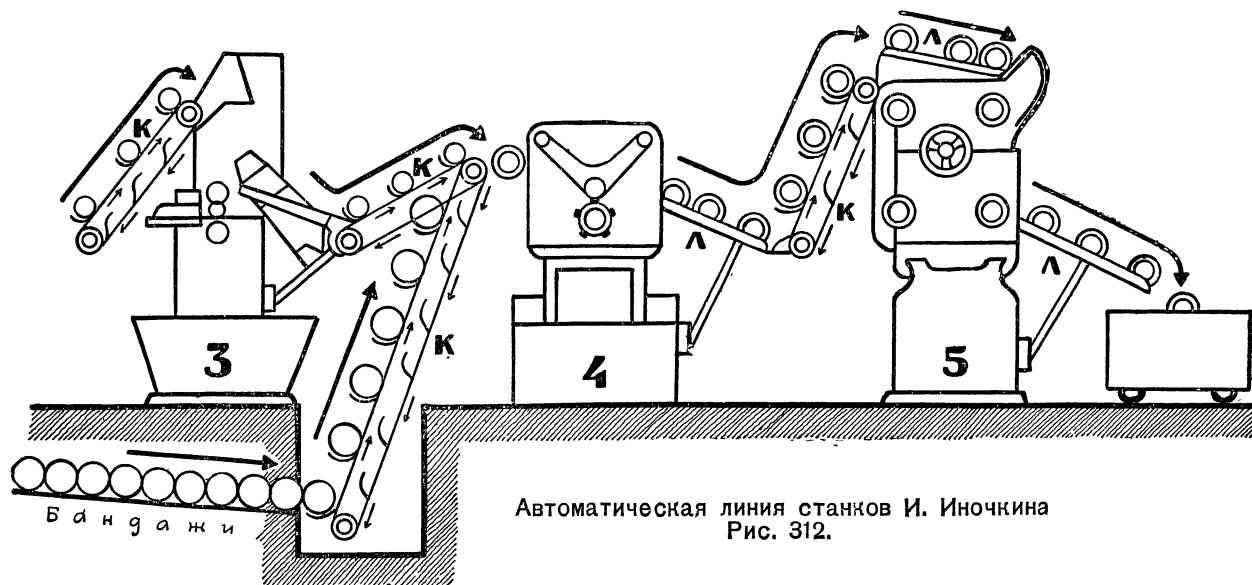
На наших заводах, изготавливающих в большом количестве автомобили, тракторы, сельскохозяйственные машины и др., стали создаваться всё новые и всё более сложные автоматические линии для обработки различных изделий.

Машиностроительные заводы освоили уже серийное производство оборудования для таких автоматических линий. По плану шестой пятилетки производство их увеличивается в пять раз. Автоматические линии ра-

ботают уже не только в машиностроении, но и в других областях промышленности.

Однако советские ученые, инженеры и рабочие-новаторы не остановились на этом. Не довольствуясь отдельными автоматическими линиями станков, они поставили перед собой еще более смелую задачу — создать завод-автомат. Великая Отечественная война задержала осуществление этого замечательного дела. Но когда окончилась война, такой завод был создан. Он изготавливает поршни для автомобильных двигателей. Почему выбрали именно эту деталь? Потому, что автомобилей в нашей стране особенно много, а поршни в их двигателях довольно быстро срабатываются и их приходится часто менять. Каждый год надо изготавливать многие миллионы новых, совершенно одинаковых поршней.

Завод-автомат почти без непосредственного участия рабочих выполняет всю сложную работу по изготовлению поршней — от начала до конца: от плавки металла в печи и отливки заготовок для будущих поршней до завертывания в бумагу и укладки в коробки совершенно готовых изделий. Завод состоит не только из автоматической линии станков, выполняющих различную механическую обработку изделий, но и ряда печей и аппаратов, в которых совершаются тепловые и даже химические производственные процессы: плавление металла, отливка, термическая обработка (отпуск), лужение изготавливаемых поршней и др. Таким обра-



Автоматическая линия станков И. Иночкина
Рис. 312.

зом, автоматизация здесь еще гораздо более полная и комплексная (рис. 323).

Придя в цех, вы почти не увидите в нем людей. Кроме инженеров, завод обслуживают лишь десять рабочих, из которых большинство являются высококвалифицированными наладчиками. Люди управляют заводом в целом, наблюдают за исправностью работы машин и аппаратов и лишь иногда вмешиваются, устраняя неполадки, сменяя инструменты и проч. Производительность труда здесь в десять раз выше, чем при обычном изготовлении поршней.

Как же работает этот завод-автомат?

Посмотримся сперва к тем поршням, которые на нем изготовляют. Делаются они из алюминиевого сплава. По своей форме поршень представляет собой как бы метал-

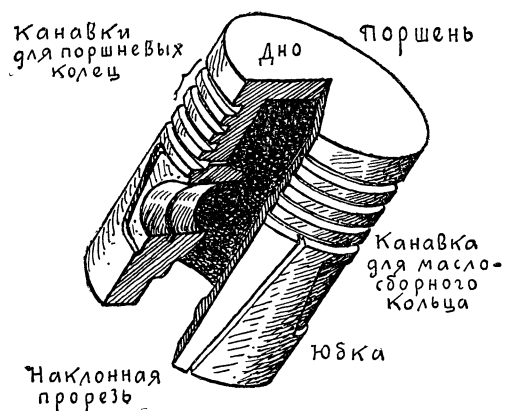
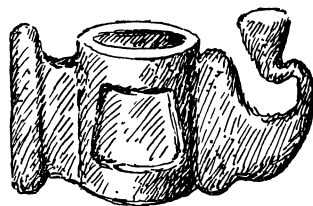


Рис. 313.

лический стакан с плоским дном и круглой боковой стенкой-юбкой (рис. 313). С обоих боков в нем сделаны два отверстия для поршневого пальца шатуна. На внешней поверхности поршня проточены канавки для насадок колец, которые при движении поршня скользят по стенкам цилиндра двигателя. Здесь же сделана еще одна канавка для маслосборного кольца. Есть также продольная и наклонная прорези для стока масла, а также отверстия для смазки внутренней части поршня. Все это надо сделать с очень большой точностью.

Проследим за работой завода-автомата — за последовательным ходом изготовления поршней. Из расплавленного металла сперва отливаются заготовки, имеющие лишь приблизительную форму будущих поршней (рис. 314), а затем на металлорежущих станках им придается окончательная форма и точный размер,

Значит, первое, что необходимо сделать, — это расплавить металл. Для этого служит громадная самодействующая электрическая печь. Чушки алюминиевого сплава подаются в печь специальным транс-



Заготовка поршня
(отливка)

Рис. 314.

портером. Транспортер совершает периодическое движение и после отливки каждые двенадцать поршней подает в печь новую чушку. В это время дверца печи автоматически открывается, толкатель сталкивает чушку внутрь печи, и дверца опять закрывается.

Электрический нагрев печи дает возможность точно регулировать температуру и весь режим плавки. Ванна с жидким металлом продувается хлором, пузырьки которого увлекают примеси. Шлак с поверхности расплавленного металла удаляется автоматическим скребком. Очищенный жидкий металл по желобу течет в выдвинутую вперед камеру, из которой он разли-

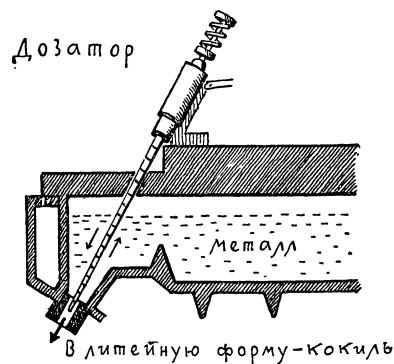


Рис. 315.

вается в формы. Здесь находится интересное устройство — дозатор, который периодически выпускает в литейную форму определенную порцию металла (рис. 315). Отверстие его запирается пробкой в виде иглы с наконечником, которая в нужный

Литейная машина

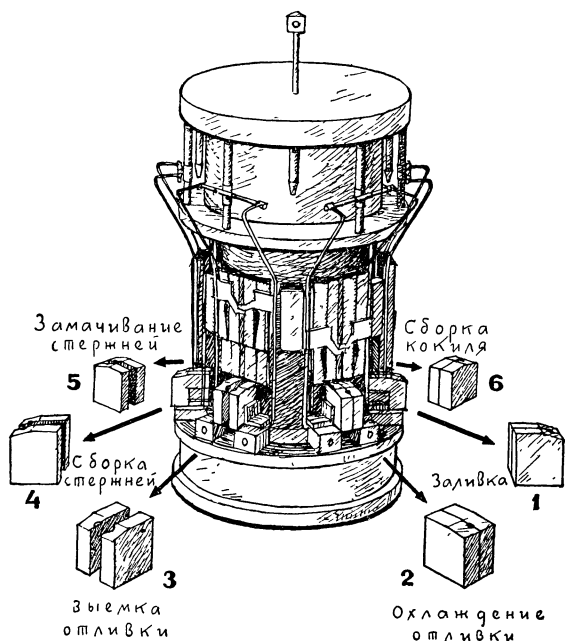


Рис. 316.

момент открывает отверстие, а затем снова закрывает его.

Теперь надо отлить заготовку. Отливка производится в металлических формах — кокилях. Литейная машина имеет вид вращающейся карусели (рис. 316). По окружности этой машины расположено шесть литейных форм. Подвижная часть периодически поворачивается на $\frac{1}{6}$ часть оборота, останавливается, а затем снова поворачивается. Время этих движений и остановок рассчитано так, чтобы за один полный оборот карусели проходил весь процесс литья.

На рисунке показаны также последовательные операции, происходящие в разных положениях вращающейся части машины. В первой рабочей позиции форма заполняется жидким металлом. Во второй позиции металл в форме остывает и затвердевает. В третьей он затвердевает окончательно, и готовая отливка вынимается из формы. В четвертой, пятой и шестой позициях форма подготавливается для следующей отливки. И все это полностью автоматизировано.

На отливке обычно остаются ненужные выступы из затвердевшего



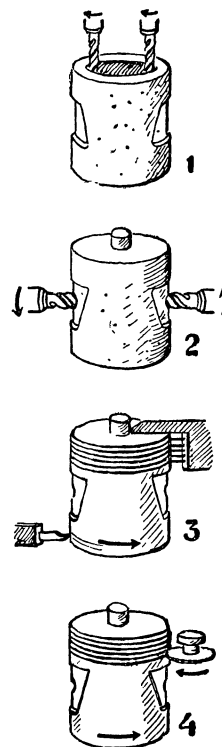
Рис. 317.

металла. Это литник, выступающий в том месте, через которое производилась заливка металла в форму, а в других местах отливки — некоторый излишек металла, взятый для лучшего заполнения формы. Их надо отрезать. Поэтому отливки из литейной машины подаются транспортером на специальный отрезной станок, который фрезами удаляет ненужные выступы (рис. 317). Срезанный металл возвращается в печь для переплавки.

