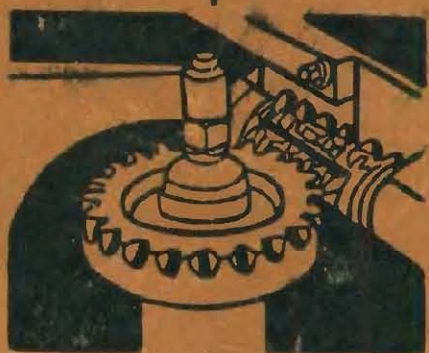


М. М. АБАКУМОВ

ОСНОВЫ ЗУБОРЕЗНОГО ДЕЛА



М. М. АБАКУМОВ

ОСНОВЫ ЗУБОРЕЗНОГО ДЕЛА

*Одобрено Ученым советом
Государственного комитета по профтехобразованию
при Госплане СССР
в качестве учебного пособия
для бригадно-индивидуальной подготовки рабочих
на производстве*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА»
Москва — 1964

В книге описаны различные типы современных зуборезных станков и работы, выполняемые на них; приведены сведения о режущем инструменте и приспособлениях, применяемых при выполнении зуборезных работ; изложены основы процесса резания металлов и приведены современные методы зубонарезания; даны рекомендации по выбору режимов резания; содержатся сведения о зубчатых зацеплениях, о точности обработки и о системе допусков применительно к зубонарезанию; описаны средства и методы контроля зубчатых колес.

В книге рассмотрены также основы построения технологического процесса изготовления зубчатых колес, вопросы механизации и автоматизации процессов нарезания зубчатых колес, вопросы техники безопасности, организации труда и экономики производства.

Книга является учебным пособием для индивидуальной и бригадной подготовки рабочих на производстве.

Отзывы о книге просим присылать по адресу: *Москва, И-51, Неглинная ул., 29/14, издательство «Высшая школа».*

ВВЕДЕНИЕ

Программой партии, принятой на XXII съезде КПСС, предусматривается дальнейшее развитие машиностроения как основы технического прогресса народного хозяйства нашей страны. К 1980 г. общий объем продукции машиностроения и металлообрабатывающей промышленности увеличится в 10—11 раз и соответственно повысится производство зубчатых колес.

Редко можно встретить машину или механизм, в которых бы не было зубчатых колес. В металлорежущих станках и в подъемных кранах, в автомобилях и паровых турбинах, в различных машинах, приборах и аппаратах необходимые перемещения отдельных узлов и работа механизмов осуществляются с помощью зубчатых колес разных размеров. Уже в настоящее время машиностроение ежегодно потребляет свыше 150 млн. зубчатых колес.

Зубчатые передачи применяли еще в глубокой древности, со времен появления первых простейших механизмов и машин. Деревянные, обработанные вручную зубчатые колеса вполне удовлетворяли потребностям того времени. Позже появились литые бронзовые, а затем и чугунные зубчатые колеса, которые имели значительно большую прочность, чем деревянные. Точность их изготовления была по-прежнему невысока, они могли удовлетворительно работать при окружной скорости, не превышающей 2—4 м/мин.

При дальнейшем совершенствовании машин и повышении их быстроходности потребовались зубчатые колеса более высокой точности и из более прочного материала. Зубчатые колеса начали изготавливать из стали сначала путем выпиливания зубьев вручную (в то время отливать стальные колеса не умели), а затем путем механической обработки на примитивных станках.

В 1712—1725 гг. выдающийся русский изобретатель А. К. Нартов создал станок для обработки зубьев шестерен. Изобретение фасонных резцов, а позднее фасонных пальцевых и дисковых модульных фрез положило начало механической обработке достаточно точных зубчатых колес.

Режущая часть пальцевых и дисковых модульных фрез имеет профиль, представляющий собой копию профиля впадины зубьев, и поэтому метод обработки зубчатых колес этими инструментами принято называть копированием.

По сравнению с литыми бронзовыми и чугунными и со стальными, выпиленными вручную зубчатыми колесами, зубчатые колеса, изготовленные методом копирования, явились большим шагом вперед. Этот метод позволил получать более точные зубчатые колеса при меньших затратах труда.

Дальнейшее развитие машиностроения предъявило более высокие требования как к точности профиля зубьев, так и к их взаимному расположению. Этим требованиям метод копирования не удовлетворял. Кроме того, метод копирования был малопроизводителен.

На смену методу копирования пришел более совершенный метод нарезания колес, получивший название метода огибания или иначе — метода обкатки, позволяющий получать зубчатые колеса высокой точности при высокой производительности станков.

Обрабатывают зубчатые колеса методом огибания на зуборезных станках, количество которых на предприятиях машиностроения из года в год возрастает.

Обработка зубчатых колес является одним из самых сложных видов механической обработки, выполняемой на специализированных дорогостоящих зуборезных станках. Обслуживание и эксплуатация зуборезных станков требует от рабочего специальных технических знаний и навыков. Это значит, что зуборезчику недостаточно уметь устанавливать и снимать обрабатываемые детали, управлять станком, а необходимо ясно представлять себе, как работает станок, как связаны между собой узлы станка, как они приводятся в движение и регулируются. Станочник-зуборезчик должен быть хорошо знаком с конструкциями различных зуборезных инструментов, с геометрией инструмента, уметь правильно выбирать марку инструментального материала и наиболее производительные режимы обработки, знать средства и методы измерения нарезаемых зубчатых колес.

Поэтому подготовка зуборезчика должна проводиться на широкой профессионально-технической базе и включать элементы инженерно-технической подготовки.

В связи с этим в учебнике изложены сведения о зубчатых зацеплениях, сведения по теории резания, устройству и наладке зуборезных станков, рассмотрены конструкции зуборезного инструмента, технология обработки и контроля зубчатых колес, пути и методы механизации зуборезных работ, а также вопросы организации зуборезного производства.

Для лучшего усвоения материала в учебнике, приведены конкретные примеры расчета и настройки станков.

ГЛАВА I

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА ЗУБОРЕЗЧИКА

§ 1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС

На машиностроительном заводе производственный процесс состоит из изготовления различными способами заготовок деталей, механической обработки заготовок на различных металлорежущих станках и сборки из изготовленных деталей узлов, а затем машин.

Заготовки деталей в машиностроении изготавливают путем отливки, ковкой на молотах, штамповкой на прессах, отрезкой из прокатанного материала. Отливки изготавливают в литейном, поковки — в кузнечном или кузнечно-прессовом, штамповки — в штамповочном цехе. Обрабатывают детали на металлорежущих станках в механическом цехе, а собирают машины в сборочном цехе.

Литейный, кузнечный, кузнечно-прессовый, штамповочный и другие цехи, изготавливающие заготовки, называются заготовительными, а механический и сборочный — основными производственными или механосборочными цехами.

На машиностроительном заводе имеются также вспомогательные цехи, в которых производятся ремонт оборудования, изготовление специальных инструментов и приспособлений и др. К вспомогательным цехам относятся: ремонтно-механический, инструментальный, энергетический и др.

Заготовительные, основные производственные и вспомогательные цехи связаны между собой единым производственным процессом, так как без заготовок нельзя изготовить в механическом цехе деталь, а без готовых деталей нельзя собрать машину. Вспомогательные цехи обеспечивают нормальную работу заготовительных и основных цехов, производят своевременный ремонт оборудования, оснащение оборудования инструментами и приспособлениями, а также осуществляют бесперебойное снабжение электроэнергией, сжатым воздухом и пр.

Механический цех занимает ведущее место в производственном процессе завода, так как обработка деталей на металлорежущих станках составляет 70—80% всей трудоемкости изготовления машин и качество изготавливаемой продукции зависит главным образом от качества механической обработки деталей. Механический цех имеет сложный производственный процесс, состоящий из целого комплекса операций, выполняемых на различных металлорежущих станках. Обеспечение планомерного движения множества обрабатываемых деталей от операции к операции и слаженной работы участков в механическом цехе требует четкой организации производственного процесса.

§ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

Повышению производительности труда способствует рациональная организация рабочего места.

Рабочим местом называется часть производственной площади с оборудованием, приспособлениями и инструментами, которые используются одним рабочим или бригадой для выполнения заданной работы.

Рациональная, удобная организация рабочего места способствует повышению производительности труда.

Рабочее место зуборезчика оснащается:

1) зуборезным станком или несколькими станками при многостаночном обслуживании;

2) инструментами — режущими (червячные модульные фрезы, долбяки, зубострогальные резцы и др.), вспомогательными (оправки, патроны) и контрольно-измерительными;

3) приспособлениями для закрепления заготовок на станке и вспомогательными приспособлениями;

4) инвентарем (шкаф, тумбочки, стеллажи, специальная тара для заготовок и обработанных зубчатых колес, транспортная тара для стружки и масла, рольганги, подъемники, подставки и пр.);

5) технической документацией (чертежи нарезаемых зубчатых колес, инструкции, карты технологического процесса и др.);

6) вспомогательными материалами (охлаждающая жидкость, масло, обтирочные материалы).

Правильно организовать рабочее место — это значит рационально расположить инструмент, приспособления, техническую документацию и вспомогательные материалы и тем самым обеспечить минимальные затраты времени рабочего на все движения по обслуживанию станка. При этом необходимо соблюдать следующие несложные правила:

что требуется чаще, должно лежать ближе, что требуется реже, следует располагать дальше;

все инструменты, которые рабочий берет правой рукой, должны находиться справа от него, а предметы, которые он берет левой рукой, — слева.

Если инструменты, приспособления и т. д. находятся в беспорядке, то рабочему постоянно приходится искать требуемый предмет, затрачивать на это время и нарушать производственный ритм своей работы.

Зуборезный станок имеет большое количество сменных зубчатых колес, необходимых для наладки станка. Для устранения непроизводительной затраты времени на поиски нужного колеса сменные зубчатые колеса необходимо хранить в инструментальной тумбочке или стойке с ячейками, на которых должны быть указаны модуль и число зубьев колеса. Для червячных фрез, долбяков и дисковых модульных фрез также применяют специальные стеллажи: на доске, установленной наклонно, имеются деревянные пальцы (штыри), на которые надевают инструмент. У каждого штыря должна быть маркировка, характеризующая основные параметры надетога на него инструмента. Фрезерные оправки необходимо хранить на специальном стеллаже в подвешенном состоянии во избежание деформирования (прогиба).

На рабочем месте станочника устанавливается специальная инструментальная тумбочка для постоянного хранения приспособлений, вспомогательного и измерительного инструмента, а также для технической документации. Чертежи или инструкции, необходимые для данной работы, следует укрепить на планшетке, которая крепится на инструментальной тумбочке таким образом, чтобы чертежи постоянно были видны как рабочему, так и мастеру.

После окончания работы все инструменты протирают промасленной тряпкой и укладывают в определенное место (тумбочку, шкафчик), а станок тщательно очищают от стружки и протирают.

ГЛАВА II

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ, ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ САНИТАРИЯ

§ 1. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

В системе мероприятий по охране труда, проводимых на наших социалистических предприятиях, первостепенное значение имеют мероприятия по технике безопасности, направленные на обеспечение безопасных условий работы, на устранение причин производственного травматизма (повреждений, ранений). Для этой цели выделяют значительные средства и на каждом предприятии проводят комплекс мероприятий по охране здоровья и жизни трудящихся. Разработаны правила по технике безопасности, с которыми должен быть знаком каждый рабочий; соблюдение этих правил является обязательным для всех работающих на предприятии.

Зуборезчик, приступая к работе, должен хорошо изучить управление станком и знать, какие места являются опасными для работающего у станка и какие меры необходимо принимать, чтобы избежать несчастного случая. Причиной несчастных случаев могут быть незащищенные движущиеся части станка, необработанная стружка, разбросанные детали у станка, разлитое масло на полу, поврежденная электроаппаратура.

Вращающиеся зубчатые колеса, шкивы, муфты могут захватить одежду рабочего и нанести ему тяжелое увечье. Поэтому все вращающиеся части станка должны быть ограждены.

Нельзя забывать, что для зуборезчика, работающего на современном зуборезном станке, большую опасность представляет движущийся режущий инструмент — долбяк, фреза или рейка. Запрещается убирать стружку из-под режущих инструментов во время работы станка. Убирать стружку следует металлической щеткой после остановки станка. Стружку следует сметать со стола станка не на пол, а в специальную тележку или ящик. Пол около станка должен быть сухим и чистым. Если на пол

попало масло, эмульсия и т. п., его следует сразу же вытереть.

При неисправности электрических приборов, электропроводки, системы заземления станка и т. д. может произойти поражение электрическим током.

Все токоведущие и токоподводящие средства должны быть изолированы. Необходимо следить, чтобы не было открытых рубильников и оголенных проводов. Станина станка, кожухи электроаппаратуры и корпуса электродвигателей должны иметь защитное заземление, при котором электрический ток через станок пойдет в землю. При отсутствии заземления рабочий, прикоснувшийся к станку, может быть поражен электрическим током. В легких случаях поражения током потеря сознания продолжается несколько секунд и пострадавший без посторонней помощи приходит в себя. В тяжелых случаях сознание не возвращается; тогда нужна срочная, энергичная и умелая помощь.

Прежде всего необходимо быстро освободить пострадавшего от соприкосновения с токоведущими частями и немедленно приступить к приемам искусственного дыхания.

Для отделения пострадавшего от токоведущих частей или от провода нужно использовать сухую палку, доску, веревку, одежду и т. п. Нельзя пользоваться в таких случаях металлическими или мокрыми предметами.

Подающий помощь должен надеть резиновые калоши или встать на сухую доску или на сухую, не проводящую ток подставку, на руки надеть резиновые перчатки или обернуть свои руки в прорезиненную или другую сухую материю.

В случае необходимости следует перерубить провода (каждый в отдельности) топором с сухой деревянной рукояткой или соответствующим изолированным инструментом, приняв меры к изоляции себя от соприкосновения с землей.

Меры первой помощи. Если пострадавший был в обморочном состоянии или продолжительное время находился под действием тока, ему необходимо обеспечить полный покой до прибытия врача и дальнейшее наблюдение в течение 2—3 час., а в случае невозможности быстро вызвать врача — срочно доставить пострадавшего в лечебное учреждение.

Если пострадавший потерял сознание, нужно срочно вызвать врача, уложить пострадавшего удобно и ровно; расстегнуть пояс и одежду, обеспечить приток свежего воздуха, удалить лишних людей; давать нюхать нашатырный спирт, обрызгивать лицо водой, растирать и согревать тело чистыми суконками, затем тепло укрыть пострадавшего.

Если дыхание у пострадавшего неравномерное (редкое и судорожное), нужно делать искусственное дыхание.

Первую помощь нужно оказывать немедленно, тут же на месте. Переносить пострадавшего в другое место можно в виде

исключения только в тех случаях, когда опасность продолжает угрожать пострадавшему.

Зуборезчику часто приходится работать с местным освещением; напряжение тока в переносных ручных лампах должно быть не свыше 36 в, а в сырых помещениях — 12 в. При обнаружении в электрооборудовании какой-либо неисправности необходимо заявить об этом мастеру; работать на станке до устранения неисправности запрещается.

Одежда рабочего-зуборезчика должна быть простой и удобной.

Каждый зуборезчик должен усвоить, что безопасность его труда зависит главным образом от него самого.

Поступающий на завод рабочий допускается к работе только после изучения правил техники безопасности.

Противопожарные мероприятия. Основной причиной возникновения пожаров в цехах и на территории предприятия является неосторожное обращение с огнем. Например, брошенная зажженная спичка или тлеющий окурок могут создать очаг пожара. Поэтому курение в цехах разрешается только в специально оборудованных местах.

Быстро воспламеняющиеся масляные тряпки, концы, обтирочные материалы после чистки станка необходимо убирать в железные ящики с крышками.

Следует иметь в виду, что причиной пожара может быть неисправное электрооборудование станка — короткое замыкание, перегрев электродвигателя и т. п. При возникновении пожара необходимо остановить станок, отключить электродвигатель и вызвать пожарную команду с помощью сигнала или по ближайшему телефону.

§ 2. ПРОМЫШЛЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА

Чистота и порядок на рабочем месте способствуют повышению производительности труда рабочих и являются также способом повышения общей культуры на производстве. Чистота и порядок рабочего места являются обязательными условиями правильной его организации.

На рабочем месте следует оставлять только предметы, необходимые для работы, а все ненужные необходимо убирать из цеха. Чистоты и порядка на рабочем месте следует добиваться не с помощью вспомогательных рабочих (уборщиц), а создавать и поддерживать эту чистоту своими руками.

Освещение рабочего места имеет большое значение для обеспечения нормальных условий труда. Плохое освещение не только снижает производительность труда, но и уско-

ряет наступление физической усталости и может привести к заболеванию глаз.

Источники света должны хорошо освещать станки и их органы управления: кнопки, рычаги, маховички и т. д.; особенно хорошо нужно освещать деления на лимбах (указателях). Стекла электрических ламп и оконные стекла должны быть чистыми; грязное стекло электрической лампы задерживает до 20—50%, а запыленные оконные стекла — до 30% света.

Для увеличения освещенности и снижения утомляемости рабочего производственные помещения рекомендуется окрашивать в светлые тона и периодически мыть окна цеха.

Вентиляция также имеет большое значение для обеспечения нормальных условий труда. Отсутствие притока свежего воздуха в цехе приводит к быстрой утомляемости рабочего и, следовательно, к снижению производительности труда. Для улучшения условий труда в современных цехах устраивают приточно-вытяжную вентиляцию, обеспечивающую приток свежего воздуха в достаточном количестве.

Личная гигиена имеет большое значение для здоровья человека. Во время работы руки и лицо рабочего покрываются пылью, грязью и маслом. Пот и грязь забивают поры, кожа грубеет, трескается. При зубонарезании для охлаждения инструмента и нарезаемого зубчатого колеса применяют различные жидкости и эмульсии. Если не соблюдать правил гигиены, то у зуборезчика под действием этих веществ могут появиться масляные угри и гнойничковые заболевания. Поэтому во время перерыва, перед едой и сразу же по окончании работы следует тщательно мыть руки.

После рабочего дня надо непременно умыться водой с мылом; еще лучше принять душ.

Большое значение для предупреждения заболеваний имеет правильный уход за спецодеждой. Сняв спецодежду, необходимо повесить ее в индивидуальный шкафчик или на крючок гардеробной. Спецодежду следует регулярно отдавать в стирку.

В процессе работы человек утомляется. Полный отдых и полное восстановление сил, израсходованных за день, организм получает во время сна, который должен продолжаться не менее 7—8 час. Для лучшего восстановления сил и укрепления здоровья необходимо заниматься физкультурой. Утренняя зарядка и производственная гимнастика — прекрасные средства борьбы с утомляемостью.

ГЛАВА III

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЗУБЧАТЫХ КОЛЕСАХ И ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧАХ

Зубчатые колеса применяют для передачи вращательного движения от одного вала к другому, а также для превращения вращательного движения вала в прямолинейно-поступательное движение деталей машин с помощью зубчатой рейки. Передача движений с помощью зубчатых колес называется *зубчатой передачей*.

§ 1. ЭЛЕМЕНТЫ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ЗУБЧАТЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЙ

До изобретения зубчатых колес передача вращательного движения от одного вала к другому осуществлялась с помощью гладких катков. На рис. 1, *а* показана передача вращательного

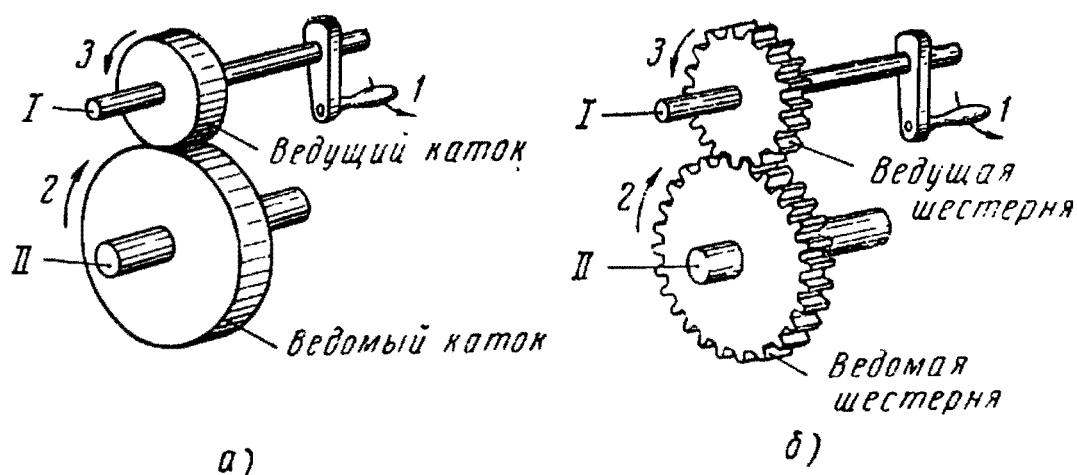


Рис. 1. Передача вращательного движения:

а — при помощи катков, *б* — при помощи цилиндрических зубчатых колес

движения от вала *I* к валу *II* катками *3* и *2*, прижатыми друг к другу своими ободами. Вращение от вала *I* к валу *II* передается благодаря трению, возникающему между катками в точках их соприкосновения. Вращая рукоятку по стрелке *1*, тем самым

вращаем малый каток 3, который благодаря трению вращает и большой каток 2. Причем катки вращаются по направлению стрелок, т. е. в разные стороны. Каток, который передает вращение, называется *ведущим*, а каток, который получает вращение от ведущего катка, — *ведомым*.

Передачи с помощью гладких катков очень просты в изготовлении, но несмотря на это их применяют в настоящее время очень редко. Это объясняется тем, что цилиндрические поверхности катков соприкасаются друг с другом по узкой полоске, теоретически представляющей линию, а на такой малой площади невозможно получить достаточную силу трения для передачи хотя бы сравнительно небольшой мощности. Поэтому неизбежно проскальзывание одного катка относительно другого.

В большинстве современных машин требуется передача больших мощностей от одного вала к другому с высокой точностью без какого-либо проскальзывания одного вала относительно другого. Вследствие этого передача катками является ненадежной.

Для обеспечения передачи вращательного движения большой мощности без проскальзывания на цилиндрической поверхности катков стали делать канавки особой формы на равном расстоянии друг от друга; эти канавки образовывали зубья одинакового размера и профиля. Такой каток или диск, на котором по окружности расположены поочередно зубья и впадины определенной формы и размеров, представляет собой *зубчатое колесо*.

Если зубья одного колеса войдут во впадины другого, то эти колеса будут связаны между собой *зубчатым зацеплением*. На рис. 1, б показано зубчатое зацепление: зубчатое колесо 3, вращаемое рукояткой 1, захватывает своими зубьями зубья колеса 2 и приводит его во вращение; таким образом передается вращение от вала I к валу II. Зубчатое колесо, которое передает вращение, называется *ведущим* (колесо 3), а зубчатое колесо, которое получает вращение от ведущего колеса, — *ведомым* (колесо 2).

Основным условием нормальной работы зубчатого зацепления является беспрепятственный плавный вход зубьев одного зубчатого колеса во впадины другого зубчатого колеса и равномерная без толчков передача вращательного движения. Эти условия достигаются определенными формой и размерами зубьев и впадин зубчатых колес.

В современном машиностроении применяют зубчатые колеса главным образом с профилем зуба, очерченным *эвольвентной кривой*. Эвольвентная кривая часто называется просто *эвольвентой*, а зубчатое зацепление с эвольвентным профилем зубьев — *эвольвентным зацеплением*.

Эвольвентой называется кривая, которую описывает точка A, лежащая на касательной *НН* к окружности, если эту каса-

тельную обкатывать по окружности без скольжения (рис. 2, а) в ту или другую сторону.

Эвольвенту иногда называют разверткой окружности. Это название станет понятным, если рассмотрим один из простых способов вычерчивания эвольвенты.

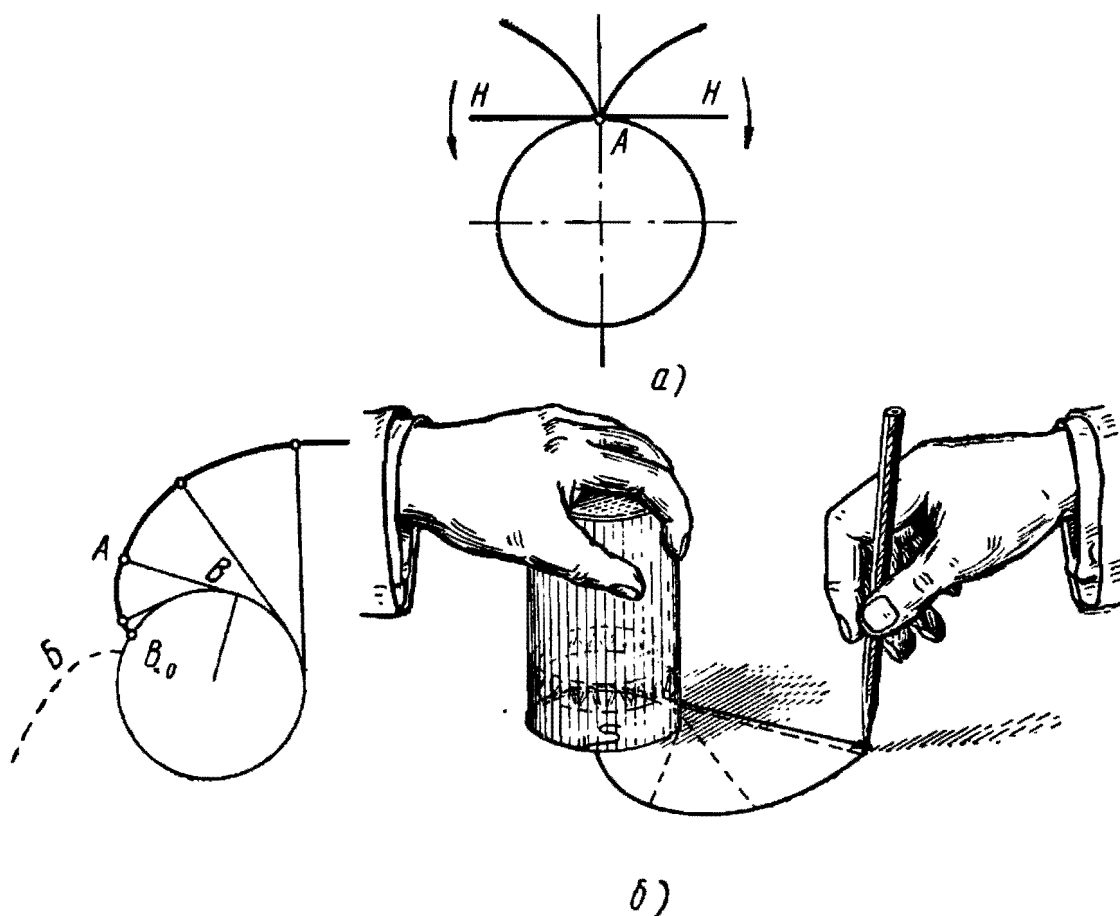
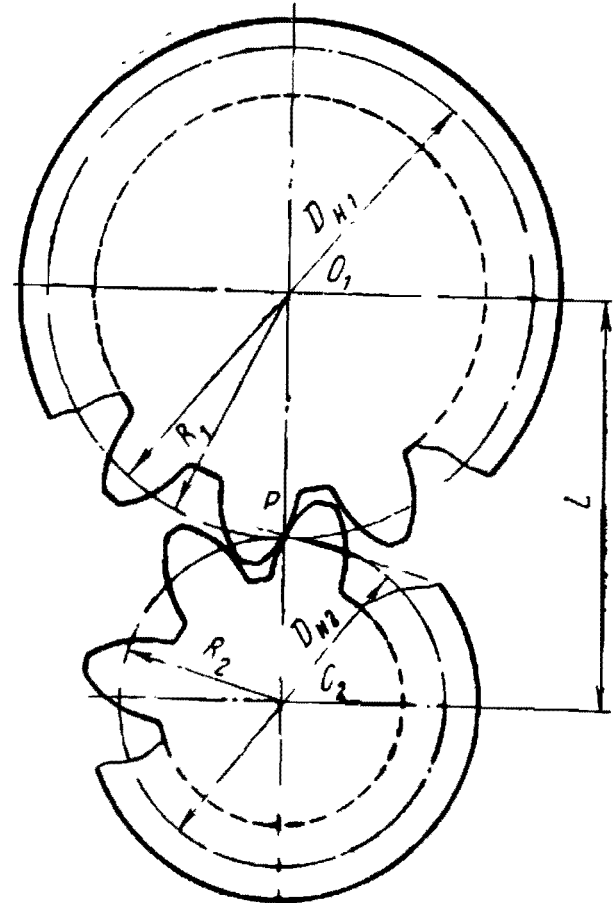


Рис. 2. Построение эвольвентной кривой:
а — принцип образования эвольвентной кривой, б — простой способ вычерчивания эвольвентной кривой

Возьмем круглый предмет, например стакан, опрокинем его на бумагу. На стакан намотаем нить. Один конец нити прижмем краем стакана, а на другом конце нити сделаем петлю, в которую вставим карандаш. Затем будем сматывать нить со стакана в натянутом состоянии. Кривая, описываемая острием карандаша, и будет эвольвентой (рис. 2, б). Длина нити AB от точки A до точки касания B с цилиндром равна длине дуги B_0B , так как часть окружности B_0B развернута в прямую AB . Полученная эвольвента B_0A описана концом разворачиваемой окружности. Если нить намотать в обратную сторону, то при разматывании ее получим эвольвенту, направленную в другую сторону (на рисунке эта эвольвента показана пунктиром и обозначена буквой B). Полученными двумя эвольвентами образуется профиль зуба зубчатого колеса. Окружность поверхности стакана является основной окружностью.