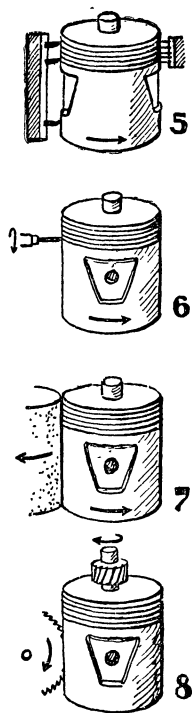
Во время быстрого остывания и затвердевания отливок в формах ухудшаются строение и свойства металла, отчего будущие поршни могут получиться менее прочными. Необходимо поэтому подвергнуть отливки особой, тепловой (термической) обработке — отпуску. Их опять нагревают, а затем дают им медленно остыть, отчего улучшается структура и свойства металла. Для этого заготовки поршней, уложенные на транспортер, поступают в специальную электропечь и медленно движутся через нее. Здесь они нагреваются до 210 градусов, а потом остывают, оставаясь в печи пять с половиной часов. Чтобы такое долгое пребывание в печи не задерживало общий ход непрерывного производственного потока, печь вмещает большое количество поршней. По выходе из печи автоматически проверяется твердость заготовок, с чем мы познакомимся позднее.

На этом заканчивается горячая обработка будущих поршней. Затем наступает очередь холодной, механической обработки на разных металлорежущих станках, которая должна придать поршням более точную форму и размер. Заготовки поступают на автоматическую линию станков. Сущность работы такой станочной линии вам уже знакома.

На заводе-автомате поршни проходят через восемь станков (рис. 318, 319). Первый из них, 1,



Последовательность обработки поршней на автоматической линии станков
Рис. 318.



Последовательность обработки поршней на автоматической линии станков
Рис. 319.

конец, еще один фрезерный станок 8 делает на нем наклонную прорезь для масла.

Автоматические транспортеры передают будущие поршни от одного станка к другому. Чтобы удобнее было передавать и устанавливать их на станках, оказалось целесообразным расположить станки и транспортеры по прямой линии. При этом головки с инструментами стоят по обе стороны от транспортера и обрабатывают поршни с той и другой стороны.

Но вот автоматическая линия станков пройдена. Однако изготовление поршней на этом еще не закончено. Чтобы поверхность поршня лучше прирабатывалась к стенкам цилиндра, ее покрывают мягким слоем олова. Для этого поршни поступают в аппарат для лужения. Они проходят через целый ряд ванн, в которых поверхность поршней сперва обезжиривается, промывается в горячей и в холодной воде, потом

покрывается слоем полуды, а затем опять промывается.

После лужения производится окончательная обработка отверстий для поршневого пальца, который доводится до изумительной точности: по диаметру — до 10 микронов, а по отклонению от цилиндричности — даже до 3 микронов.

Готовые поршни поступают в моечную машину, которая отмывает их от всех загрязнений. Другие автоматы еще раз проверяют размер поршней, сортируют их, ставят заводское клеймо. Наконец упаковочная машина смазывает их техническим маслом, завертывает в пергаментную бумагу и по шесть штук упаковывает в коробки.

Мы проследили основной ход работы завода-автомата. Но мы пропустили некоторые существенные звенья, а потому остановимся на них особо. В работе самодействующего завода очень важен автоматический контроль правильности размеров и нужных свойств изделий. После термической обработки (отпуска) заготовок необходимо проверить их твердость. Для этого лоток заготовок направляют из печи на специальный контрольный пресс, который со строго определенной силой вдавливает в стенку поршня небольшой шарик из очень твердого сплава. По глубине ямки, образующейся от вдавливания, можно точно судить о твердости металла. Глубина ее измеряется автоматическим устройством. И если она не соответствует установленной норме, под заготовкой открывается люк — и она падает в ящик для брака. Поршни же нормальной твердости движутся дальше.



Рис. 321.

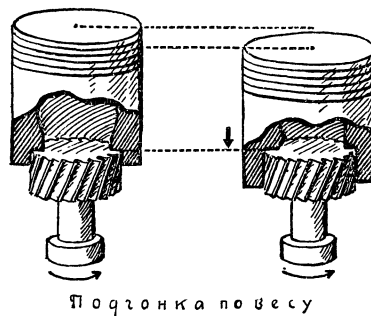
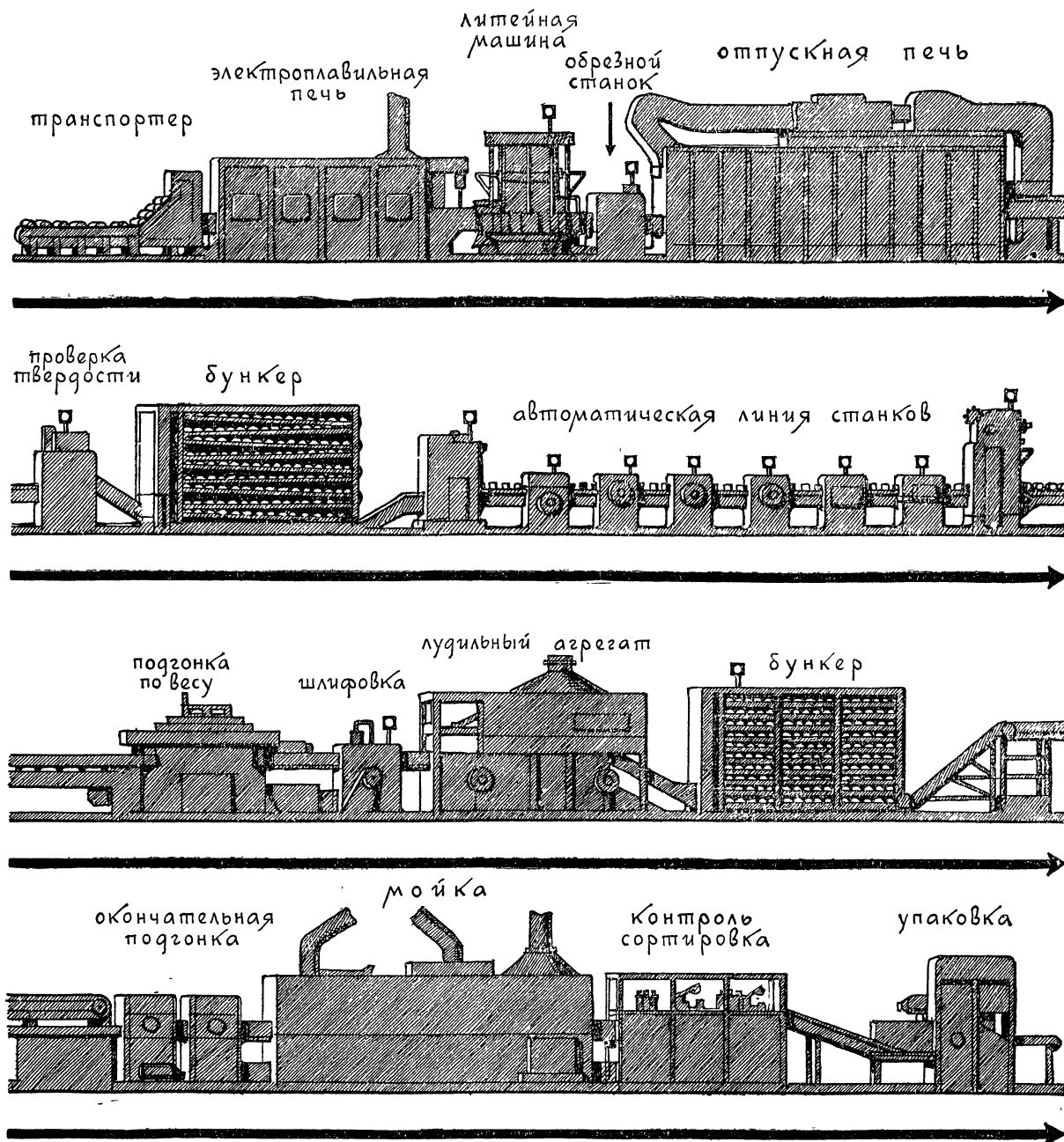


Рис. 322.

В станочной линии введены два автоматических контролера, проверяющих размеры с очень высокой точностью. После станочной линии поршни поступают на своеобразный станок, который проверяет их вес и точно подгоняет его до нормы (рис. 322).

Делается это так. Еще при отливке за-

готовок на их внутренней поверхности оставляют небольшие выпуклости (приливы), с которых теперь для уменьшения веса срезается часть металла. При этом инструмент срезает его в то время, когда поршень лежит на чашке оригинальных весов. Чем тяжелее поршень, тем ниже опу-



Общая схема завода-автомата для изготовления поршней
Рис. 323.

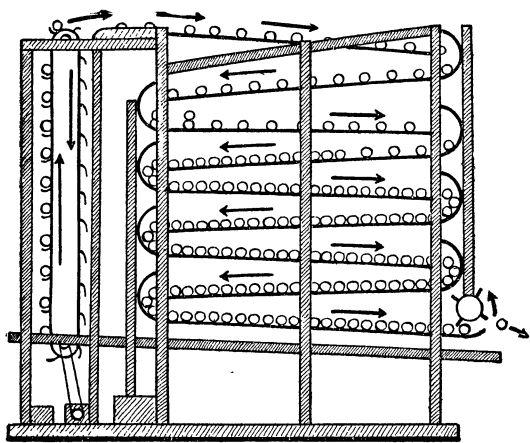


схема промежуточного магазина (бункера)

Рис. 324.

стится он на весах и тем больше металла срежет с него инструмент. Более же легкий поршень поднимется выше, и металла с него будет срезано меньше. Такая подгонка по весу производится с точностью до 1 грамма.

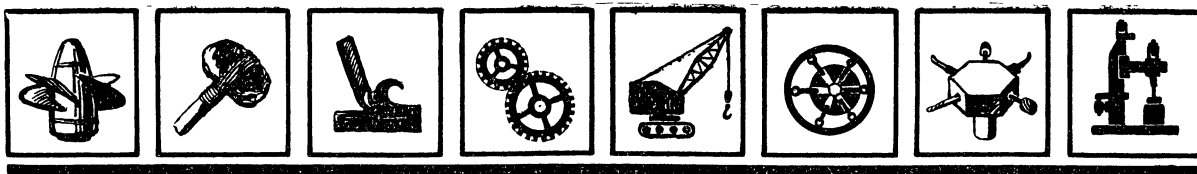
В работе завода-автомата при его массовом поточном производстве очень важно еще одно условие: необходимо, чтобы поток изделий двигался непрерывно и равномерно, чтобы ни в одном месте потока не происходило задержек. Для этого скорость и производительность работы всех звеньев процесса, всех станков, печей и др. должна быть строго рассчитана и согласована — сколько изделий за час пропускает одно звено, ровно столько же должны пропускать и другие звенья.

На заводе-автомате, производящем поршни, введены специальные устройства, обеспечивающие лучшую бесперебойность потока. Это промежуточные магазины (рис. 324), в которых накапливается продукция предыдущих звеньев и из которых поршни в нужном количестве выходят дальше. Такой магазин поставлен после горячей обработки заготовок, перед станочной линией. Дело в том, что печи непрерывно работают круглые сутки; станки же работают лишь «в две смены», то есть $\frac{2}{3}$ суток; их останавливают также, когда нужно сменить инструмент, а иногда и по другим непредвиденным причинам. Во время таких остановок станочной линии печи продолжают подавать заготовки, и они скопляются в огромном бункере магазина, вмещающем до двух тысяч поршней. Когда же станки снова пускают в ход, магазин автоматически выдает заготовки для дальнейшей обработки. Аналогичный магазин-автомат введен и после аппарата для лужения поршней, где он тоже регулирует равномерность производственного потока.

Так работает первый советский автоматический завод.

Подобных заводов у нас со временем будет все больше. Им принадлежит будущее. XX съезд Коммунистической партии указал на то, что необходимо переходить от отдельных машин-автоматов к автоматизации целых цехов и к созданию полностью автоматизированных предприятий. Наши заводы должны изготавливать специальное оборудование для заводов-автоматов, которые будут работать в разных производствах и изготавливать разнообразные изделия.





Г л а в а VIII. Э Л Е К Т Р И Ф И К А Ц И Я М А Ш И Н

Когда мы произносим слово «машина», то имеем в виду какое-то механическое устройство, механическое орудие нашего труда. Машины производят механическую работу: они режут металл, копают и пахут землю, обмолачивают зерно и т. д. Для этого они совершают те или другие механические движения. И эти движения осуществляются с помощью опять-таки механических устройств.

Но в наше время машины всё больше становятся уже не только механическими. Важное значение приобретают в них электрические устройства. Машины всё более электрифицируются.

Электроэнергия, завоевания электротехники подняли все современное производство на новый, более высокий уровень. Электрические средства производства обладают многими замечательными преимуществами перед другими, в том числе и перед механическими средствами. Применение электричества особенно важно в строительстве нового, коммунистического общества. Ведь построить его можно только на основе новейшей, самой передовой техники. В. И. Ленин говорил, что «коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны».

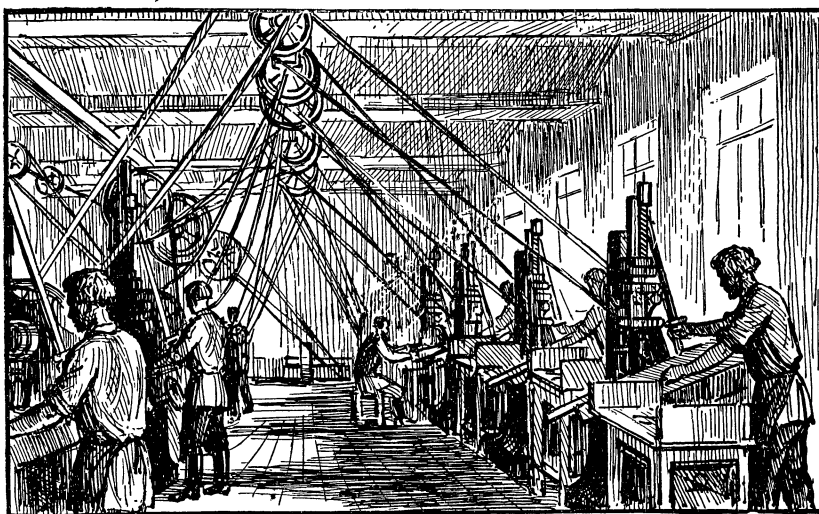
В шестой пятилетке производится все больше электроэнергии, и разнообразные электротехнические устройства все шире применяются во всех производствах, что

играет большую роль в их техническом прогрессе.

Однако мы не будем говорить здесь об электрификации вообще, а скажем о том, какое значение имеет применение электрических устройств в развитии современных машин. Все большая электрификация машин — это одно из важнейших направлений развития нашего передового советского машиностроения.

Электродвигатель срастается с машиной

Если бы вы могли заглянуть в дореволюционную, неэлектрифицированную фабрику, перед вами предстала бы картина, которую



Старый неэлектрифицированный цех
Рис. 325.

вы уже никогда не увидите. Мрачное, трех- или четырехэтажное кирпичное здание. В отдельном крыле его помещалось так называемое машинное отделение, в котором, сотрясая стены, грохотала огромная паровая машина. От нее во все цеха фабрики передавалось движение с помощью громадных шкивов, длинных трансмиссионных валов и ремней. В цехах, под потолком, гремели валы трансмиссий, а от них к станкам спускались ремни — целый лес ремней. В цехах было шумно, грязно, опасно.

Но все это ушло в прошлое. В цехи, к машинам наших фабрик и заводов, пришел электрический двигатель — электрический привод.

У него, правда, была своя история. Вначале подражали еще старым формам — целые группы станков приводились в действие от одного большого электродвигателя через трансмиссионные валы и ременные передачи. Но потом техническая мысль оценила то замечательное свойство электроэнергии, что ее можно делить на любые части — большие или малые — и использовать в любом нужном количестве. И тогда у каждой машины стали ставить свой отдельный электродвигатель, как говорят — одиночный, или индивидуальный, привод.

У одиночного электропривода есть большие преимущества. Энергия к нему передается по проводам, которые можно легко провести в любое место. Поэтому станки с отдельными электродвигателями можно как угодно расставлять в цехе и, если нужно, легко и быстро переставлять их с одного места на другое. А в современном массовом, поточном производстве это очень важно. Для лучшей организации непрерывного потока изделий надо иметь возможность расставлять и переставлять станки в наиболее правильной последовательности операций. При приводе от трансмиссий это было, по существу, невозможно.

Интересно и тут проследить, как развивался одиночный электропривод. Развитие его состояло в том, что электродвигатель все более срастался с машиной. Вначале двигатель ставили еще отдельно — рядом с машиной. Движение от него сперва передавалось ремнем промежуточному валу (контрприводу) и уже от него — шкиву станка. Потом контрпривод оказался ненужным, и его выбросили: Движение стало передаваться от отдельно стоящего мотора

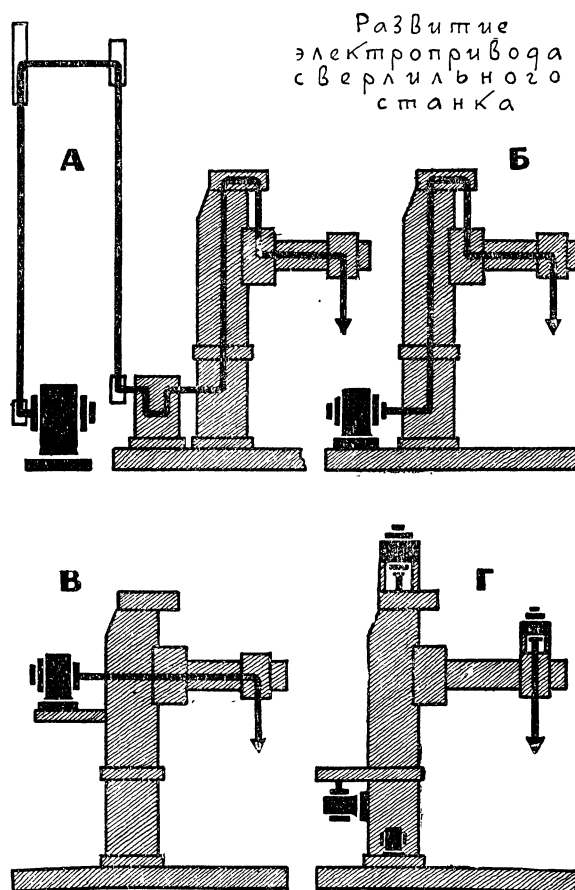


Рис. 326.

прямо к станку через ременную передачу. Позже ременную передачу заменили зубчатой, и электродвигатель еще больше приблизился к машине. Наконец, оказалось возможным ликвидировать и это промежуточное звено, и приводной вал машины стал непосредственным продолжением вала двигателя.

На примере сверлильного станка (рис. 326) видно, как электродвигатель все более срастался с машиной и как все более сокращался и выпрямлялся путь передачи энергии от двигателя к рабочим органам машины.

Электродвигатель сросся с машиной и стал ее органической составной частью. Такой привод называют встроенным электродвигателем. От этого срастания изменяется как машина, так и сам электродвигатель. Встроенный электродвигатель специализируют, приспособляют к требованиям той машины, частью которой он становится. Наша промышленность выпускает специаль-

Рождение новой, многодвигательной машины

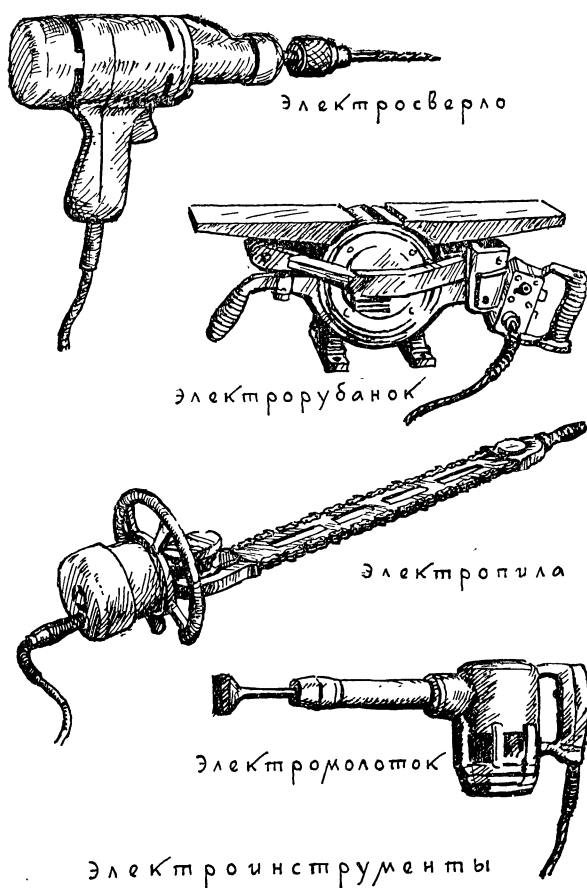


Рис. 327.

ные электродвигатели для металлорежущих станков, для текстильных машин, прокатных станков, подъемных кранов, врубочных машин и др.

Электродвигатель срастался не только с большими машинами, но и с небольшими механизмами и инструментами. На наших стройках, оснащенных новейшей техникой, вы увидите различные электрифицированные плотницкие инструменты: электромотки, электропилы, электрорубанки, электросверла, электродолбежники и др. (рис. 327). Небольшой электродвигатель встроен в самый корпус инструмента и непосредственно связан с его рабочей частью.

Советские инженеры создали также электробур для бурения глубоких нефтяных скважин. Электродвигатель сросся с буровым устройством и работает на большой глубине — иногда до 4000—5000 метров под землей,

Техника неуклонно идет вперед, и развитие электропривода машин продолжается. В наши дни новой и высшей ступенью его развития стала многодвигательная машина — машина не с одним, а с несколькими электродвигателями. От одиночного электродвигателя, приводящего в действие всю машину, развитие техники пошло в сторону такого привода, в котором каждая рабочая часть сложной машины приводится в движение своим отдельным электродвигателем. Это — одно из передовых направлений современного машиностроения. И в нашей стране развитие многодвигательных машин достигло выдающихся успехов.