Теперь рассмотрим элементы зубчатого зацепления и работу зубчатой передачи.

Если рассечь зубчатую передачу плоскостью, перпендикулярной осям зубчатых колес, то получим окружности условных катков диаметрами $D_{н1}$ и $D_{н2}$ (рис. 3, а), которые как бы перекатываются без скольжения. Таким образом, в любой паре зубчатых колес можно найти две воображаемые окружности, причем каждая из них расположена на своем колесе, а при вращении колес они будут катиться без скольжения одна по другой. Эти воображаемые окружности на зубчатых колесах, катящиеся одна по другой без скольжения, называются начальными окружностями.



Следовательно, цилиндрические катки, из которых были образованы колеса, можно считать начальными цилиндрами.

Точка соприкосновения P начальных окружностей называется полюсом зацепления.

Из рисунка видно, что расстояние между осями O_1 и O_2 зубчатых колес (межцентровое расстояние) равно сумме радиусов начальных окружностей:

$$L = R_1 + R_2.$$

Вращение от ведущего колеса к ведомому передается (рис. 3, б) давлением p боковой стороны зуба 1 ведущего колеса на боковую сторону зуба 2 ведомого колеса. Направление давления будет перпендикулярно эвольвенте, т. е. направление вдоль линии

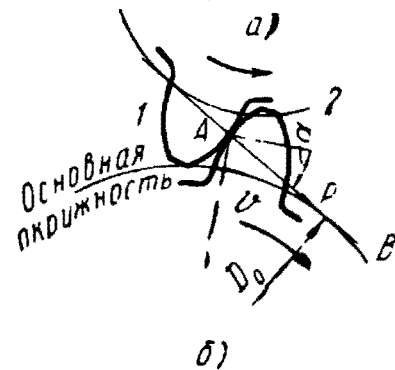


Рис. 3. Элементы зубчатого зацепления:

а — схема зубчатого зацепления, б — схема действия сил в зубчатом зацеплении

AB касательной к основной окружности. Под действием этой силы зуб перемещается. По направлению перемещение зуба не совпадает с направлением действия силы: сила направлена по касательной к основной окружности, а точки зуба вращаются каждая по своей окружности. Угол между направлением силы

давления p и направлением v перемещения каждой точки зуба называется углом давления. Угол давления в различных точках зуба неодинаков: наибольшее значение он имеет у верхней части зуба и наименьшее — у нижней части. Угол давления на начальной окружности называется углом зацепления передачи.

Величина угла зацепления имеет большое значение для работы передачи. Вначале применяли угол зацепления 15° , как более удобный для вычерчивания зубьев. Но такой угол зацепления не дает возможности изготавливать зубчатые колеса с числом зубьев менее 30, так как при этом получается подрезанный, ослабленный зуб. При угле зацепления 25° и более можно получать зубчатые колеса с меньшим числом зубьев, однако с увеличением угла зацепления уменьшается число одновременно работающих зубьев, что ухудшает зацепление. Поэтому в качестве стандартного угла зацепления в СССР, как и в большинстве других стран, принят угол 20° .

Диаметр основной окружности D_o зубчатого колеса определяется в зависимости от диаметра начальной окружности и от угла зацепления:

$$D_o = D_n \cdot \cos \alpha,$$

где D_n — диаметр начальной окружности;
 α — угол зацепления.

Для зубчатых колес со стандартным углом зацепления 20° $\cos \alpha = 0,96$, следовательно, диаметр основной окружности будет равен:

$$D_o = 0,96 D_n \text{ мм.}$$

Для построения зубчатого зацепления проводим начальные и основные окружности (рис. 4). Затем проводим касательную HN к основным окружностям; эта касательная называется производящей линией. Производящая линия совпадает с направлением силы давления и поэтому она будет расположена под углом зацепления. Для получения эвольвентного профиля зубьев вначале перекатываем без скольжения по основной окружности радиуса r_1 производящую линию HN , точка P которой очертит эвольвенту A_1PB_1 . Затем перекатим без скольжения ту же прямую HN , но по второй основной окружности радиуса r_2 и получим эвольвенту A_2PB_2 . Полученные эвольвенты образуют профиль зубьев колес.

Теперь от начальной окружности откладываем в направлении радиуса величину h' , называемую головкой зуба, и получаем точку K , через которую проводим окружность выступов. Затем откладываем от начальной окружности величину h'' , определяющую величину ножки зуба, и получаем точку M , через которую проводим окружность впадин.

Чтобы построить профиль всех зубьев, необходимо начальную окружность разделить на их число и через каждую точку деления прочертить профиль зуба. Затем от прочерченных профилей следует отложить по начальной окружности толщину зуба s . Построив через полученные точки обратный профиль, получим зубья эвольвентного профиля.

От такого способа построения зубчатых колес начальная окружность получила название делительной окружности D_d . Начальная и делительная окружности совпадают только

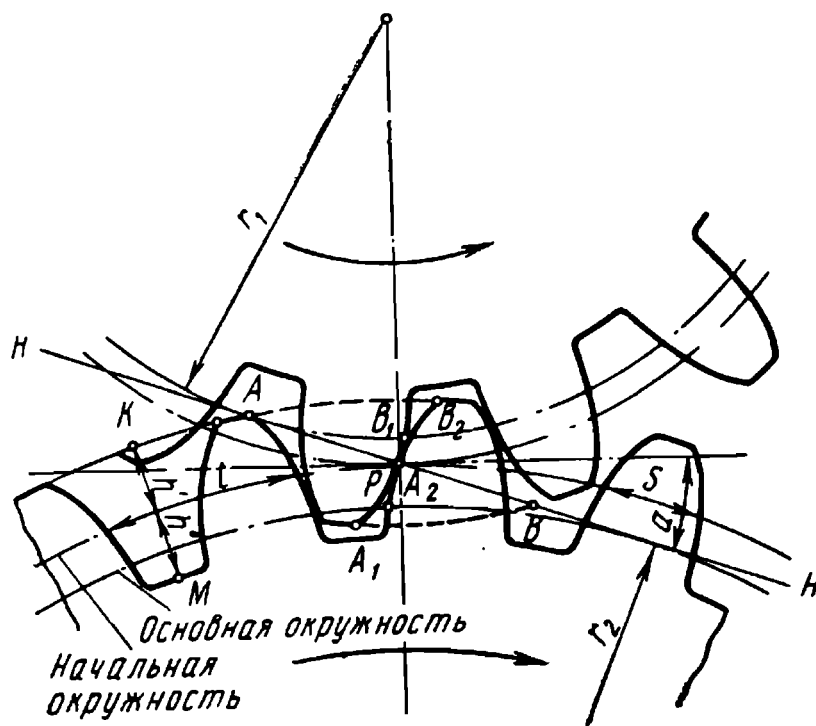


Рис. 4. Построение зубьев эвольвентного профиля

у нормальных колес при нормальном межцентровом расстоянии. У корригированных* зубчатых колес начальная и делительная окружности могут не совпадать.

Начальная окружность вполне определена лишь для пары зацепленных зубчатых колес и диаметр ее зависит от межцентрового расстояния колес. Так как начальные окружности обязательно касаются друг с другом, то с изменением межцентрового расстояния изменяются и диаметры начальных окружностей.

Делительная же окружность имеет вполне определенный диаметр для данного колеса и представляет собой расчетную величину.

Расстояние между одноименными (обращенными в одну сторону) профилями двух смежных зубьев колеса взятое по дуге делительной окружности, называется шагом зацепления.

* Чтобы зацепление было лучше, иногда применяют корригированные, т. е. исправленные, зубчатые колеса.

Иначе говоря, шаг зацепления представляет собой сумму толщины зуба и ширины впадины. У нормальных зубчатых колес толщина зуба равна ширине впадины.

Форма эвольвенты, т. е. профиль зуба, зависит от диаметра основной окружности и от числа зубьев колеса.

Чем больше диаметр основной окружности колеса, тем более пологой получается эвольвента. Если учесть, что с увеличением диаметра основной окружности увеличивается и число зубьев колеса, то можно сказать: с увеличением числа зубьев колеса профиль зуба делается более пологий.

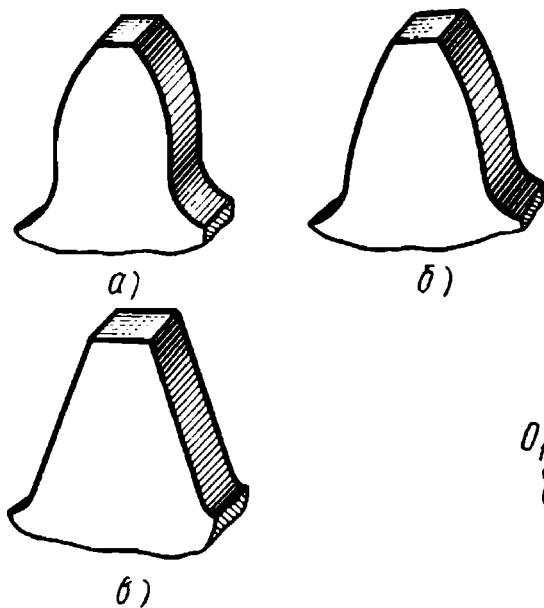


Рис. 5. Профили зуба:
а — у колеса с 20 зубьями, б — у
колеса с 35 зубьями, в — у рейки

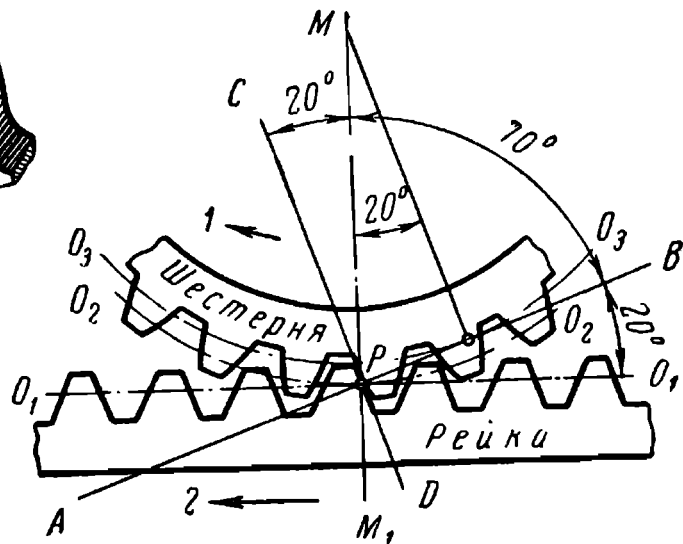


Рис. 6. Схема реечной зубчатой
передачи

На рис. 5 показаны профили зубьев колес с различным числом зубьев.

Зубчатый венец бесконечно большого диаметра представляет собой рейку, профиль зуба которой очерчен прямыми линиями.

На рис. 6 показана схема реечной зубчатой передачи, состоящей из зубчатого колеса 1 и рейки 2. Здесь линия O_1O_1 является начальной прямой рейки (вместо начальной окружности), которая соприкасается с начальной окружностью O_2O_2 зубчатого колеса в точке P , а кривая линия O_3O_3 является основной окружностью, по которой обкатывают производящую линию AB .

Свойство эвольвенты при бесконечно большом диаметре зубчатого колеса превращаться в прямую линию имеет большое практическое значение в зуборезном деле. Это свойство позволяет нарезать зубчатые колеса режущими инструментами типа реек, изготовление которых значительно проще и дешевле, чем инструментов с криволинейным (эвольвентным) профилем.

Эвольвентный профиль зуба имеет и ряд других достоинств:

1. Зубья с эвольвентным профилем просты по очертанию и поэтому удобны для изготовления.

2. При эвольвентном профиле форма зуба на одном колесе не зависит от диаметра другого колеса и поэтому одно зубчатое колесо может сцепляться с другими зубчатыми колесами разных диаметров (конечно, одного и того же шага и угла зацепления).

3. Зубья с эвольвентным профилем могут передавать значительную нагрузку, так как по направлению к основанию они утолщаются.

Все эти достоинства зубчатых колес с зубьями эвольвентного профиля обеспечили широкое их применение в машиностроении и приборостроении.

§ 2. ВИДЫ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ И ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

В настоящее время в машинах и приборах применяют различные зубчатые передачи (цилиндрические, конические и винтовые), а следовательно, и различные зубчатые колеса.

Цилиндрическими называются зубчатые передачи между параллельными валами. Они могут состоять из зубчатых колес с прямыми (рис. 7, а), винтовыми (рис. 7, б) и шевронными (рис. 7, в) зубьями.

Цилиндрические колеса с винтовыми и шевронными зубьями обеспечивают более плавную, спокойную передачу вращательных движений, так как при сцеплении двух таких колес зубья вступают в работу не сразу по всей длине зуба, а постепенно.

Коническими называются зубчатые передачи между валами, расположенными под разными углами (прямым, тупым или острым). На рис. 7, г показана коническая передача под прямым углом, имеющая наибольшее применение в машинах.

Винтовыми называются передачи между валами, не лежащими в одной плоскости, т. е. между скрещивающимися валами. Винтовые передачи могут состоять из цилиндрических винтовых зубчатых колес (рис. 7, д) и конических винтовых зубчатых колес.

К винтовым передачам относятся и червячные передачи, которые применяются для передачи между валами, скрещивающимися между собой под углом 90° , и состоят из червяка 1 и червячного колеса 2 (рис. 7, е).

Рассмотренные передачи осуществляются зубчатыми колесами внешнего зацепления. В технике применяют передачи колесами и внутреннего зацепления (рис. 7, ж).

Для превращения вращательного движения вала в поступательное движение какой-либо детали машины применяют ре-

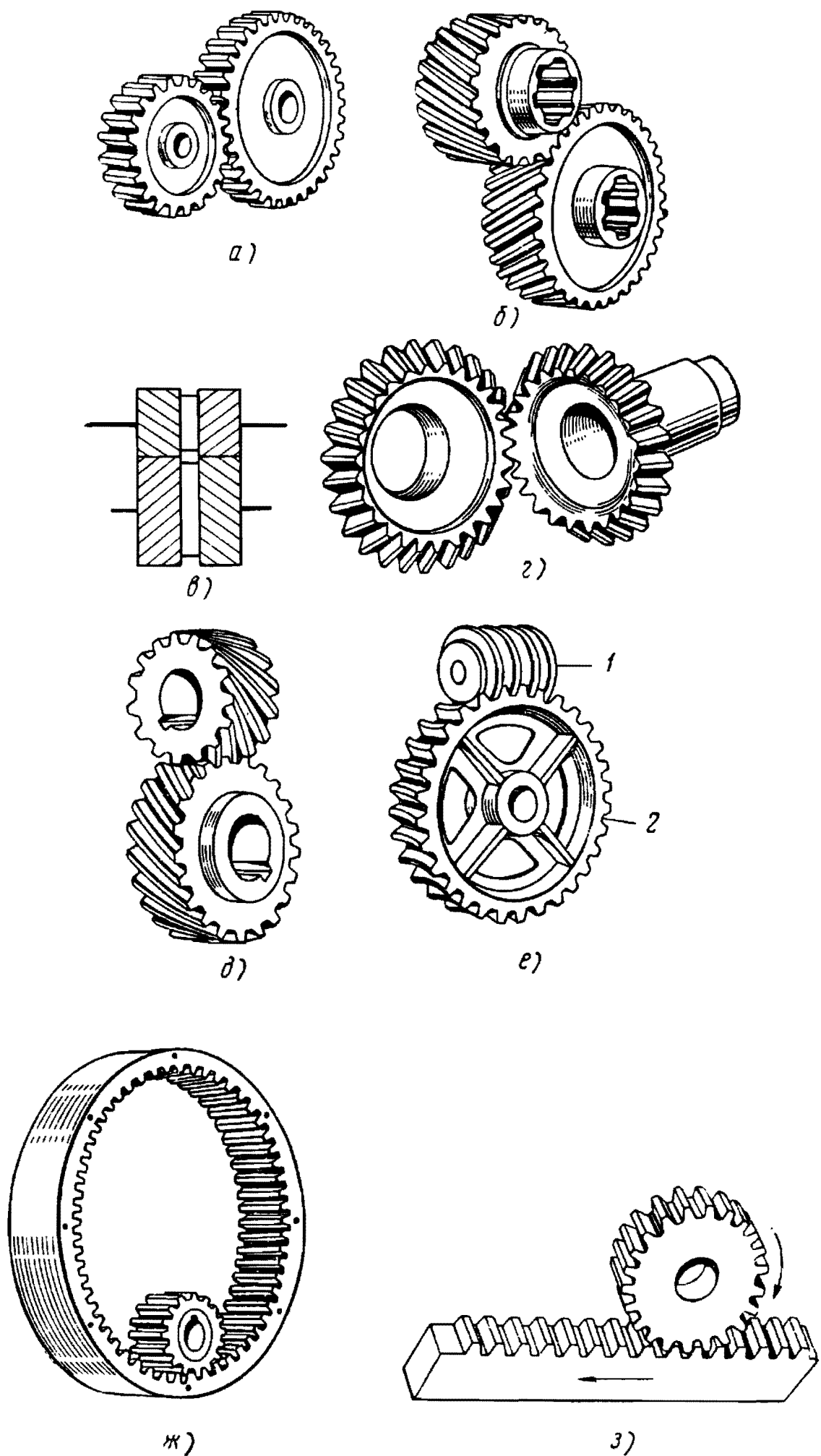


Рис. 7. Виды зубчатых передач:
 цилиндрическая, состоящая из зубчатых колес с прямыми (а),
 винтовыми (б) и шевронными (в) зубьями, коническая (г), винто-
 вая (д), червячная (е), с внутренним зацеплением колес (ж),
 реечная (з)

ечные зубчатые передачи (рис. 7, з). При вращении зубчатого колеса перемещается сцепленная с ним зубчатая рейка по направлению стрелки. Меняя направление вращения зубчатого колеса, изменяют и направление движения рейки. С помощью

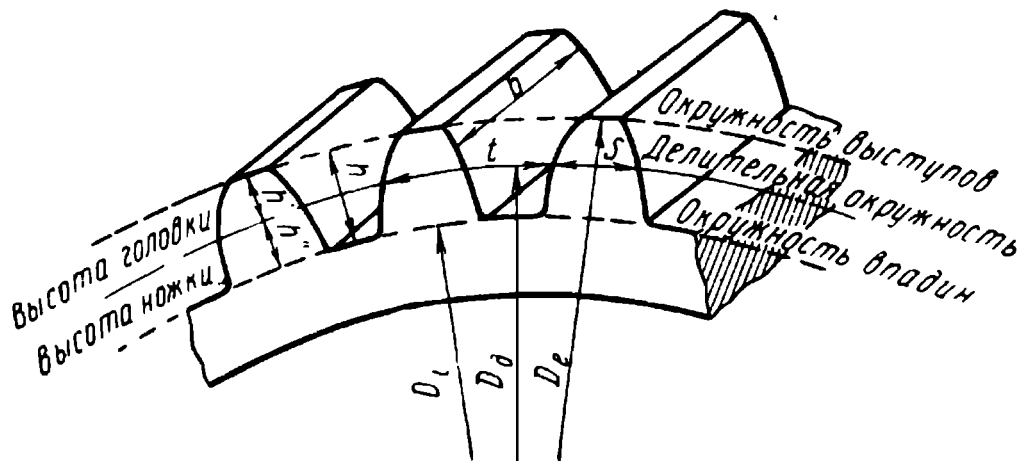


Рис. 8. Часть обода цилиндрического зубчатого колеса

реечной зубчатой передачи можно превращать и поступательное движение во вращательное.

Цилиндрические зубчатые колеса с прямыми зубьями. Элементы цилиндрических зубчатых колес с прямыми зубьями были рассмотрены при построении эвольвентного зацепления и здесь можно только сказать о длине зуба b (рис. 8), которая равняется расстоянию между торцовыми поверхностями обода колеса.

Качество зубчатого зацепления зависит не только от правильности профиля зубьев, но и от размеров основных элементов зубчатых колес. В настоящее время все размеры зубчатых колес берутся в зависимости от модуля зацепления, обозначаемого в чертежах латинской буквой m . Модуль зацепления — это условная величина, с помощью которой упрощается расчет зубчатых колес. Чтобы уяснить, что такое модуль зацепления, часто называемый просто модулем, рассмотрим зубчатое

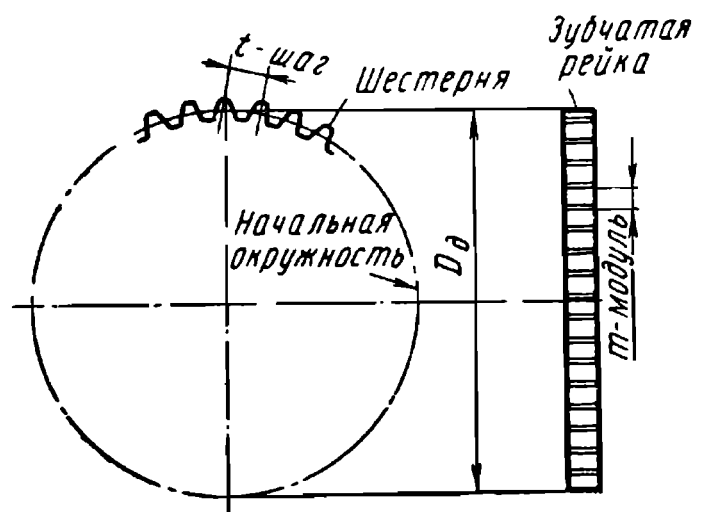


Рис. 9. Схема для уяснения понятия о модуле

колесо с числом зубьев z , шагом t и диаметром делительной окружности D_d (рис. 9). Перенесем все z зубьев колеса на рейку длиной, равной диаметру делительной окружности D_d . Так как диаметр делительной окружности D_d , а следовательно, и рейка

короче длины делительной окружности колеса, то зубья разместятся более тесно, чем они были расположены на колесе, т. е. они разместятся с каким-то новым уменьшенным шагом. Вот этот уменьшенный шаг и будет модулем зацепления колеса. Таким образом, модулем m называется длина, приходящаяся по диаметру делительной окружности на один зуб зубчатого колеса. Модуль равен отношению делительной окружности зубчатого колеса к числу зубьев:

$$m = \frac{D_d}{z} \text{ мм.}$$

Из этой формулы легко получить и другую, важную для практики, зависимость. Известно, что если числитель и знаменатель умножить на одну и ту же величину, то дробь не меняет свою величину. Умножив числитель и знаменатель полученного отношения на одно и то же число π , будем иметь*:

$$m = \frac{D_d}{z} = \frac{\pi D_d}{\pi z}.$$

Но πD_d — это делительная окружность, которая равна произведению окружного шага на число зубьев, т. е. $t \cdot z$, следовательно получим:

$$m = \frac{t \cdot z}{\pi \cdot z} = \frac{t}{\pi}.$$

Таким образом, модуль можно определить, разделив шаг зацепления на число $\pi = 3,14$.

С целью сокращения количества размеров зубчатых колес, применяемых в промышленности нашей страны, ГОСТ 9563—60 установлен ряд нормальных модулей, в который входит ограниченное, но достаточное количество модулей для удовлетворения потребности машиностроения и приборостроения в зубчатых колесах (0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 18; 20; 22; 24; 26; 28; 30; 33; 36; 39; 42; 45; 50 мм). Государственный стандарт разрешает применять в машинах и приборах зубчатые колеса только таких модулей, которые указаны выше.

Теперь определим, чему будут равны размеры основных элементов цилиндрических зубчатых колес с прямым зубом в зависимости от модуля (рис. 8).

Диаметр делительной окружности D_d зубчатого колеса равен модулю, умноженному на число зубьев:

$$D_d = m \cdot z.$$

* Из элементарной математики известно, что отношение длины окружности к диаметру равно отвлеченной величине π , которая приблизительно равна 3,14.

Высота зуба h или глубина впадины зуба равна:

$$h = 2,25 \cdot m.$$

Высота головки зуба h' равна модулю:

$$h' = m.$$

Высота ножки зуба h'' равна:

$$h'' = 1,25 m.$$

Наружный диаметр зубчатого колеса D_e определяется по формуле

$$D_e = D_d + 2m = m \cdot z + 2m = m(z + 2),$$

т. е. наружный диаметр зубчатого колеса равен модулю, умноженному на число зубьев, увеличенное на два.

Диаметр впадин получается путем вычитания из диаметра делительной окружности удвоенной высоты ножки зуба:

$$D_i = D_d - 2 \cdot h'' = D_d - 2 \cdot 1,25m = D_d - 2,5m.$$

Толщина зуба s равна половине шага:

$$s = \frac{t}{2}.$$

Толщину зуба и ширину впадины измеряют по делительной окружности аналогично тому, как измеряют шаг зубчатого колеса.

Длина зуба b принимается в зависимости от того, какую нагрузку и при какой скорости вращения передает зубчатое колесо, а также в зависимости от качества металла, из которого изготовлено колесо.

Чаще всего для обычных машин (станка и др.) длина зуба колес принимается равной от 6 до 10 модулей, т. е.

$$b = 6 \cdot m \text{ до } 10 \cdot m.$$

Пример. Определить основные размеры цилиндрического зубчатого колеса с прямыми зубьями, модулем $m=2$ мм и числом зубьев $z=50$.

Диаметр делительной окружности колеса

$$D_d = m \cdot z = 2 \cdot 50 = 100 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр колеса

$$D_e = m(z + 2) = 2(50 + 2) = 104 \text{ мм.}$$

Высота зуба

$$h = 2,25m = 2,25 \cdot 2 = 4,5 \text{ мм.}$$

Высота головки зуба

$$h' = m = 2 \text{ мм.}$$

Высота ножки зуба

$$h'' = 1,25m = 2,5 \text{ мм.}$$

Диаметр окружности впадин

$$D_i = D_d - 2h'' = 100 - 2 \cdot 2,5 = 95 \text{ мм.}$$

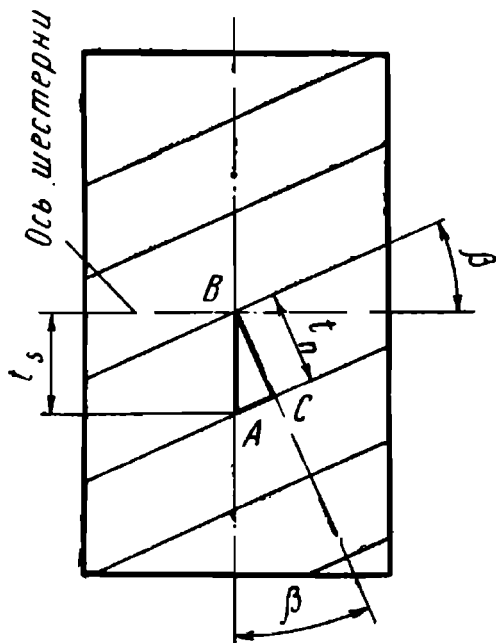
Зубчатое колесо имеет шаг по делительной окружности

$$t = m \cdot \pi = 2 \cdot 3,14 = 6,28 \text{ мм.}$$

Длину зуба b принимаем:

$$b = 8m = 8 \cdot 2 = 16 \text{ мм.}$$

Цилиндрические зубчатые колеса с винтовыми зубьями. Для определения размеров основных элементов цилиндрических зубчатых колес с винтовыми зубьями рассмотрим схему, показанную на рис. 10. Из схемы видно, что благодаря расположению



зубьев под углом такие колеса имеют два шага: нормальный шаг t_n и торцовый шаг t_s . Нормальный шаг t_n измеряется по линии BC , перпендикулярной направлению зубьев, а торцовый шаг t_s измеряется по линии AB , совпадающей с начальной окружностью зубчатого колеса, параллельной торцу колеса. Каждому шагу соответствует свой модуль и, следовательно, колеса с винтовыми зубьями имеют нормальный модуль m_n и торцовый модуль m_s .