Вот, например, шлифовальный станок, изготовленный на заводе имени Кирова. У него четыре электродвигателя. Один из них вращает шлифовальный круг. Другой вращает шпиндель станка и укрепленное на нем круглое изделие. Третий электродвигатель сообщает бабке станка с шлифовальным кругом поступательное движение (подачу) вдоль изделия. Наконец, четвертый двигатель приводит в действие насос, подающий охлаждающую жидкость.

Несколько электродвигателей работают и на экскаваторах (рис. 328), которые вы, вероятно, не раз наблюдали в действии. Электродвигатель 1 установлен на платформе экскаватора и приводит в действие лебедку, которая с помощью троса поднимает наполненный ковш. Электродвигатель 2 поворачивает всю верхнюю платформу экскаватора, а вместе с ней и его стальную стрелу с ру-

Многодвигательный экскаватор

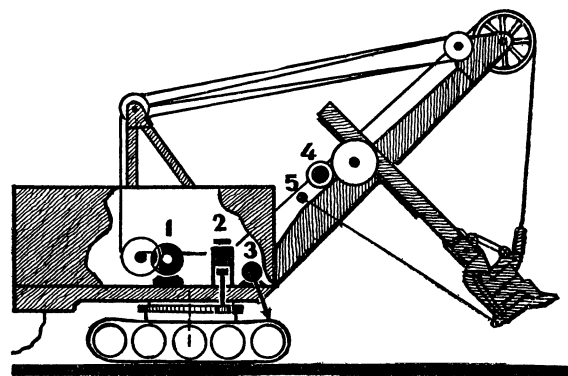


Рис. 328.

коятью и ковшом. Электродвигатель 3 приводит в движение гусеницы экскаватора, когда он передвигается с места на место. Электродвигатель 4 установлен на стреле и приводит в действие рукоять с ковшом, когда она выдвигается вперед и ковш зачерпывает землю.

В более мощных экскаваторах бывает еще специальный электродвигатель 5, открывающий и закрывающий дно ковша, когда из него высыпает землю.

Электрическое оборудование гигантского шагающего экскаватора еще гораздо сложнее. На нем работают два электродвигателя для подъема ковша, два электродвигателя механизма тяги ковша, два электродвигателя поворотного механизма, один электродвигатель стреловой лебедки, два электродвигателя масляных насосов механизма шагания... А всего более сорока различных электрических машин (двигателей и др.) общей мощностью около 700 киловатт.

Большая типографская ротационная машина, печатающая газеты и книги, имеет пятьдесят электродвигателей различной мощности — от сотен ватт до 30 киловатт. Печатные цилиндры каждой секции этой сложной машины приводятся в движение отдельными электродвигателями.

Перед нами вырисовывается совершенно новый тип машины. Мы с вами — современники и свидетели начала новой эры в развитии машиностроения. В самом деле, если каждая рабочая часть машины может приводиться в движение своим отдельным электродвигателем, то ведь отпадает надобность в многочисленных и сложных механизмах, которые в машинах прежнего типа передавали движение от общего двигателя ко всем частям машины. Если раньше движение к рабочим органам машины передавалось механическими средствами, то теперь энергия подводится к ним гораздо более простым и совершенным путем — по проводам, почти незаметно проложенным по корпусу машины. Это чрезвычайно упрощает конструкцию машины, облегчает управление ею и, что особенно важно, открывает гораздо более широкие возможности автоматизации машин.

Бурное развитие современного

производства требует все более сложных и совершенных машин, рабочие части которых должны выполнять разнообразные и согласованные движения. До перехода к многодвигательному приводу задачу эту решали механическими средствами — строили различные зубчатые и другие механизмы, преобразующие движение и передающие его шпинделю с изделием, суппорту с резцом, рабочему столу станка, отдельным веретенам прядильной машины и др. Машины обрастали множеством валов, зубчатых и других колес, рычагов и т. п. Конструкция машин неизбежно становилась все более сложной и громоздкой. Изготовление машин удорожалось. В передающих механизмах терялось много энергии на трение. Все это в особенности относится к сложным машинам-автоматам, столь характерным для нашего времени.

Но вот внутрь машины проникли элек-

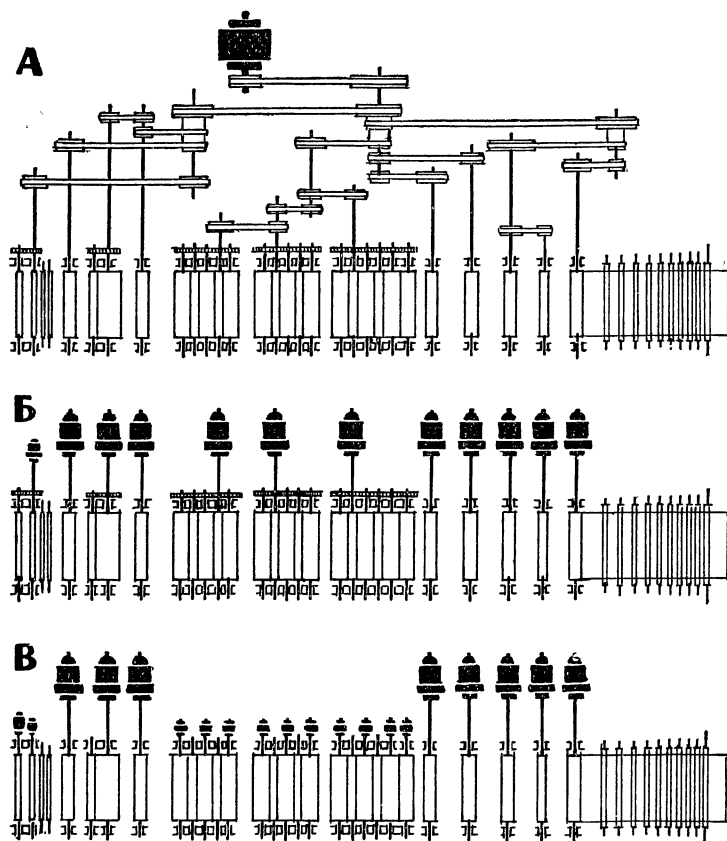


Схема
развития многодвигательной
бумагоделательной машины

Рис. 329.

тродвигатели, приводящие в движение ее отдельные части. От этого нужда в сложных и громоздких механических передачах уменьшается и постепенно отпадает. В самом деле, к чему строить эти сложные и дорогие механизмы, если шпиндель, суппорт, рабочий стол, веретена и др. могут получать движение непосредственно от отдельных электродвигателей.

Посмотрите рисунок 329. Как упростилось устройство огромной бумагоделательной машины! Бумажная масса движется сперва между валками прессов, отжимающих из нее воду. Потом она проходит сушильную часть машины, состоящую из десятков цилиндров, нагреваемых горячим паром. Наконец, бумажная лента проходит через каландр — блестящие, как зеркало, цилиндры, которые делают ее плотной и гладкой. Таким образом, машина представляет собой как бы сложный ряд вращающихся валков и цилиндров различного назначения. Раньше все они приводились в движение от одного общего мощного электродвигателя (рис. 329, А). Вы видите, что для этого нужна была очень сложная цепь передающих механизмов. Переход к многодвигательному приводу чрезвычайно упростил машину. Правда, сперва целые группы цилиндров (рис. 329, Б) вращались общими двигателями, отчего некоторые механические передачи еще оставались. Но впоследствии отказались и от них, и каждый цилиндр стал получать движение от отдельного двигателя (рис. 329, В).

Так же упростилось устройство и многодвигательной прядильной машины. Если в машине прежнего типа все ее десятки и сотни веретен получают движение от общего двигателя через сложную систему механических передач, то в этом новом типе машины каждое веретено имеет свой небольшой электродвигатель (мощностью всего 50—200 ватт) и получает вращение непосредственно от него, так что нужда в сложных передающих механизмах отпала. У нас есть прядильные машины, имеющие по несколько сот таких электроверетен.

Переход к многодвигательному приводу дает большие преимущества. Испортилось, скажем, одно из десятков и даже сотен веретен. Для его ремонта не надо останавливать всю машину, отчего десятки исправных веретен простаивают зря. В новой машине можно выключить для ремонта любое элек-

троверетено в отдельности, в то время как остальные будут работать.

Многодвигательный привод коренным образом перестраивает машину. Но он предъявляет новые требования и к электродвигателям. Они тоже перестраиваются. Электродвигатель все более сближается с рабочими органами машин и срastaется с ними в единое целое.

Рассмотрим ближе электроверетено. Вы, вероятно, знаете, что каждый электродвигатель состоит из двух главных частей: неподвижной части — статора и вращающейся части — ротора. У электродвигателя, вращающего веретено, ротор органически сросся с телом веретена и образовал с ним

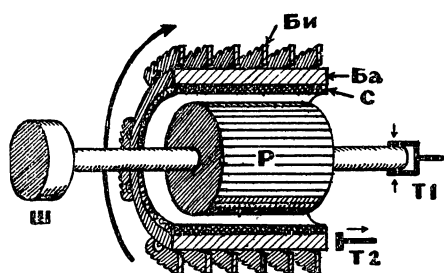


Рис. 330.

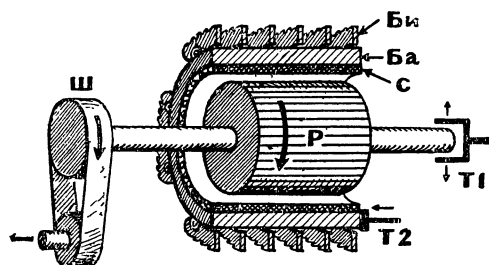
одно целое. Статор же сросся с подшипниками, в которых вращается веретено.

В роликах транспортера, подающего изделия от одного станка к другому, электродвигатели претерпели еще более глубокое превращение (рис. 330). Ведь обычно в электродвигателях статор расположен снаружи, а ротор внутри. А посмотрите, что произошло здесь. Статор и ротор как бы поменялись местами — ротор этого необыкновенного электродвигателя вращается вокруг статора. При этом ротор его сросся в одно целое с телом ролика. А статор превратился в неподвижную ось, вокруг которой вращается ролик.

А вот еще интересный случай сращения электродвигателя с рабочими частями машины. Это электродробилка для размельчения кормового зерна (рис. 331). Ротор *P* находится здесь внутри, а статор *C* окружает его снаружи. Он сросся с барабаном дробилки *Ба*, на поверхности которого укреплены била *Би*, дробящие зерно. Чтобы машина работала как дробилка, надо тормозом *T1* затормозить ротор *P* так, чтобы он не мог вращаться и оставался неподвижным. Тогда электромагнитные силы приводят в движение статор *C*, который на шарикоподшипниках может вращаться вокруг заторможенного ротора. А вместе со статором вращается барабан *Ба* с билами *Би*. Ротор



Дробилка работает:
статор вращается,
ротор заторможен
Рис. 331.