Рис. 10. Схема цилиндрического зубчатого колеса с винтовыми зубьями (развертка на плоскости)

Цилиндрические зубчатые колеса с винтовыми зубьями рассчитывают исходя из нормального модуля, т. е. размеры зубьев берут в зависимости от нормального модуля, так же как и в случае цилиндрических колес с прямыми зубьями (по тем же формулам).

Режущий инструмент для нарезания таких колес берут по нормальному модулю.

Диаметр делительной окружности определяется исходя из торцового модуля.

$$D_d = m_s \cdot z.$$

Зависимость между торцовым шагом или торцовым модулем и нормальным шагом или нормальным модулем можно найти из прямоугольного треугольника ABC , в котором гипотенуза AB является торцовым шагом и катет BC — нормальным шагом, а угол β определяет угол наклона зуба.

Из этого треугольника следует, что

$$AB = \frac{BC}{\cos \beta}.$$

Подставив вместо AB торцовый шаг t_s , а вместо BC нормальный шаг t_n получим:

$$t_s = \frac{t_n}{\cos \beta}$$

и соответственно

$$m_s = \frac{m_n}{\cos \beta}.$$

Необходимо отметить, что наряду с положительным свойством — спокойная передача движения — зубчатые колеса с винтовыми зубьями имеют и недостаток, который заключается в осевом давлении, направленном вдоль оси вала. Это давление тем больше, чем больше угол наклона зубьев. Поэтому у цилиндрических колес с винтовыми зубьями угол наклона зубьев берется обычно не более 20° .

Цилиндрические зубчатые колеса с шевронными зубьями. Стремление устранить осевое давление и сохранить спокойный ход привело к созданию зубчатых колес с шевронными зубьями (рис. 11). Шевронное колесо представляет собой сочетание двух зубчатых колес с винтовыми зубьями левого и правого направления под углом β . При передаче мощности между зубьями возникает давление P , направленное перпендикулярно длине зуба. По правилу параллелограмма сила раскладывается на составляющие: на P_1 , направленную перпендикулярно оси колеса, и на P_2 , направленную вдоль оси колеса в разные стороны. Благодаря тому, что составляющие P_2 направлены в разные стороны, они взаимно уравновешиваются.

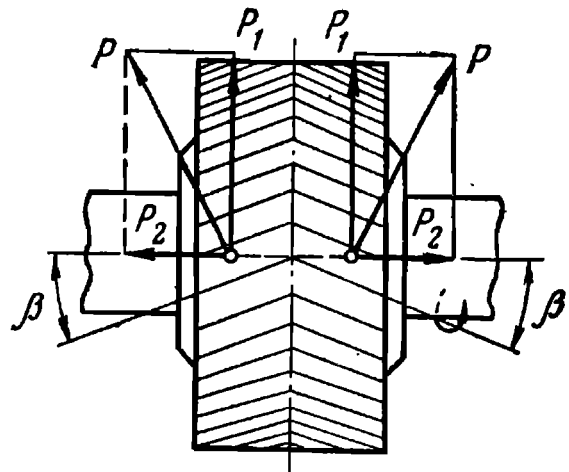


Рис. 11. Схема зубчатого колеса с шевронными зубьями

Винтовые зубчатые передачи. Цилиндрические зубчатые колеса с винтовыми зубьями применяют для передачи вращательного движения между валами, оси которых скрещиваются под различными углами.

В зависимости от направления винтовой канавки бывают колеса с левыми и правыми винтовыми зубьями.

На рис. 12 показаны винтовые зубчатые передачи с углом наклона β канавки с левыми (рис. 12, а) и с правыми (рис. 12, б) винтовыми зубьями.

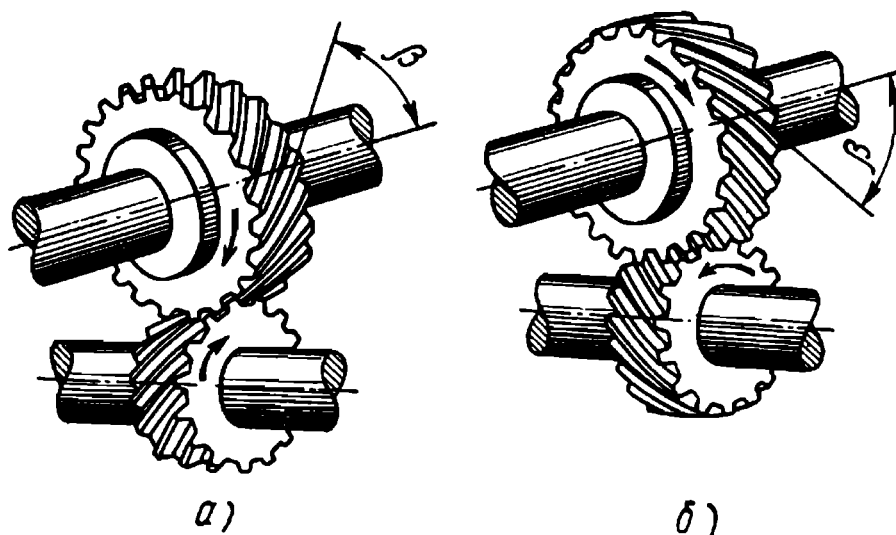


Рис. 12. Винтовые зубчатые передачи:
а — с левыми винтовыми зубьями колес, б — с правыми винтовыми зубьями колес

Червячные колеса. Червячные колеса также используются для передачи вращательного движения между скрещивающимися валами. Зубья червячных колес принципиально ничем не отличаются от винтовых зубьев цилиндрических колес.

Червячное колесо сцепляется с червяком и образует зацепление, аналогичное зацеплению реечной передачи. На рис. 13, а показана схема червячного зацепления, а на рис. 13, б — основные размеры червячной передачи. Чтобы уяснить принцип работы червячного зацепления, мысленно рассечем середину толщины зубчатого колеса и червяк плоскостью (на рисунке рассечена половина червяка). В сечении увидим, что червячное зубчатое колесо имеет профиль зубьев, одинаковый с профилем зубьев цилиндрического зубчатого колеса, а червяк имеет трапециевидальный профиль зубьев, т. е. профиль рейки.

Если червяку сообщить подачу вдоль его оси, то он, действуя как рейка, будет вращать червячное колесо. В червячных зацеплениях червяк не перемещается вдоль своей оси, а вращается, и за счет этого зубья червяка как бы перемещаются вдоль его оси и тем самым поворачивают зубчатое колесо.

Червяки бывают однозаходные, двухзаходные и трехзаходные, а иногда и с большим числом заходов.

Однозаходный червяк за один свой оборот поворачивает сцепленное с ним зубчатое колесо на величину одного шага, т. е. на один зуб; двухзаходный червяк за один оборот поворачивает сцепленное с ним колесо на два зуба и трехзаходный червяк поворачивает колесо соответственно на три зуба.

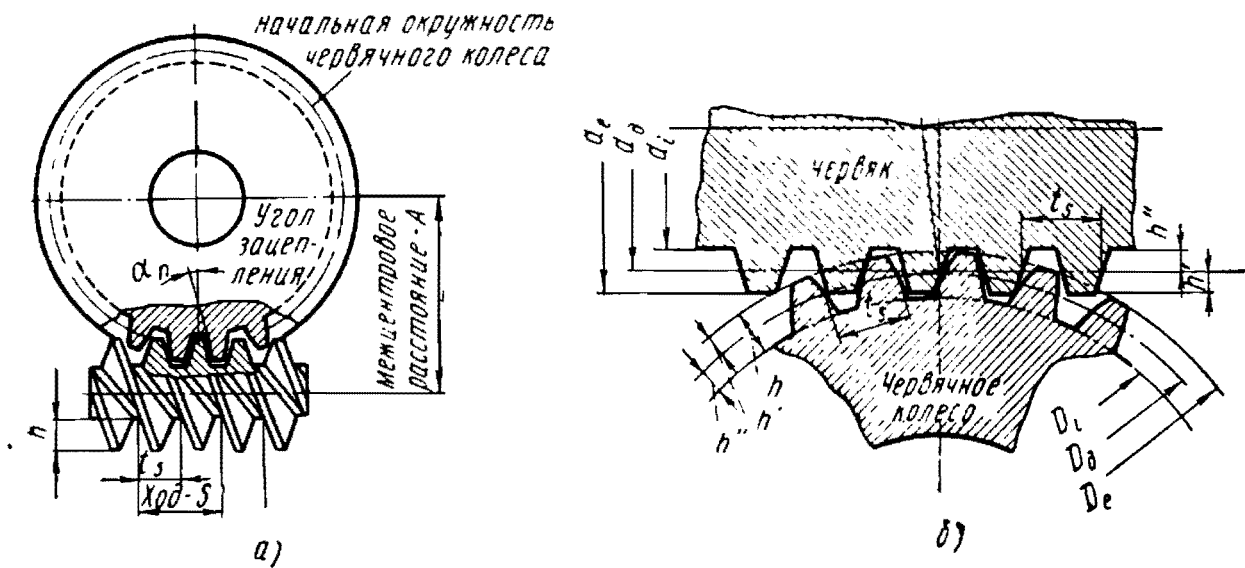


Рис. 13. Схема червячного зацепления

Расчет основных элементов червячной передачи производится по формулам, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Расчетные формулы червячных передач

Элементы червячной передачи	Обозначения	Расчетные формулы	
		для червячного колеса	для червяка
Шаг осевой	t_s	$t_s = m \cdot \pi$	$t_s = m \cdot \pi$
Диаметр делительной окружности	D_d, d_d	$D_d = m \cdot z_k$	d_d — задается конструктив.
Высота зуба	h	$h = 2,25 m$	$h = 2,25 m$
Высота головки зуба	h'	$h' = 1 \cdot m$	$h' = 1 \cdot m$
Высота ножки зуба	h''	$h'' = 1,25 m$	$h'' = 1,25 m$
Диаметр окружности выступов в средней плоскости	D_e, d_e	$D_e = D_d + 2 m$	$d_e = d_d + 2 m$

Элементы червячной передачи	Обозначения	Расчетные формулы	
		для червячного колеса	для червяка
Диаметр окружности впадин	D_i d_i	$D_i = D_d - 2,5 m$	$d_i = d_d - 2,5 m$
Толщина зуба колеса (витка червяка) по оси на делительном диаметре	s_a	$s_a = \frac{t_s}{2} = \frac{\pi \cdot m}{2}$	$s_a = \frac{t_s}{2} = \frac{\pi \cdot m}{2}$

Чтобы лучше уяснить, как пользоваться приведенными в табл. 1 формулами, разберем пример расчета червячной передачи.

Пример. Рассчитать червячную передачу при $m=5$ мм; числе зубьев колеса $z_k=100$; однозаходном червяке с диаметром делительной окружности $d_d=60$ мм. Диаметр делительной окружности червячного колеса

$$D_d = m \cdot z_k = 5 \cdot 100 = 500 \text{ мм.}$$

Высота зуба

$$h = 2,25 \cdot m = 2,25 \cdot 5 = 11,25 \text{ мм.}$$

Высота головки зуба

$$h' = 1 \cdot m = 1 \cdot 5 = 5 \text{ мм.}$$

Высота ножки зуба

$$h'' = 1,25m = 6,25 \text{ мм.}$$

Диаметр окружности выступов в средней плоскости колеса

$$D_e = D_d + 2m = 500 + 10 = 510 \text{ мм.}$$

Диаметр окружности впадин колеса

$$D_i = D_d - 2,5m = 500 - 12,5 = 487,5 \text{ мм.}$$

Толщина зуба колеса на делительном диаметре

$$s_a = \frac{t_s}{2} = \frac{m\pi}{2} = \frac{5 \cdot 3,14}{2} = 7,85 \text{ мм.}$$

Осевой шаг червяка

$$t_s = m\pi = 5 \cdot 3,14 = 15,7 \text{ мм.}$$

Диаметр окружности выступов червяка

$$d_e = d_d + 2m = 60 + 10 = 70 \text{ мм.}$$

Диаметр окружности впадин червяка

$$d_i = d_d - 2,5m = 60 - 12,5 = 47,5 \text{ мм.}$$

Конические зубчатые колеса. Конические зубчатые колеса применяют для передачи вращательных движений между валами, расположенными под углом друг к другу. Если вращение двух цилиндрических зубчатых колес схематично можно представить как качение без скольжения одного цилиндрического катка по другому, то вращение двух конических зубчатых колес можно представить как качение без скольжения одного конуса по другому (рис. 14). Передавать вращение между двумя валами можно не только полными, но и усеченными конусами (на рис. 14 усеченные конусы показаны пунктиром).

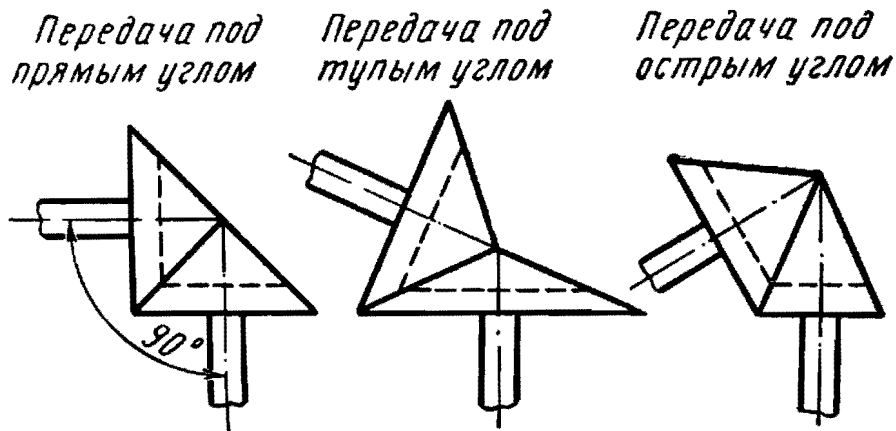


Рис. 14. Конические фрикционные передачи вращательного движения

При передаче значительной мощности гладкие конусы будут проскальзывать относительно друг друга и поэтому такая передача будет весьма ненадежна. Если же на поверхности усеченных конусов нарезать зубья определенной формы и размеров, то в этом случае с помощью конических зубчатых колес можно будет передавать значительные мощности.