Дробилка не работает:
статор заторможен,
ротор вращается

Рис. 332.

электродвигателя, в сущности, становится статором, а статор — ротором.

Но на колхозной ферме дробилка работает лишь час или два в сутки. Чтобы использовать ее электродвигатель и в остальное время, статор *С* с барабаном дробилки затормаживают тормозом *T2* и делают неподвижным (рис 332). Ротор же *Р*, наоборот, растормаживают, чтобы он мог свободно вращаться. И теперь силы электромагнитного взаимодействия между статором и ротором заставляют вращаться ротор *Р*, а с ним и шкив *Ш*, от которого ремень передает движение какой-нибудь другой сельскохозяйственной машине.

Вернемся к многодвигательному приводу. Он все больше внедряется в машины, перестраивает их и поднимает на новый, более высокий уровень. Не думайте, однако, что это новое и передовое достижение техники прокладывает себе путь беспрепятственно, не встречая трудностей. На пути всего нового встречаются трудности, которые надо преодолевать. Есть они и в этом деле, и перед дальнейшим прогрессом техники стоит немало еще не решенных задач.

В работе многих машин большое значение имеет точное регулирование скорости. Обработка разных изделий требует различной скорости движения рабочих частей машины. Управляя машиной, рабочему нередко приходится переключать скорость с большей на меньшую или наоборот.

А между тем у многих современных электродвигателей, при всех их отличных качествах, еще недостаточно хорошо регулируется скорость вращения. Есть, правда, двигатели постоянного тока (шунтовые), скорость которых можно изменять плавно и в широких пределах, что как раз и нужно в работе производственных машин. Но применение этих двигателей в машинах более сложно и обходится дороже. Ведь современные электростанции вырабатывают переменный ток, и для питания двигателей постоянного тока приходится устанавливать специальные устройства (выпрямители), превращающие переменный ток в постоянный. Двигатели же переменного тока (асинхронные), которые гораздо проще и широко применяются в промышленности, дают лишь очень небольшое число скоростей (всего две — четыре скорости).

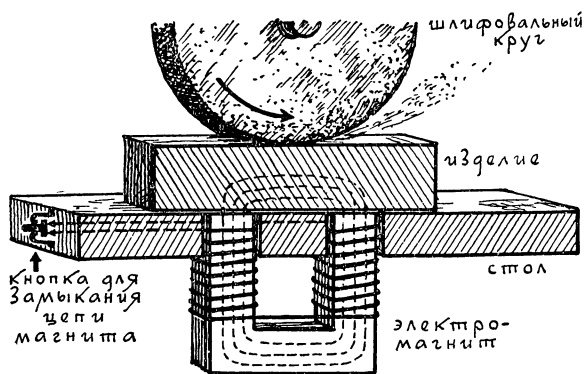
Перед творческой мыслью изобретателей стоит интересная задача: усовершенствовать способы регулирования скорости электродвигателей. А пока в многодвигательных машинах надо еще сочетать электродвигатели с механическими способами регулирования скоростей. Между двигателем и рабочим органом машины приходится сохранять прежнюю коробку скоростей. Вполне освободиться от механических передач пока не удастся. Но затруднение это временное. Можно не сомневаться, что многоскоростные электродвигатели будущего с широким, плавным и простым регулированием скорости срастутся с рабочими органами машин и машины еще больше освободятся от механических передач.

Перед нами вырисовывается электрифицированная машина будущего, у которой от прежней механической машины останутся ее опорный остов (станина) и рабочие органы, непосредственно обрабатывающие изделия и совершающие нужные для этого движения. Во всем остальном механические части заменятся электрическими устройствами — компактными, внешне часто даже малозаметными, но таящими в себе огромные и совершенно новые возможности дальнейшего развития машин.

Машины все более электрифицируются

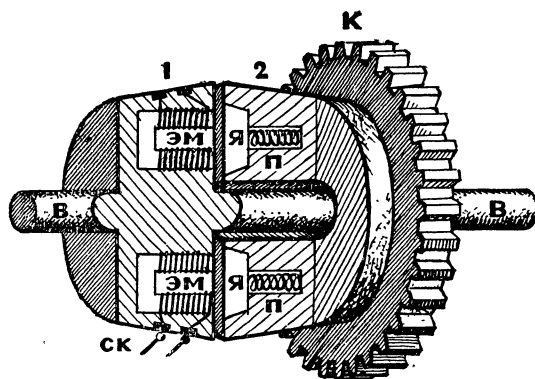
В новых, электрифицированных машинах применяются не только электродвигатели, но и многие другие электротехнические устройства. Большую пользу приносят в них, например, электромагниты. В шлифовальных станках вы встретите электромагнитные столы для установки и закрепления обрабатываемых изделий. Электромагниты вделаны внутрь стола и направлены полюсами к его поверхности (рис 333). На обыкновенных, прежних столах станков изделия приходилось закреплять различными механическими способами (болтами и проч.). На это обычно тратилось много времени. На электромагнитном же столе достаточно положить стальное изделие и нажать кнопку, замыкающую цепь. Ток пойдет в обмотки электромагнита, и он в тот же миг с большой силой притянет изделие и будет крепко и надежно держать его в течение всей обработки.

Применяются в машинах и электромагнитные сцепные муфты. Стоит рабочему нажать кнопку и замкнуть электрическую цепь, как муфта в тот же миг крепко соединит концы двух валов и нужные части машины придут в движение. Но вот рабочий нажимает другую кнопку и размыкает цепь — муфта тотчас расцепляет валы и передача движения прекращается. Но сцепление и расцепление электромагнитной муфты могут происходить и без всякого участия человека: действием автоматических устройств, которые, когда надо, замыкают или размыкают контакты электрической цепи муфты.



Электромагнитный стол станка

Рис. 333.

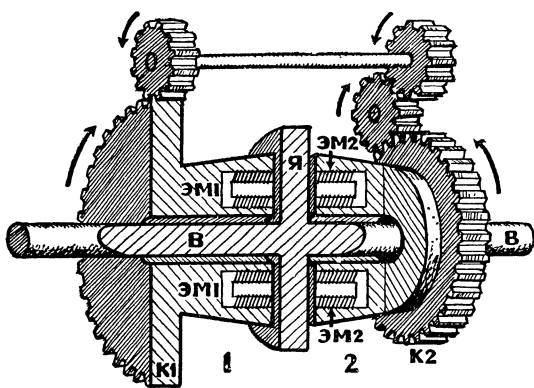


Электромагнитная сцепная муфта

Рис. 334.

Рассмотрите на рисунке 334 принцип действия такой муфты. Она состоит из двух частей: ведущей 1 и ведомой 2, которые можно сцеплять или расцеплять. Ведущая часть наглухо связана с валом В, от которого передается движение. Ведомая же часть муфты соединена с зубчатым колесом К, передающим движение дальше. При этом ведомая часть муфты 2 и колесо К свободно сидят на валу В и вращаются отдельно от него. В ведущей части муфты находятся электромагниты ЭМ, в обмотки которых подводится ток (так как муфта вращается, то передавать ток в нее приходится через скользящие контакты). В ведомую часть муфты вделаны якоря Я, которые притягиваются электромагнитами. Когда цепь электромагнитов замкнута и в них поступает ток, магниты притягивают якорь, ведущая и ведомая части муфты с большой силой прижимаются одна к другой, и движение от вала В через муфту передается колесу К. Когда же цепь электромагнитов разомкнута и тока в их обмотках нет, магниты отпускают якоря (их оттягивают пружины П), обе части муфты расцепляются, и движение через них больше не передается. Вал В и ведущая часть муфты 1 вращаются, а ведомая часть муфты 2 и колесо К останавливаются.

На рисунке 335 показана схема более сложной муфты для изменения направления вращения вала. Постарайтесь сами разобраться в ее действии. Вал В здесь ведомый. С ним наглухо связан диск Я, который служит якорем для электромагнитов ЭМ1 и ЭМ2, расположенных по обе стороны диска. Муфта имеет две ведущие части 1 и 2, которые свободно вращаются на валу В



Электромагнитная муфта для изменения направления движения

Рис. 335.

и получают движение от зубчатых колес $K1$ или $K2$. Оба эти колеса вращаются двигателем, но одно из них прямо, а другое через паразитную шестерню. Посмотрите, как надо замыкать и размыкать цепи электромагнитов, чтобы изменять направление вращения вала B .

Вы уже знаете, какую большую роль играют в новых машинах гидравлические устройства, заменяющие металлические механизмы. И здесь оказались полезными как электродвигатели, так и электромагниты. Электродвигателями вращаются масляные насосы гидравлических передач. Это открывает путь к многодвигательному приводу. Слишком сложную общую гидравлическую систему всей машины лучше разделить на части и заменить несколькими отдельными устройствами, например для движения стола, для подачи шлифовального круга и его вращения. При этом каждое из гидравлических устройств должно иметь свой отдельный электродвигатель.

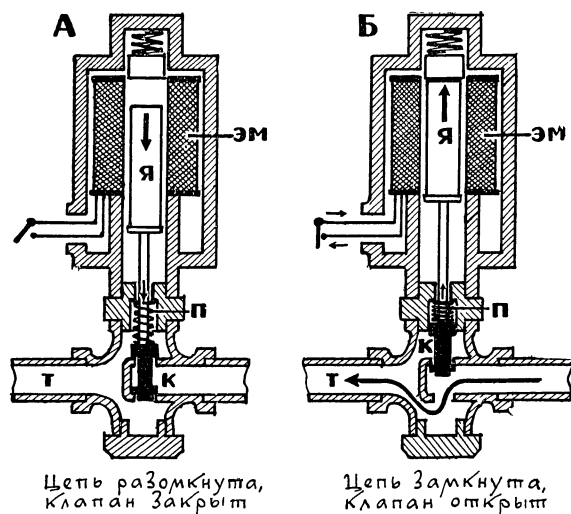
В автоматических поточных линиях работает иногда несколько десятков гидравлических устройств, имеющих отдельные электродвигатели. Электрическое управление дает возможность согласовать их работу в одно связанное целое.

В гидравлических передачах нашли свое место и электромагниты. Вы помните, какое большое значение в этих передачах имеют различные клапаны и золотники, управляющие движением жидкости по сложной системе труб. Электромагниты открывают и закрывают эти клапаны или перемещают золотники из одного положения в другое. Когда, например, электромагнит $ЭМ$ втяги-

вает свой якорь $Я$ (рис. 336), он тянет за собой стержень и открывает клапан $К$. Пусть какое-либо автоматическое устройство машины замкнуло электрические контакты и в электромагнит поступил ток. Магнит открывает клапан, и жидкость (масло) начинает течь по трубе T в рабочий цилиндр стола, который от этого приходит в движение. Когда же автоматическое устройство разомкнет контакты цепи, ток в электромагните прекратится, и магнит перестанет притягивать свой якорь. Тогда противодействующая пружина $П$ снова закроет клапан $К$, течение масла по трубе T в рабочий цилиндр прервется, и стол станка автоматически остановится.