В машиностроении конические зубчатые колеса изготовляют обычно с зубьями не на полной длине образующей начального конуса, а лишь на части его, т. е. пользуются усеченными конусами.

На рис. 15 показаны в разрезе два конических зубчатых колеса. Колеса имеют начальные конусы OPM и OPN с общей вершиной в точке O . При вращении зубчатых колес начальные конусы катятся без скольжения друг по другу, причем точка O является центром этого качения.

В конических зубчатых колесах толщина и шаг зуба по длине непостоянны — наибольшая толщина и наибольший шаг будут на большем диаметре начального конуса, а наименьшая толщина и наименьший шаг — на меньшем диаметре начального конуса. Следовательно, конические зубчатые колеса имеют и два модуля — наибольший и наименьший.

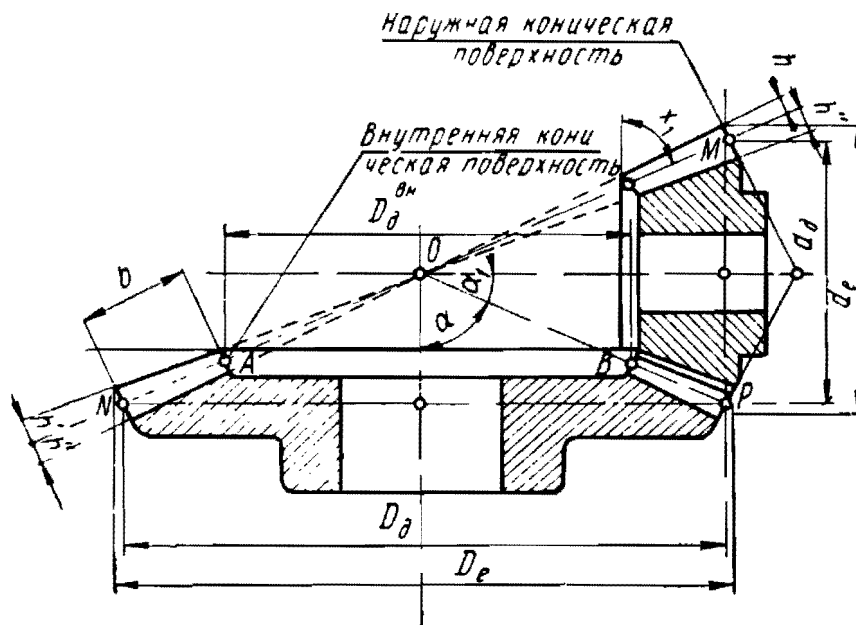


Рис. 15. Схема конической зубчатой передачи

На рис. 15 видно, что конические зубчатые колеса имеют делительные окружности двух диаметров, а именно:

$D_d = N \cdot P$ — делительная окружность на наружной конической поверхности большого колеса.

$D_d^{вн} = AB$ — делительная окружность на внутренней конической поверхности большого колеса.

Меньшее зубчатое колесо имеет также делительные окружности двух диаметров.

При определении размеров конических шестерен исходят из наибольшего модуля. Определяют основные размеры конических зубчатых колес по следующим формулам.

Диаметр наибольшей начальной окружности большого зубчатого колеса

$$D_d = m \cdot z_1,$$

где z_1 — число зубьев большого колеса.

Диаметр наибольшей начальной окружности меньшего зубчатого колеса

$$d_d = m \cdot z_2,$$

где z_2 — число зубьев меньшего колеса.

Половина угла начального конуса большего зубчатого колеса

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{z_1}{z_2}.$$

Половина угла начального конуса меньшего зубчатого колеса

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{z_2}{z_1}.$$

Высота головки зуба на наружной конической поверхности обоих зубчатых колес

$$h' = m,$$

т. е. высота головки зуба, так же как и у цилиндрических зубчатых колес, равна модулю.

Высота ножки зуба на наружной конической поверхности обоих зубчатых колес

$$h'' = 1,25 m.$$

Наружный диаметр большего конического зубчатого колеса

$$D_e = D_d + 2h' \cos \alpha.$$

Наружный диаметр меньшего зубчатого колеса

$$d_e = d_d + 2h' \cos \alpha_1.$$

Длину зуба b обычно принимают равной $1/3$ длины образующей начального конуса (OP).

Пример. Определить основные размеры конических зубчатых колес с наибольшим модулем $m=4$ мм, числом зубьев большего колеса $z_1=50$ и числом зубьев меньшего колеса $z_2=25$.

Диаметр наибольшей делительной окружности большего зубчатого колеса

$$D_d = m \cdot z_1 = 4 \cdot 50 = 200 \text{ мм.}$$

Диаметр наибольшей делительной окружности меньшего зубчатого колеса

$$d_d = m \cdot z_2 = 4 \cdot 25 = 100 \text{ мм.}$$

Половина угла начального конуса большего зубчатого колеса

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{50}{25} = 2 \quad \alpha = 63^\circ 30'.$$

Половина угла начального конуса меньшего зубчатого колеса

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{25}{50} = 0,5 \quad \alpha_1 = 26^\circ 30'.$$

Высота головки зуба на наружной конической поверхности обоих зубчатых колес

$$h' = m = 4 \text{ мм.}$$

Высота ножки зуба на наружной конической поверхности обоих зубчатых колес

$$h'' = 1,25m = 1,25 \cdot 4 = 5,0 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр большего конического зубчатого колеса

$$D_e = D_d + 2h' \cos \alpha = 200 + 2 \cdot 4 \cos 63^\circ 30' = 204 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр меньшего зубчатого колеса

$$d_e = d_d + 2h' \cos \alpha_1 = 100 + 2 \cdot 4 \cdot \cos 26^\circ 30' = 107 \text{ мм.}$$

§ 3. КОРРИГИРОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Корригированием зубчатых колес называется отступление от нормального профиля зуба при зубонарезании для повышения нагрузочной способности и улучшения работы зубчатой передачи. Корригирование позволяет увеличивать прочность передачи (до 20%), значительно повышать износостойкость и сопротивление заеданию, устранять подрез зубьев и др.

При нарезании цилиндрических зубчатых колес инструментами реечного типа (червячными фрезами) корригирование обеспечивается за счет соответствующей установки режущего инструмента. Зубчатое колесо корригируется, если делительная окружность колеса катится без скольжения не по начальной прямой рейки нарезающего инструмента, а по параллельной ей линии.

Расстояние между этими линиями называется смещением сходного контура ($\Delta h'$). На эту величину и производится сдвиг червячной фрезы по отношению к заготовке при зубофрезеровании.

Отношение величины смещения рейки к модулю называется коэффициентом коррекции ξ .

$$\xi = \frac{\Delta h'}{m}, \quad \text{отсюда} \quad \Delta h' = \xi \cdot m = E - r_d,$$

где E — расстояние центра зубчатого колеса от начальной линии реечного инструмента;

r_d — радиус делительной окружности колеса.

На рис. 16 показаны профили некорригированного и корригированного зуба и расположение режущего инструмента (червячной фрезы).

При нарезании нормального некорригированного профиля (рис. 16, а) делительная окружность D_d колеса катится по начальной прямой O_1O_1 реечного инструмента без скольжения и толщина зуба равна половине шага, т. е.

$$s = \frac{t}{2} = \frac{\pi \cdot m}{2}.$$

Здесь смещение исходного контура равно нулю, т. е.

$$\xi \cdot m = 0.$$

Смещение исходного контура от оси нарезаемого зубчатого колеса считается положительным ($E > r_d$), а смещение исходного контура в направлении к оси нарезаемого колеса — отрицательным ($E < r_d$).

При положительном смещении исходного контура (рис. 16, б) толщина зуба s_3 получается больше, чем ширина впадины, т. е. $s_3 > s_B (+\xi \cdot m)$, а при отрицательном смещении исходного контура (рис. 16, в) толщина зуба получается меньше, чем ширина впадины, т. е. $s_3 < s_B (-\xi \cdot m)$.

Корригирование применяют в основном для сопряженных колес с большой разницей чисел зубьев с целью повышения прочности малого колеса.

§ 4. ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ОТНОШЕНИЯ

С помощью зубчатых передач медленное вращение одного вала может превращаться в быстрое движение другого вала и, наоборот, быстрое вращение одного вала — в медленное вращение другого вала. Эти превращения осуществляются по определенной закономерности, которая устанавливается передаточным отношением.

Чтобы уяснить, что такое передаточное отношение и как его определяют, рассмотрим основные сведения о скоростях движений.

Скоростью движения какого-либо тела называется величина перемещения его в единицу времени. Тело может перемещаться по прямой линии и по кривой, например по окружности. Расстояние, пройденное по какой-либо окружности за единицу времени, называется *окружной скоростью*.

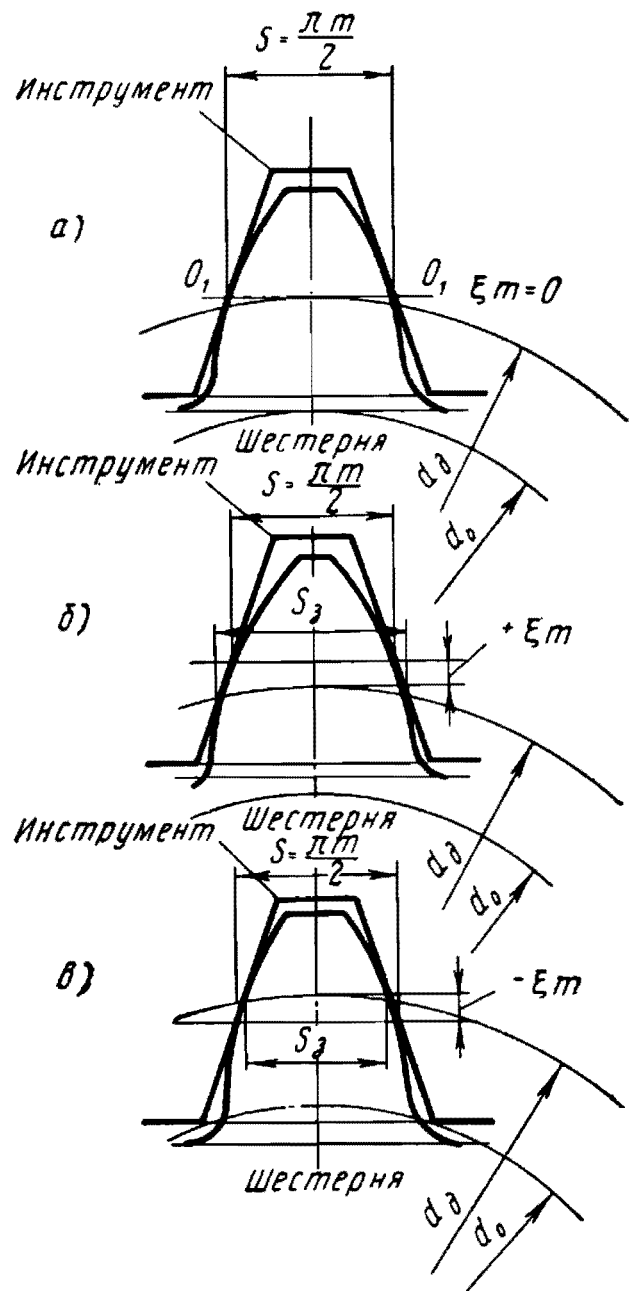


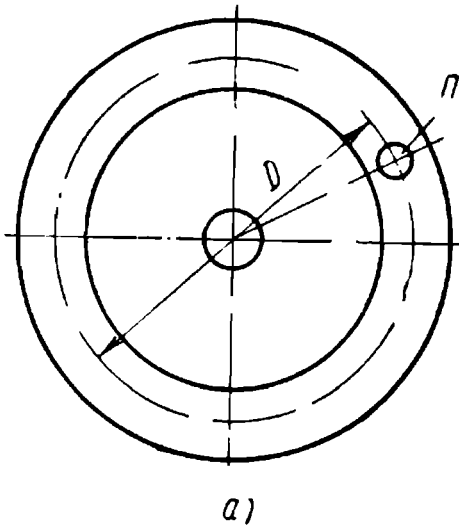
Рис. 16. Профили некорригированного и корригированного зуба:
 а — некорригированного ($\xi = 0$), б — корригированного ($\xi > 0$), в — корригированного ($\xi < 0$).

На рис. 17, а показано колесо, на окружности диаметром D которого укреплен палец P . За один оборот колеса палец пройдет путь, равный длине окружности $\pi \cdot D$, а за n оборотов — путь S .

$$S = \pi \cdot D \cdot n.$$

Путь измеряется обычно в метрах, сантиметрах, миллиметрах.

Чтобы получить окружную скорость (в метрах в минуту), нужно пройденный путь (в метрах) разделить на время t (в минутах).



$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{t} \text{ м/мин.}$$

Обычно задается число оборотов, которое делает колесо или другое тело в минуту (n об/мин). Если известно, что колесо делает n оборотов в минуту, то окружная скорость будет $v = \pi \cdot D \cdot n$ м/мин.

Пример. Определить окружную скорость точек зубьев, лежащих на делительной окружности зубчатого колеса диаметром $D_d = 100$ мм, если число оборотов колеса в минуту $n = 500$.

Окружную скорость определим по формуле

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 500}{1000} = 157 \text{ м/мин.}$$

Здесь диаметр делительной окружности выражен в миллиметрах, поэтому, чтобы получить окружную скорость в метрах в минуту, все произведение $\pi \cdot D \cdot n$ делим на тысячу.