Но как происходит автоматическое замыкание контактов электрических цепей в нужные моменты движения стола или какой-нибудь другой части машины?

В электрифицированных машинах вы часто встретите одно, по сути довольно простое, но очень важное автоматическое устройство. Это путевые выключатели и переключатели. На пути движения какой-нибудь части машины — скажем, стола станка или суппорта с инструментом — в определенном месте устанавливаются электрические контакты. Дойдя до этого места, стол или суппорт сам замыкает или размыкает эти контакты (рис. 337). От этого срабатывают электрические автоматические устройства, и стол станка или его суппорт немедленно останавливается или начинает дви-



Цепь разомкнута, клапан закрыт

Цепь замкнута, клапан открыт

Гидравлический клапан с электромагнитом

Рис. 336.

гаться назад. В других случаях автоматически изменяется скорость их движения и проч.

Путевой выключатель, или переключатель, можно переносить с одного места станка на другое. От этого стол станка или суппорт будет совершать больший или меньший путь, в зависимости от длины обрабатываемого изделия.

В работе сложных машин необходимо также принять меры к тому, чтобы их движущиеся части, например суппорты, не могли столкнуться и удариться одна о другую. Ведь при таком столкновении могут произойти серьезные поломки. Для автоматической защиты от этого тоже применяются путевые выключатели. Такой выключатель, поставленный в нужном месте, не допустит столкновения частей машины. Движущиеся части сами замкнут его контакты, и автоматическое устройство вовремя остановит их, если они слишком приблизятся одна к другой. Такое устройство называется блокировкой.

В более сложных автоматических устройствах в разных местах машины устанавливают несколько переключателей. Инструмент, например, быстро приближается к изделию. Но как только он подойдет к нему на близкое расстояние, суппорт замыкает контакты переключателя, и большая скорость холостого хода автоматически сменяется меньшей скоростью рабочего движения. Но как только инструмент прой-

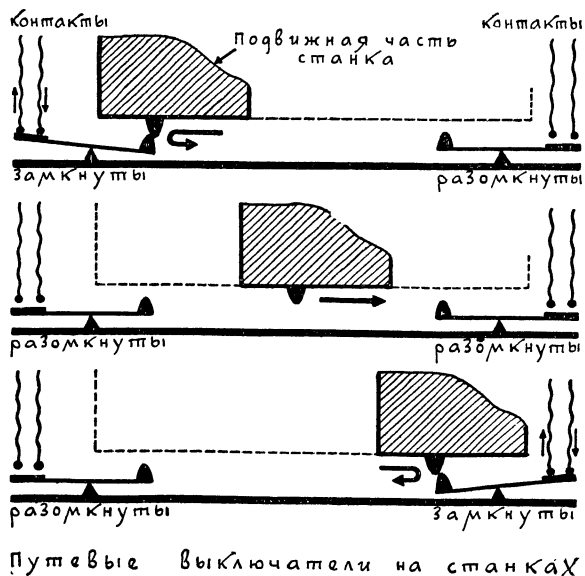


Рис. 337.

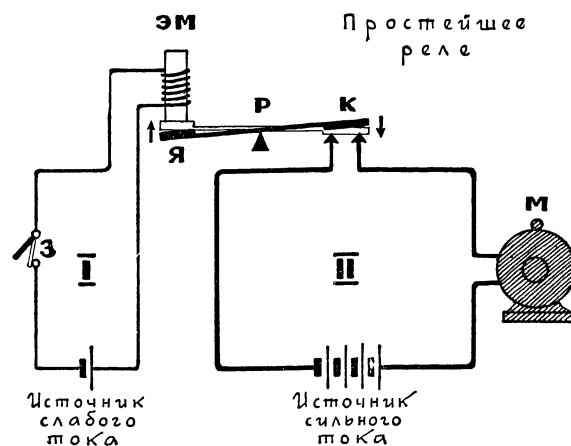


Рис. 338.

дет вдоль всего изделия и закончит свою работу, суппорт замкнет контакты нового переключателя, и автоматическое устройство вызовет быстрый отход инструмента в обратную сторону.

В работе электрифицированных машин-автоматов большое значение имеет еще одно замечательное электрическое устройство, так называемое реле. Оно дает возможность очень удобно управлять многими автоматическими механизмами — вернее, позволяет создавать такие устройства, которые сами управляют своей работой. При этом реле дает возможность управлять мощными механизмами, их электродвигателями и др. с помощью слабых токов, что во многих случаях очень важно.

На рисунке 338 показана простейшая схема реле. Вы видите на ней две электрические цепи: I и II. С помощью первой цепи управляют второй. В первой цепи проходит очень слабый ток, а во второй — сильный, питающий, например, электродвигатель М. Первую цепь можно замкнуть в месте З разными способами, например путевым выключателем, установленным в нужном месте машины. От этого сработает электромагнит ЭМ. Он притянет свой якорь Я, а от этого рычаг Р замкнет контакты К во второй цепи сильного тока. Электродвигатель М получит ток, начнет работать, и это приведет в действие автоматический механизм.

Контакты второй цепи реле можно сделать и так, чтобы электромагнит первой цепи не замыкал, а, наоборот, размыкал их. Подумайте сами и нарисуйте схему такого реле.

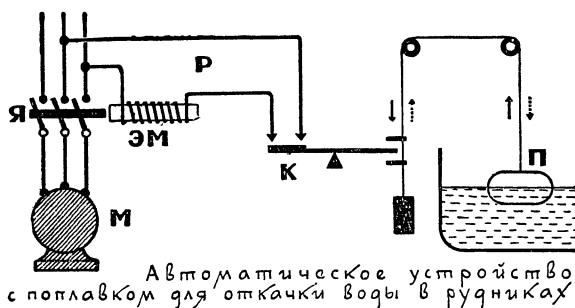


Рис. 339.

Реле дало возможность осуществить множество автоматических процессов в самых разных производствах. Вот, например, в шахте, глубоко под землей, установлен насос для откачивания воды. Вода там все время подтекает, и, когда ее скопится слишком много, насос должен начать действовать и откачивать эту воду. Благодаря релейному устройству это делается без всякого участия человека.

Рассмотрите схему на рисунке 339. На поверхности воды плавает поплавок *П*. Нить от него, перекинутая через блоки, передвигает рычаг и замыкает или размыкает контакты *К*. Пока воды скопилось еще мало и ее уровень не превышает дозволенного, контакты *К* остаются незамкнутыми. Поэтому в цепи реле *Р* тока нет и электромагнит *ЭМ* не притягивает. Его якорь *Я* и электродвигатель насоса *М* отключены — насос не работает. Но как только уровень воды поднимется выше дозволенного, поднимется и поплавок, и контакты *К* автоматически замкнутся. В цепи реле пойдет ток, электромагнит сработает и притянет свой якорь. А это включит электродвигатель, и насос автоматически начнет откачивать воду. Но вот уровень воды и поплавок опять опустились — контакты снова разомкнутся, электромагнит лишится тока, отпу-

стит якорь, а от этого автоматически отключится электродвигатель, и насос снова остановится.

Мы видели, какое большое значение в машинах имеют центробежные регуляторы скорости. Их тоже можно электрифицировать и заставить приводить в действие автоматическое устройство (реле), отчего регулирование скорости будет более чувствительным и совершенным, чем в механических центробежных регуляторах (рис. 340). Когда шары регулятора при слишком возросшей скорости разойдутся в стороны, муфта *М* поднимется по валу *В* вверх и замкнет контакты *К*. Они замкнут цепь реле, и автоматическое устройство в ответ на это на время отключит электродвигатель. Но как только скорость уменьшится, шары регулятора приблизятся к оси, муфта *М* опустится и разомкнет контакты реле — двигатель опять заработает. Контакты реле можно замыкать или размыкать самыми различными способами — в зависимости от особенностей того или другого производства.

„Видящие“ машины

Развитие электротехники неуклонно идет вперед. Создаются всё новые и всё лучшие электрические приборы и аппараты. А на основе этого совершенствуется и электрификация машин.

Новой и более высокой ступенью развития электротехники в настоящее время являются сложные электронные и ионные приборы, в которых электрический ток в виде потока мельчайших заряженных частиц (электронов или ионов) проходит в пространстве с очень разреженным воздухом. Приборы эти обладают многими ценными качествами. Оказалось, что таким потоком электронов или ионов можно легко и удобно управлять. Вводя эти приборы в сложные электрические цепи, удалось построить разнообразные и совершенные автоматические устройства.

Мы остановимся лишь на одном из этих замечательных приборов — на фотоэлементе, или, как его часто называют, электрическом «глазе».

Известный русский физик А. Г. Столетов и другие ученые открыли и изучили интересное физическое явление. Если освещать лучами света некоторые вещества, поверхность их выбрасывает электрически заря-

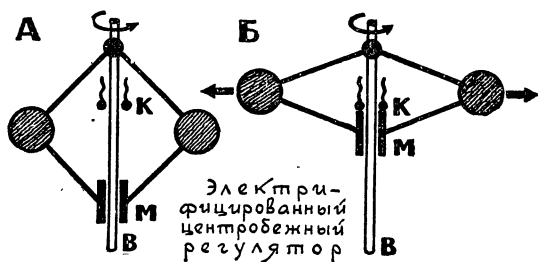


Рис. 340.

женные частицы (электроны). А если поместить это вещество в электрическом поле так, чтобы оно было одним из электродов (катодом), выброшенные им отрицательно заряженные частицы будут двигаться к другому электроду (аноду), то есть образуется электрический ток. Значит, действие света может вызывать электрический ток. Лучистая энергия может превращаться в электрическую.

На основе открытия этого физического явления был изобретен прибор фотоэлемент.

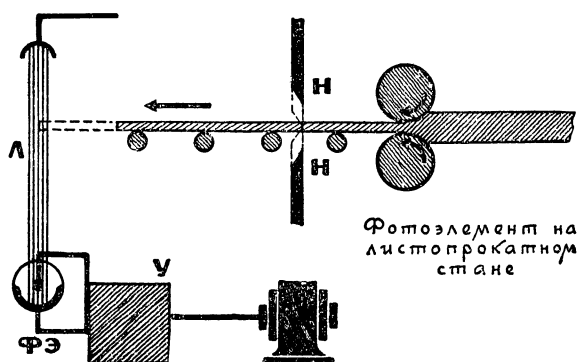


Рис. 341.

В закрытой колбе, из которой удален воздух, помещены два электрода (— и +). К ним подведены концы электрической цепи. Отрицательный электрод (катод) покрыт слоем светочувствительного вещества, которое от действия лучей света испускает электроны. Пока фотоэлемент не освещен, тока в цепи нет, но как только на него попадет луч света, ток появляется. Усиленный дополнительными приборами, он может приводить в действие различные устройства. Это и нашло широкое применение в современной автоматике.

Перед конструкторами машин-автоматов встала новая задача: ввести в цепь их механизмов фотоэлектрическое звено, приводимое в действие лучом света. Творческая изобретательность конструктора состоит здесь в том, чтобы в тех или других производственных процессах найти способы перевести их, так сказать, на язык световых лучей, приводящих в действие электрические автоматические устройства.