Рис. 17. Схема для определения понятия об окружной скорости (а) и схема зубчатого зацепления (б)

Возьмем два зубчатых колеса (рис. 17, б), одно из которых имеет диаметр начальной окружности D_n , а другое — диаметр начальной окружности d_n в два раза меньший, т. е.

$$d_n = \frac{D_n}{2}.$$

При вращении большего колеса точка M_1 будет двигаться с такой же скоростью, что и точка M_2 , так как начальные окружности зубчатых колес перекатываются без скольжения.

Скорость движения точки M_1 равна длине окружности большего колеса $\pi \cdot D_n$, умноженной на число оборотов n_1 в единицу

времени, например в минуту. Скорость движения точки M_2 равна длине окружности меньшего колеса $\pi \cdot d_n$, умноженной на число оборотов n_2 в единицу времени.

Эти окружные скорости равны между собой, т. е.

$$v_1 = v_2,$$

тогда

$$\pi \cdot D_n \cdot n_1 = \pi \cdot d_n \cdot n_2.$$

Из этого равенства определим число оборотов второго, меньшего колеса

$$n_2 = \frac{\pi \cdot D_n \cdot n_1}{\pi \cdot d_n}.$$

Теперь, вместо d_n , подставив $\frac{D_n}{2}$, получим:

$$n_2 = \frac{\pi \cdot D_n \cdot n_1}{\pi \cdot \frac{D_n}{2}} = \frac{\pi \cdot D_n \cdot n_1}{\frac{\pi \cdot D_n}{2}} = 2n_1.$$

Число оборотов меньшего колеса в два раза больше числа оборотов большего колеса. Если диаметр меньшего колеса будет в три раза меньше диаметра большего колеса, то число оборотов его будет в три раза больше и т. д. Таким образом, при зубчатых передачах за счет разных величин диаметров начальных окружностей зубчатых колес можно получить и разные числа оборотов.

Число, которое показывает увеличение или уменьшение числа оборотов одного из колес зубчатой передачи, называется передаточным отношением. Иначе говоря, передаточное отношение i — это отношение числа оборотов ведомого вала $n_{вм}$ к числу оборотов ведущего вала $n_{вщ}$.

$$i = \frac{n_{вм}}{n_{вщ}}. \quad (1)$$

Зная соотношение между диаметром начальной окружности и числом зубьев зубчатых колес, можно передаточное число выразить через отношение числа зубьев колес.

$$i = \frac{n_{вм}}{n_{вщ}} = \frac{z_{вщ}}{z_{вм}}, \quad (1a)$$

т. е. передаточное отношение равно отношению числа зубьев ведущего колеса к числу зубьев ведомого колеса.

Зная число оборотов ведущего колеса $n_{вщ}$ и передаточное отношение, можно определить число оборотов ведомого колеса.

$$n_{вм} = n_{вщ} \cdot i. \quad (1б)$$

Следовательно, число оборотов ведомого вала равно числу оборотов ведущего вала, умноженному на передаточное отношение.

Пример 1. Определить передаточное отношение между ведущим зубчатым колесом $z_{вщ} = 50$ и ведомым зубчатым колесом $z_{вм} = 20$.
Передаточное отношение определяем по формуле (1а)

$$i = \frac{z_{вщ}}{z_{вм}} = \frac{50}{20} = 2,5.$$

Пример 2. Определить число оборотов ведомого зубчатого колеса, если ведущее колесо вращается со скоростью $n = 500$ об/мин, а передаточное отношение между колесами равно $i = 1,5$.

Число оборотов ведомого колеса определим по формуле (1б)

$$n_{вм} = n_{вщ} \cdot i = 500 \cdot 1,5 = 750 \text{ об/мин.}$$

§ 5. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

В каждой машине рабочие органы совершают определенные целенаправленные движения. Например, шпиндель зубофрезерного станка при нарезании прямозубых цилиндрических колес совершает вращательное и поступательное движение, а стол — только вращательное и т. д. Необходимые движения рабочим органам любой машины, в данном случае станка (шпинделю, столу станка и др.), сообщаются подвижными деталями, которые в технике также называются звеньями машины (зубчатые колеса, рейки, червяки и червячные колеса, ходовые винты и гайки и др.).

Чтобы осуществить заданные движения, звенья (детали) соединяют различным образом. Соединение двух звеньев образует так называемую кинематическую пару. Например, в станке кинематическими парами являются два сцепленных зубчатых колеса, соединение рейки с зубчатым колесом, соединение червяка с червячным колесом, соединение ходового винта с гайкой и другие соединения, с помощью которых передаются движения с заданной скоростью и в заданном направлении.

Машина состоит из ряда кинематических пар, которые взаимосвязаны между собой. Совокупность кинематических пар называют кинематической цепью. Кинематическая цепь определяет виды, величины и направления движения рабочих органов машины (станка).





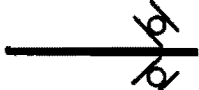


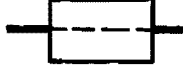
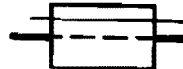
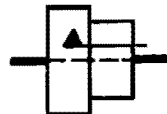
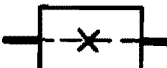
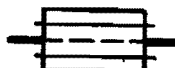
Чтобы сознательно управлять станком и налаживать его на заданную работу, необходимо знать его кинематические цепи (кинематику станка).

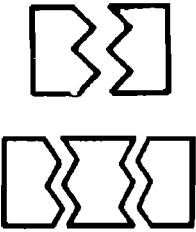
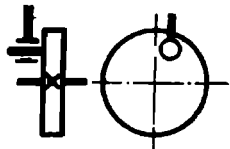
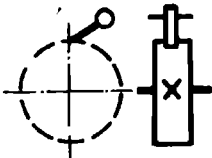
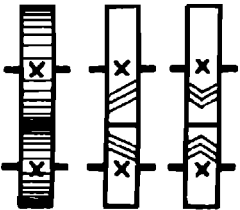
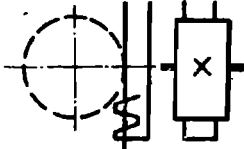
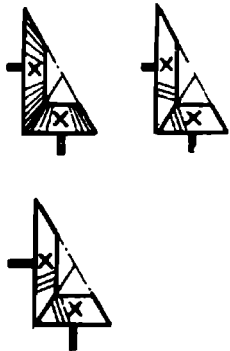
Кинематику станка изучают с помощью кинематической схемы, которая представляет собой условное упрощенное изображение звеньев, кинематических пар и кинематической цепи в целом. Кинематическая схема позволяет разобраться, какими звеньями и какие движения передаются от двигателя или от другого источника энергии к рабочим органам станка (к шпинделю, к столу станка и др.). Для упрощенного изображения кинемати-

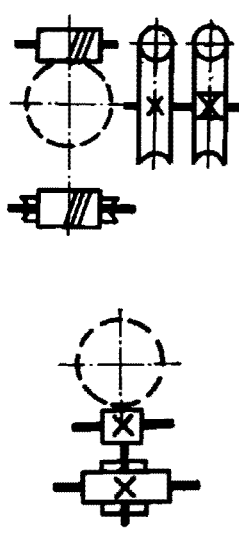
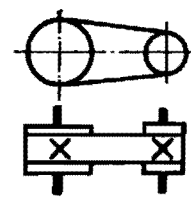

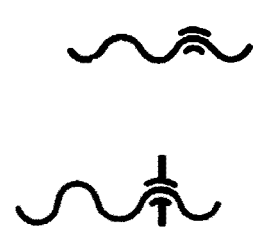
ки станка кинематической схемой каждый тип звена (детали) имеет условное обозначение. В табл. 2 приведены условные обозначения звеньев на кинематических схемах в соответствии с ГОСТ 3462—52.

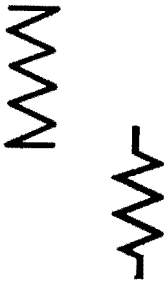

Таблица 2

Основные условные обозначения для кинематических схем

Элементы кинематической схемы	Условные обозначения
Вал, ось, стержень и т. д.	
Подшипники: общее обозначение	
скольжения	
качения, радиальный	
качения, радиально-упорный	
качения, упорный односторонний	
качения, упорный двусторонний	
Соединение детали с валом: свободное	
со скользящей шпонкой	
при помощи выдвижной шпонки	
при помощи глухой шпонки	
шлицевое	

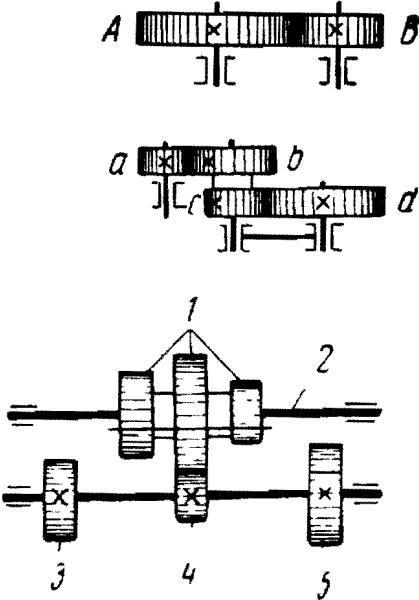
Элементы кинематической схемы	Условные обозначения
<p>Кулачковые муфты сцепления:</p> <p>односторонняя</p> <p>двусторонняя</p>	
<p>Соединения кривошипного диска с шатуном</p>	
<p>Храповой механизм</p>	
<p>Зубчатое зацепление с прямыми, винтовыми и шевронными зубьями</p>	
<p>Общее обозначение реечного зацепления</p>	
<p>Коническая зубчатая передача с прямыми, винтовыми и криволинейными зубьями</p>	

Элементы кинематической схемы	Условные обозначения
<p>Зубчатые зацепления между скрещивающимися валами:</p> <p>червячная передача</p> <p>винтовая передача</p>	
<p>Передача плоским ремнем</p>	
<p>Винт для передачи движения</p>	
<p>Гайка на винте, передающем движение:</p> <p>неразъемная</p> <p>разъемная</p>	

Элементы кинематической схемы	Условные обозначения
<p>П р у ж и н ы:</p> <p>сжатия</p> <p>растяжения</p>	
<p>Блок из двух зубчатых колес со скользящей шпонкой</p>	

В табл. 3 приведены некоторые схематические изображения типовых механизмов регулирования и переключения скоростей движений зуборезных станков.

Таблица 3
Типовые механизмы зуборезных станков

№ п/п	Наименование механизмов	Схемы механизмов
1	<p>Сменные зубчатые колеса:</p> <p>а) без гитары</p> <p>б) с гитарой</p>	
2	<p>Механизм с подвижным блоком зубчатых колес</p>	

№ п/п	Наименование механизмов	Схемы механизмов
3	Кулачковая муфта	
4	Фрикционная муфта	
5	Механизм реверсирования с одним паразитным колесом	
6	Механизм реверсирования с двумя паразитными колесами	
7	Механизм реверсирования с коническими колесами	
8	Коробка скоростей с подвижными блоками	
9	Падающий червяк	

Сменные зубчатые колеса применяют для регулирования скоростей движения рабочих органов станка (скорости вращения шпинделя, скорости движения механизмов подачи стола или шпинделя и др.) в большом интервале при точном передаточном отношении. Настройку скоростей движений осуществляют установкой парносменных зубчатых колес $\frac{A}{B}$ (механизм

№ 1, а) или сменных колес $\frac{a \cdot c}{b \cdot d}$ с гитарой (механизм № 1, б) *.

Этот механизм применяют практически в каждом зуборезном станке для регулирования скоростей вращения шпинделя станка и возвратно-поступательного движения долбяка и зубострогальных резцов, для настройки движений деления, подач и др. Передаточное отношение для механизма без гитары определяют по формуле

$$i = \frac{z_A}{z_B},$$

а с гитарой

$$i_r = \frac{z_a \cdot z_c}{z_b \cdot z_d}.$$

Например, если поставить сменные колеса $z_a = 55$, $z_b = 85$, $z_c = 48$ и $z_d = 60$, то получим передаточное отношение:

$$i_r = \frac{55 \cdot 48}{85 \cdot 60} = \frac{33}{51}.$$

Ось, на которой устанавливаются колеса b и c , является подвижной, и поэтому зацепление осуществляется при любых числах зубьев.

Механизм с подвижным блоком зубчатых колес (механизм № 2) также применяют для изменения скоростей движения рабочих органов станка. Этот механизм обеспечивает изменение скорости вращения путем перемещения блока зубчатых колес 1 по валу 2 и последовательного соединения одного из колес блока с зубчатыми колесами 3, 4, 5. При соединении каждого из этих колес с одним из колес блока получается зубчатая передача с различным передаточным отношением, благодаря чему и обеспечивается изменение скорости вращения.

Кулачковые муфты (механизм № 3) применяют для временного или постоянного соединения двух соосных валов. Временное соединение двух соосных валов обычно производится с целью изменения скорости. Путем передвижения кулачко-

* Гитарой в механизме настройки скоростей называется кронштейн с пазом, в котором устанавливают оси сменных колес в нужном положении.

вой муфты 1 поочередно включаются зубчатые колеса 2 и 3 и тем самым обеспечивается замедление или ускорение вращения зубчатых колес 4 и 5 за счет разных передаточных отношений.

Фрикционные муфты (механизм № 4) применяют для тех же целей, что и кулачковые муфты; они отличаются тем, что могут быть включены при больших скоростях, причем в случаях перегрузок ведомое звено может проскальзывать, чем предотвращается возможная авария. Переключение скоростей обеспечивается конической 1 или дисковой 2 фрикционными муфтами.

Механизмы реверсирования предназначаются для изменения направления вращения рабочих органов станка. В зависимости от назначения эти механизмы применяют в различных исполнениях — с одним паразитным колесом* (механизм № 5), с двумя паразитными колесами (механизм № 6, а, б, в) и с коническими колесами (механизм № 7).

В механизме № 5 при включении кулачковой муфты, сидящей на скользящей шпонке вала, вправо обеспечивается вращение приводного вала в одном направлении, а при включении муфты влево — в противоположном направлении. Подобные конструкции механизмов реверсирования широко применяют в зуборезных станках.

В механизме № 6 при вращении ведущего колеса по часовой стрелке ведомому колесу сообщается вращение против часовой стрелки (положение а). В положении б передача выключена и в положении в ведущее колесо z_1 сообщает ведомому колесу z_2 движение по часовой стрелке.

Коробки скоростей (механизм № 8) применяют для изменения скорости вращения шпинделя зуборезного станка или возвратно-поступательного движения ползуна зубодолбежного или зубострогального станка. Они представляют собой дальнейшее развитие механизма, показанного на схеме 2 табл. 3.