Вот как, например, работает фотоэлемент на мощном листопрокатном стане (рис. 341). Из валков стана выходит прокатанный лист металла в виде длинной сплошной полосы. Перед станом стоят авто-

матические ножницы *Н*, которые должны разрезать эту полосу на листы строго определенной длины. Эти ножницы и приводит в действие фотоэлемент *ФЭ*. На определенном расстоянии от стана путь движущейся полосы металла пересекает узкий пучок света *Л*, направляемый небольшим прожектором и попадающий на фотоэлемент. Пока прокатанная полоса металла не доходит до этого места, фотоэлемент освещен. Автоматический аппарат с электрическим «глазом» и усилителем *У* устроен так, что ножницы в это время остаются неподвижными. Но как только конец полосы дойдет до этого места, он пересекает световой луч, и тогда ток в цепи фотоэлемента прекращается. В то же мгновение срабатывает автоматическое устройство, приводящее в действие ножницы, и они отрезают лист металла заданной длины.

Этот принцип пересечения светового луча движущимися частями машин или другими предметами оказался очень удачным и нашел разнообразное применение в машинах.

При обслуживании быстроходных прессов, например, очень опасно, если рука рабочего по его неосторожности попадет под пресс. Чтобы предотвратить возможность несчастных случаев, опасная зона прессы ограждается световым лучом, направленным на электрический «глаз». И как только рука рабочего приблизится к опасному месту и пересечет этот луч света, пресс мгновенно остановится. Электрический «глаз» поставлен здесь на службу технике безопасности.

В других случаях он выполняет функции точного автоматического контролера, проверяющего размеры обрабатываемых изделий. При обработке на шлифовальных станках требуется особенно высокая точность — до 0,001 миллиметра. Раньше рабочему приходилось по несколько раз останавливать станок, чтобы измерять диаметр изделия. Электрический «глаз» на ходу (без остановки) контролирует размер изделия и в нужный момент автоматически прекращает шлифование. Как это делается?

Точнейший измерительный прибор (миниметр) имеет две щели: одну неподвижную, сделанную в его корпусе, а другую подвижную — в специальном флажке, который прикреплен к поворачивающейся стрелке прибора. Через обе эти щели может проходить луч света, направленный на фотоэлемент. Но пока нужный размер изделия не

достигнут, эти две щели не совпадают. Поэтому луч света через них не проходит и не освещает фотозлемент. Станок продолжает работать. Когда же изделие достигнет нужного размера, стрелка измерительного прибора с флажком повернется настолько,

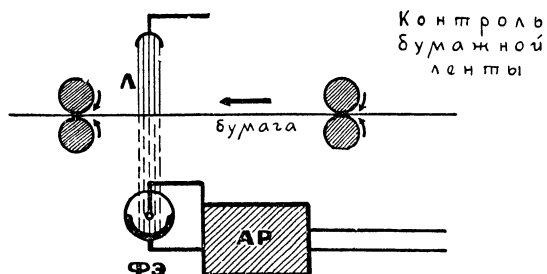


Рис. 342.

что обе щели (неподвижная и подвижная) окажутся одна против другой. Луч света пройдет через них, попадет на электрический «глаз», и автоматическое устройство прекратит шлифование.

Есть фотоэлектрические устройства и более сложного, пропорционального действия. Чем сильнее они освещаются, тем больший ток идет в цепи. Такой электрический «глаз» может различать малейшие изменения в интенсивности и яркости света. Это открывает новые возможности автоматизации производственных процессов.

Например, в работе машин, изготавливающих бумагу, важно обеспечить равномерную плотность бумажной ленты. Судить же о плотности бумаги можно по ее большей или меньшей прозрачности. Это дает возможность ввести в работу машины фотоэлектрическое звено (рис. 342). С одной стороны от движущейся бумажной ленты помещается прожектор, направляющий луч L света, а по другую сторону — фотозлемент $ФЭ$, освещаемый этим лучом. Таким образом, луч света проходит через бумагу, просвечивает ее — и на фотозлемент попадает свет большей или меньшей силы, в зависимости от плотности и прозрачности бумаги. Если плотность ее становится меньше нормальной и бумага делается более прозрачной, через нее проходит больше света — фотозлемент освещается сильнее, и в цепи возникает более сильный ток. В ответ на это автоматический регулятор $АР$ воздействует на аппарат, приготовляющий бумажную массу, и нормальная плотность бумаги восстанавливается.

На основе фотозлемента созданы и гораздо более сложные автоматические машины — копировальные фрезерные станки, которые сами «читают» чертежи и по ним изготавливают изделия различной формы. Говоря о гидравлических передачах, мы уже встречались с копировальными станками, фрезерующими детали по шаблонам. Но в них копирование формы производилось механическим способом. Дальнейшее развитие автоматических машин привело к еще более совершенным способам копирования с помощью электрических устройств, в том числе и с помощью фотозлемента. Именно электрический «глаз» дал возможность создать копировально-фрезерные автоматы, работающие по чертежам.

Чертеж изделия, вычерченный толстыми черными линиями, устанавливается на станке, и его линии освещаются сконцентрированным пучком света. Отраженный от чертежа, свет направляется на электрический «глаз», а тот приводит в действие автоматическое устройство станка. Фотозлемент находится на подвижном следящем устройстве, которое перемещается вдоль линий чертежа. А электрические передачи вызывают такое же движение суппортов станка с инструментами. Они в точности копируют движение по чертежу следящего устройства, и поэтому инструменты (фрезы) придают изделию такую же форму, которая изображена на чертеже.

Как же действует следящее устройство с электрическим «глазом»? Пучок света направляется на чертеж так, что попадает на край толстой черной линии чертежа. (рис. 343). На фотозлемент попадает свет, отраженный от белого поля чертежа, гра-

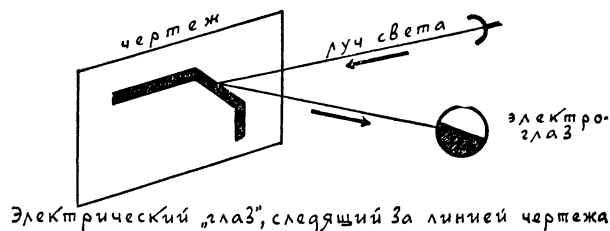


Рис. 343.

ничающего с линией. Поэтому поле фотозлемента освещается наполовину. Другая его половина, соответствующая самой черной линии чертежа, остается неосвещенной.

Пока линия чертежа идет прямо, следящий за ней электрический «глаз» получает

нормальное половинное освещение и также движется прямо, вдоль линии. Но как только линия чертежа искривляется, нормальное половинное освещение фотоэлемента нарушается: он получает света больше или меньше нормы. Тогда специальное автоматическое устройство соответственно изменяет движение электрического «глаза». Изменение это, в сущности, направлено на то, чтобы восстановить нормальное (половинное) освещение фотоэлемента, то есть чтобы на него по-прежнему попадал луч света, отраженный от края линии чертежа. Но ведь это и приводит к тому, что следящее устройство с электрическим «глазом» все время движется вдоль линии чертежа, следя за всеми ее искривлениями.

Станок имеет два суппорта с режущими инструментами (фрезами), из которых один движется вертикально, а другой — горизонтально. Различные сочетания этих двух движений дают возможность фрезеровать любую форму поверхности изделия, соответствующую линиям чертежа. Каждый суппорт имеет свой электродвигатель. Автоматически управляя ими, электрическая система станка и вызывает движения обоих суппортов, копирующие линии чертежа.

Электрическое „сердце“ машины

В сложных машинах нужна централизация управления работой их многочисленных частей. «Сердцем» многих машин-автоматов является их центральное распределительное устройство. В предыдущей главе мы видели, что при механической автоматике таким устройством служит распределительный кулачковый вал машины. В электрифицированных же машинах и здесь механические средства уступают место новым и более совершенным — электрическим. Центральным органом машины становится электрическое распределительное устройство — командо-контроллер, сложный переключатель в виде вращающегося барабана (рис. 344).

Такой барабанный контроллер стоит на передней площадке каждого трамвая. Многие из вас видели, как вагоновожатый, поворачивая рукоятку, переключает электрические цепи двигателей и этим трогает трамвай с места, изменяет его скорость, останавливает или дает задний ход. Но в

трамвае барабан командо-контроллера поворачивают от руки, а в машинах-автоматах он поворачивается сам и производит нужные переключения цепей.

При повороте на тот или другой угол командо-контроллер замыкает или размыкает контакты различных электрических цепей, управляющих работой тех или других частей машины. Контакты эти расположены по окружности барабана так, что, поворачиваясь на небольшой угол, барабан

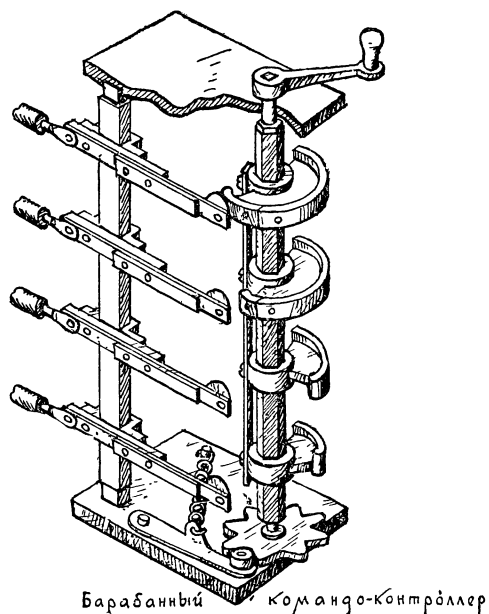


Рис. 344.

замыкает контакты одной цепи; поворачиваясь дальше, он замыкает контакты другой цепи и т. д. Это дает возможность производить сложные переключения при электрическом управлении машиной-автоматом.

Вспомните, например, автоматический процесс изготовления болта, с которым мы подробно познакомились в предыдущей главе. Там этим процессом управлял механический кулачковый вал. А теперь пусть этим же процессом управляет «электрический распределительный вал» — командо-контроллер. Обработка болта, как мы видели, состоит из таких операций: черновой обточки, чистовой обточки (и одновременно — подрезки фасонным резцом), нарезки винтовой резьбы и, наконец, отрезки готового изделия. При повороте на первый, небольшой угол барабан командо-контроллера

лера замыкает контакты, включающие черновую обточку. При повороте еще на некоторый угол он размыкает контакты этой первой операции и замыкает новые контакты, включающие следующую операцию — чистовую обточку. Одновременно с этим командо-контроллер замыкает и еще одни контакты, включающие подрезку фасонным резцом. При дальнейшем повороте барабана командо-контроллер выключает эти выполненные операции и включает следующую — нарезку винтовой резьбы. Еще один, последний поворот барабана — и замыкаются контакты цепи, включающей отрезку готового болта.

Так за один полный оборот барабана командо-контроллера совершаются все последовательные операции по обработке данного изделия, проходит весь рабочий цикл машины. Понятно, что вращается барабан очень медленно. При этом время замыкания различных контактов должно быть точно размерено — ведь каждая операция продолжается определенное время. И следующая операция должна начаться лишь тогда, когда закончится предыдущая. В разных системах контроллеров это достигается различными способами.

Устройство и действие командо-контроллеров сложно, и мы даем лишь самое общее представление об их основном принципе. К тому же они бывают разных типов. В производственных машинах-автоматах часто применяются кулачковые командо-контроллеры (рис. 345 и 346). На вращающемся валу насажен целый ряд кулачков, выступы которых направлены в разные стороны. На первый взгляд это напоминает распределительный вал механического автомата. Однако сущность действия здесь иная. При вращении вала выступы кулачков замыкают или размыкают контакты электрических цепей, управляющих различными частями машины. Последовательность и время замыкания различных контактов зависит от того, в какие стороны направлены выступы тех или других кулачков. При этом кулачки устанавливаются с точно рассчитанными углами между их выступами. От этого зависит время каждой операции. Здесь интересно то, как старый принцип кулачка, родившийся в механике, принял на себя выполнение совершенно новых, электротехнических задач.

Итак, на смену распределительному валу механических автоматов приходит электрический распределительный вал —

командо-контроллер. Заметили ли вы важное различие между ними? Механический кулачковый вал не только управляет работой частей машины — на нем лежит и непосредственная передача им движения и энергии через толкатели и другие механизмы. Электрический же распределительный вал энергии не передает — он только управляет машиной, замыкая контакты электрических цепей. Энергию же части машины (их электродвигатели и др.) получают по питающим проводам. То, что центральное управляющее устройство разгрузилось от передачи больших мощностей, сделало возможным гораздо более сложное, тонкое и совершенное управление автоматами.

Большое значение имеют тут знакомые уже нам реле. Командо-контроллер замыкает или размыкает контакты их очень чувствительных цепей слабого тока. А реле уже замыкает или размыкает цепи сильного тока, питающие электродвигатели и приводящие в движение различные части машины.

Мы видели, что современная передовая техника не ограничивается автоматизацией отдельных машин, а переходит к автоматическим системам из многих машин — к поточным линиям, цехам и заводам-автоматам. Здесь тоже электрические средства автоматики играют решающую роль. Было бы невозможным автоматизировать целую систему машин, не устанавливая электрической связи между ними. Сложные электрические устройства сочетают работу многих различных машин. Они управляют транспортировкой потока изделий от одной

Принцип кулачкового командо-контроллера

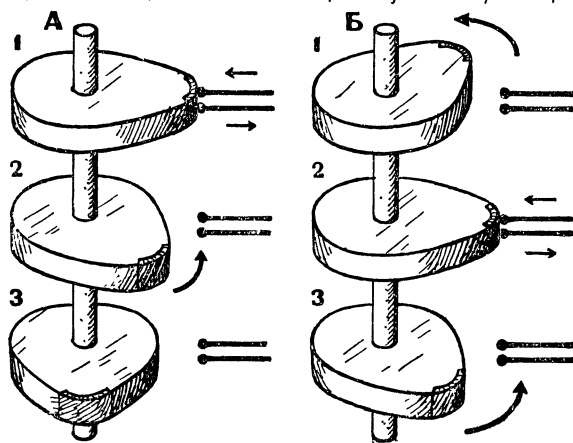


Рис. 345.

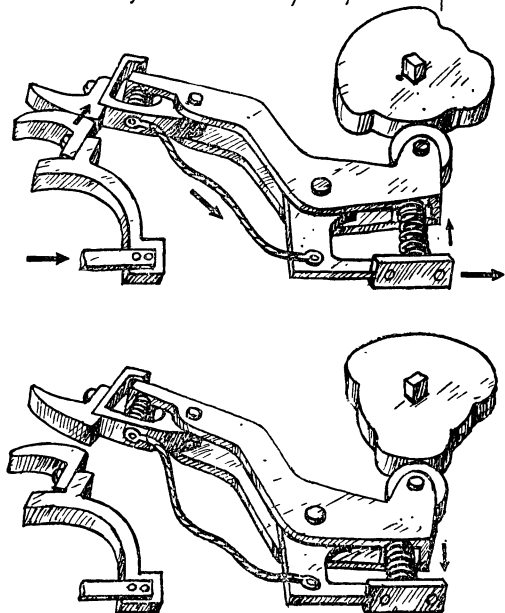


Рис. 346.

машины к другой, контролируют правильность работы по всей линии и обеспечивают бесперебойное движение потока.

Большое значение имеет при этом телемеханика — управление и контроль на расстоянии. В отдельном кабинете за пультом управления сидит инженер-диспетчер. По проводам к нему поступают сведения-сигналы о состоянии и работе всей системы машин. Нажимая кнопки, он посылает по проводам электрические импульсы-приказы, управляющие работой всех машин и аппаратов. Понятно, что это возможно только на основе электрических средств управления.

На заводе-автомате, изготовляющем поршни, с диспетчерского пульта производится наблюдение за ходом всего процесса производства. Сюда по электрическим проводам автоматически поступают данные о рабочем состоянии каждого агрегата. Перед диспетчером на панели изображен план размещения оборудования всего завода, и на нем условная световая сигнализация показывает, как работают печи, станочная линия, контрольные аппараты и др.

Пока все в порядке, горят зеленые лампочки. Но как только где-нибудь произойдет неполадка или заминка, вспыхивает красный сигнал, и обслуживающий персонал спешит устранить помеху. На пульт управления поступают также данные автоматического учета запаса металла на складе, количества поршней, обработанных на отдельных агрегатах, сведения о числе забракованных поршней и, наконец, о готовой продукции завода.

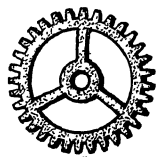
* * *

Вы видите, какое большое значение имеют электрические устройства в развитии современных машин, в особенности самодельствующих и самоуправляющихся машин-автоматов. А ведь мы познакомились только с некоторыми, наиболее простыми из этих устройств. В сравнении с механическими средствами средства электрической автоматики куда более богаты, совершенны и многообразны. И они открывают несравненно большие возможности для развития автоматической техники.

Наша Родина идет по пути неуклонного технического прогресса. Шестая пятилетка развития народного хозяйства СССР — это новый этап, новый гигантский шаг вперед в деле развития техники и производства — основы построения коммунизма.

Вас ждет увлекательная задача принять активное участие в развитии передовой советской техники. Для этого, конечно, необходимо хорошо знать технику.

Эта книга дала вам лишь первоначальные знания о машинах — познакомила в общих чертах с путями их развития. Но это только начало ваших знаний о машинах. Изучайте их дальше, старайтесь лучше разобраться в устройстве и действии современных машин. И когда вы сами пойдете работать на производство и встретитесь с машинами, вы сможете стать их настоящими хозяевами. Вы сумеете не только заставить машину лучше и производительнее работать, но и увидите пути дальнейшего совершенствования ее. Вы станете творцами новых машин — активными участниками прогресса передовой советской техники.



ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|----------------------------|---|
| К юным читателям | 3 |
|----------------------------|---|

Глава I. ИЗ ИСТОРИИ КОЛЕСА

| | |
|--|----|
| Колесо в транспорте | 5 |
| Принцип колеса в производстве | 9 |
| Колеса-двигатели | 14 |
| Электрические и магнитные колеса | 18 |

Глава II. МАШИНЫ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

| | |
|--------------------------------------|----|
| От ручного труда к машинам | 21 |
| Из истории одной машины | 23 |
| Старое и новое | 24 |
| Три части всякой машины | 31 |

Глава III. КАКУЮ РАБОТУ ВЫПОЛНЯЮТ МАШИНЫ

| | |
|--------------------------------------|----|
| Нож и его потомки | 33 |
| Как режут металл | 35 |
| Еще некоторые потомки ножа | 40 |
| Как режут землю | 43 |
| Сила водяной струи | 47 |
| Между твердым и жидким | 48 |
| Машины высоких урожаев | 52 |
| Как изготавливают ткани | 60 |

Глава IV. МЕХАНИЗМЫ—ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДВИЖЕНИЯ

| | |
|--|----|
| Можно ли доверять трению? | 65 |
| Еще о доверии к трению. Фрикционы | 69 |
| В мире зубчатых колес | 72 |
| Замечательные коробки | 77 |
| Необыкновенные зубчатки | 79 |
| Валы не всегда параллельны. Новые задачи | 85 |
| Там, где колесо уступает место прямолинейному движению | 87 |
| Кривошип и его семейство | 91 |
| Цель механизмов машины в целом | 97 |

Глава V. ДЕЙСТВИЕ СИЛ В МАШИНАХ

| | |
|--|-----|
| Золотое правило механики | 99 |
| Враг, с которым надо упорно бороться | 102 |
| Борьба за равномерное движение машин | 106 |
| Силы, возникающие при быстром вращении | 109 |
| Сила притяжения Земли | 112 |

Глава VI. ЖИДКОСТИ И ВОЗДУХ ВМЕСТО ТВЕРДЫХ МЕХАНИЗМОВ

| | |
|---|-----|
| Как жидкости приводят в движение части машин | 117 |
| Принцип цилиндра с поршнем | 119 |
| «Масляные колеса» | 123 |
| Как управляют работой гидравлических механизмов | 125 |
| Могучая сила воздуха | 128 |

Глава VII. МАШИНЫ-АВТОМАТЫ

| | |
|--|-----|
| От самодействующих к самоуправляющимся машинам | 133 |
| Развитие современных машин | 135 |
| Механизмы машин-автоматов | 137 |
| Распределительный вал — центральный орган автомата | 141 |
| Заводы-автоматы | 143 |

Глава VIII. ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ МАШИН

| | |
|--|-----|
| Электродвигатель срастается с машиной | 151 |
| Рождение новой, многодвигательной машины | 153 |
| Машины все более электрифицируются | 157 |
| «Видящие» машины | 160 |
| Электрическое «сердце» машины | 163 |

К ЧИТАТЕЛЯМ

*Издательство просит отзывы об
этой книге присылать по адресу:
Москва, Д-47, ул. Горького, 43, Дом
детской книги.*

Для средней школы
Вальдгард Сергей Леонидович
ЧТО НАДО ЗНАТЬ О МАШИНАХ

Ответственный редактор *М. А. Зубков*. Художественный редактор *Н. С. Яцкевич*.
Технический редактор *М. А. Кутузова*. Корректоры *Л. А. Кречетова* и *Г. С. Муковозова*.

Сдано в набор 6/I 1958 г. Подписано к печати 6/VI 1958 г. Формат $84 \times 108^{1/8}$ — 21 печ. л. =
= 17,25 усл. печ. л. (17,80 уч.-изд. л.) Тираж 75 000 экз. А-05602. Цена 6 р. 35 к. Заказ № 1211.
Детгиз. Москва, М. Черкасский пер., 1.

Ленинградский Совет народного хозяйства. Управление полиграфической промышленности.
Типография № 1 «Печатный Двор» имени А. М. Горького. Ленинград, Гатчинская, 26.

Цена 6 р. 35 к.