Падающий червяк (механизм № 9) служит для автоматического выключения подачи. Например, когда суппорт и стол зубофрезерного станка доходят до упора, установленного на станине, и не могут дальше двигаться, приводной валик 2, продолжая вращаться, благодаря скошенным зубьям отодвигает вправо половину муфты 5, преодолевая сопротивление пружины 8. Одновременно половинка муфты 5 нажимает на кронштейн 7, поддерживающий своим уступом 6 червяк 3 в зацеплении с червячным колесом 4. Лишенный поддержки червяк под действием собственного веса упадет, повернувшись вокруг оси 1, и выйдет из зацепления.

* Паразитным зубчатым колесом называется такое колесо, которое изменяет только направление вращения, но не изменяет передаточное отношение передачи.

§ 6. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ЧЕРВЯКОВ

Рабочие чертежи на зубчатые колеса выполняют так же, как и чертежи на все детали машин в соответствии со стандартами на чертежи в машиностроении. Но правила оформления венцов (нарезанной части) зубчатых колес имеют свои особенности, предусмотренные ГОСТ 9250—59. Все данные, необходимые для изготовления и контроля точности зубчатого венца (а иногда и сведения для справок), указывают в таблице параметров, располагаемой в правой части чертежа, а также приводят непосредственно на изображении детали. Данные о термообработке и другие дополнительные указания приводятся под изображением чертежа.

При наличии на колесе двух и более зубчатых венцов одного вида (например, блок цилиндрических колес) каждый венец на выносной линии обозначают большой буквой русского алфавита (А, Б, В и т. д.) и в таблице дают соответствующее количество колонок с параметрами.

Когда на одном колесе имеется два или более венцов разного вида (цилиндрический и конический или цилиндрический и червячный и т. п.), для каждого вида венцов составляют отдельные таблицы, располагая их рядом или одна под другой.

Рассмотрим примеры оформления рабочего чертежа различных типов зубчатых колес (зубчатых венцов) и содержание таблиц параметров (данных), необходимых для изготовления колес.

Цилиндрические колеса. В табл. 4 и 5 приведены чертежи одновенцового и двухвенцового цилиндрических колес, их параметры и указания по термообработке.

На чертеже одновенцового колеса указаны наружный диаметр D_e с допуском δD_e , длина зуба b и место проверки колеса на твердость (b_1); другие размеры на чертеже условно не проставлены.

На чертеже двухвенцового колеса указаны наружный диаметр D_{e1} с допуском δD_{e1} внешнего венца и наружный диаметр D_{e2} с допуском δD_{e2} внутреннего венца, длина зуба b внешнего венца и длина зуба b_1 внутреннего венца, а также обозначена чистота обработки поверхностей.

Внешний и внутренний венцы обозначены буквами А и Б и таблица параметров имеет соответствующие колонки.

Таблица параметров состоит из трех колонок: в первой дается наименование параметров зубчатого венца, во второй — условное обозначение параметра и в третьей — величина этого параметра (в третьей колонке в скобках обозначены номера позиций таблицы).

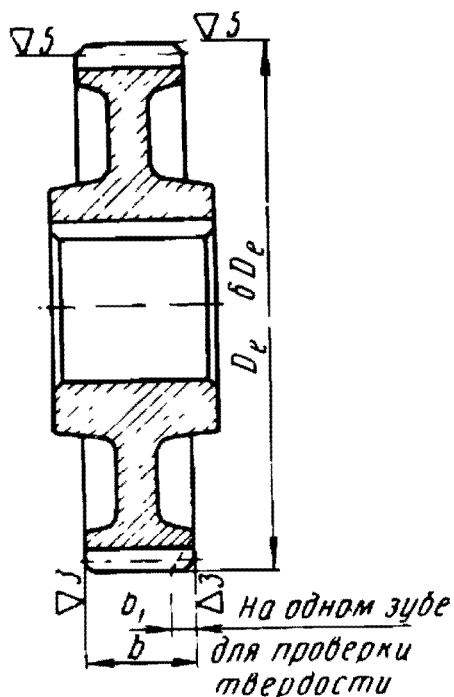


Таблица 4
 Параметры однозубового цилиндрического колеса

Модуль	m	Позиция 1		
Число зубьев	z	Позиция 2		
Угол наклона зуба	β_d	Позиция 3		
Направление зубьев	—			
Исходный контур	Угол профиля	α_d	Позиция 4	
	Коэффициент высоты	головки		f'
		ножки		f''
	Радиус закругления	r_i		
Степень точности по ГОСТ	—	Позиция 5		

В первой позиции таблицы указывается модуль зубчатого колеса. Для колес с винтовым зубом указывается нормальный модуль m_n .

Во второй позиции указывается число зубьев z . Для зубчатых секторов указывается число зубьев на полной окружности, а фактическое число зубьев на секторе определяется углом сектора, указанным на изображении чертежа.

Третья позиция заполняется только для колес с винтовым зубом и шевронных колес. В ней указывается угол наклона зубьев β_d на делительном цилиндре, кроме того, для колес с

винтовым зубом указывается направление зубьев (правое и левое), а для шевронных колес дается надпись «шевронное».

В четвертой позиции указываются параметры исходного контура. Стандартизованный исходный контур задается ссылкой на ГОСТ 3058—54 без указания параметров. При отличии коэффициента высоты головки f' и высоты ножки f'' (с учетом радиального зазора) или радиуса закругления r_i от стандартизованного профиля указываются только эти отличия со ссылкой на ГОСТ 3058—54, приводятся абсолютные величины высоты го-

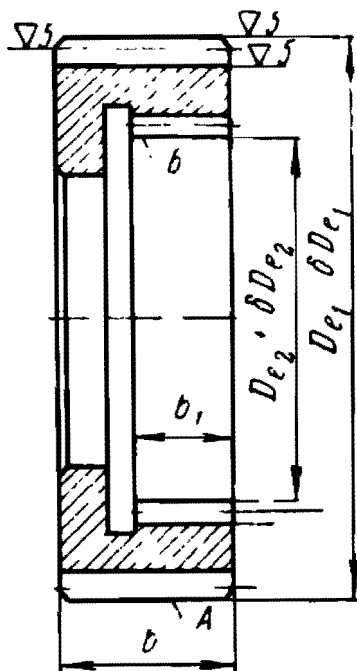


Таблица 5

Параметры двухвенцового цилиндрического колеса

Зубчатые венцы			A	Б	
Модуль		m	Позиция 1	Позиция 1	
Число зубьев		z	Позиция 2	Позиция 2	
Угол наклона зубьев		β_d	Позиция 3	Позиция 3	
Направление зубьев					
Исходный контур	Угол профиля	α_d	Позиция 4	Позиция 4	
	Высота	головки			h'
		ножки			h''
	Радиус закругления	r_i			
Степень точности по ГОСТ					

ловки h' , ножки h'' и радиуса закругления (как это показано в таблице для двухвенцового колеса).

В пятой позиции указывается степень точности и вид сопряжения по соответствующему стандарту.

Конические и червячные колеса. В табл. 6 приведены чертеж конического колеса и параметры, необходимые для его изготовления.

Размеры и параметры φ , L , k , β , δ , h_n задаются по делительному конусу. В первой позиции таблицы указывается модуль m у дополнительного конуса колеса. Для колес с криволинейными зубьями со стандартизованным нормальным модулем указывается нормальный модуль m_n и со стандартизованным торцовым модулем — торцовый модуль m_s (только для колес с кривыми зубьями).

Во второй позиции указывается число зубьев z . Для зубчатых секторов указывается число зубьев на полной окружности, а фак-

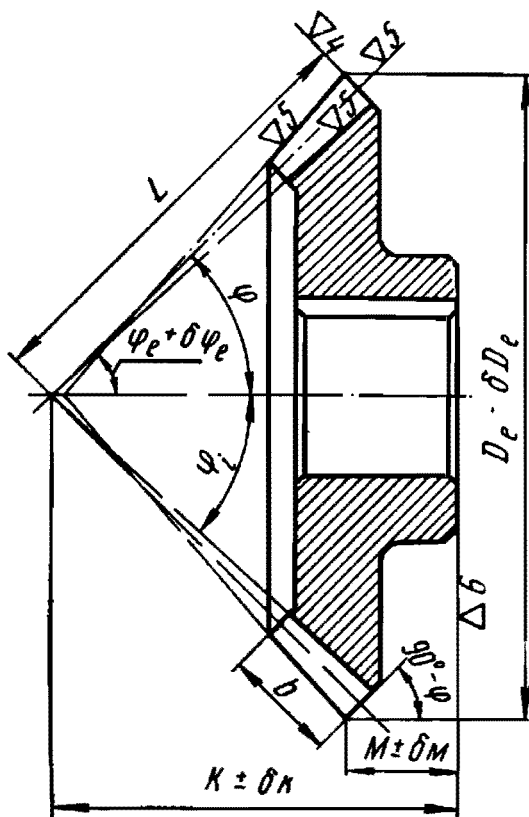


Таблица 6
Параметры конического колеса

Модуль	m	Позиция 1
Число зубьев	z	Позиция 2
Тип зуба	—	Позиция 3
Угол спирали	β	Позиция 4
Направление зубьев	—	

Исходный контур	Угол профиля	α_d	Позиция 5)
	Высота головки зубьев	h'	
	Высота зуба	h	
	Радиус закругления	r_i	
Степень точности по ГОСТ	—	Позиция 6	

тическое число зубьев на секторе определяется углом сектора, указанным в чертеже.

В третьей позиции указывается тип зубьев (прямые, тангенциальные, круговые), а в четвертой позиции дается:

а) для тангенциальных зубьев максимальный угол спирали, а для круговых средний угол спирали;

б) направление зубьев.

В пятой позиции указываются параметры исходного контура. Стандартизованный исходный контур колеса с прямыми и тангенциальными зубьями задается ссылкой на ГОСТ 3058—54 с указанием полной высоты зубьев.

В шестой позиции указывается степень точности и вид сопряжения по соответствующему стандарту.

Чертеж червячного колеса и параметры, необходимые для нарезания колеса, приведены в табл.7.

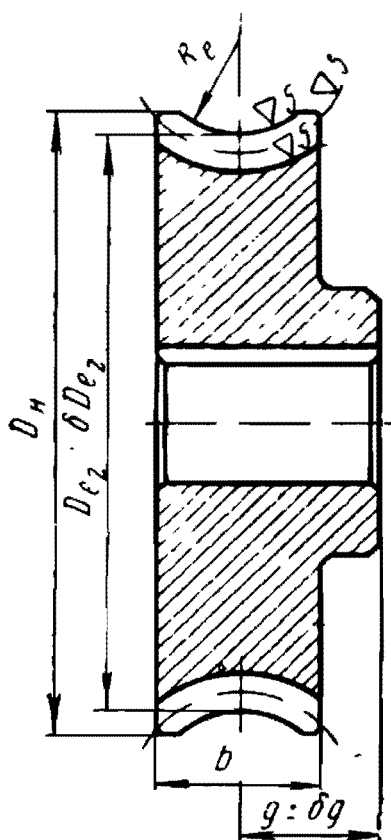


Таблица 7
 Параметры червячного колеса

Модуль осевой		m_s	Позиция 1
Число зубьев		z_2	Позиция 2
Сопряженный червяк	Число заходов	z_1	Позиция 3
	Направление витка	—	
Межосевое расстояние в обработке		A_0	Позиция 4
Степень точности по ГОСТ		—	Позиция 5

ГЛАВА IV

**РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ
МЕТАЛЛОВ**

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТАХ

Рабочая часть любого режущего инструмента по форме соответствует клину. Наиболее наглядно это видно у общеизвестного инструмента — топора. При раскалывании дров топор держат вертикально и он работает как обычный клин (рис. 18, а), сила

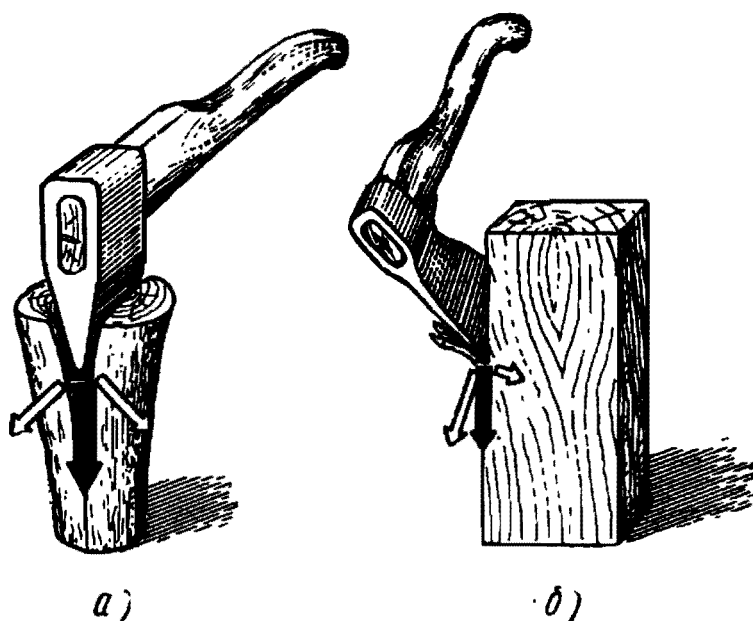


Рис. 18. Работа топора:
а — двумя гранями, б — одной гранью

удара равномерно распределяется на обе грани клина (на обе стороны топора) и полено раскалывается пополам. Если нужно обтесать доску, т. е. снять тонкий слой дерева (стружку), топор держат наклонно (рис. 18, б). При этом сила удара действует главным образом на одну грань (сторону) топора, которая и отделяет стружку.

На рис. 19, *а* показано зубило, также представляющее собой клин; обе грани зубила одинаково воздействуют на металл и разрубают его.

Форма клина положена в основу конструкции режущей части всех инструментов независимо от того, для выполнения каких операций они предназначены (точение, фрезерование, строгание, сверление и др.). Отличаются они от обычного клина только тем, что поверхности их режущей части расположены несимметрично к направлению силы резания и оказывают различное воздействие на обрабатываемый материал. Одна из поверхностей снимает срезанный слой металла — стружку и отводит ее от места резания; другая поверхность на срезаемый слой непосредственно не воздействует.

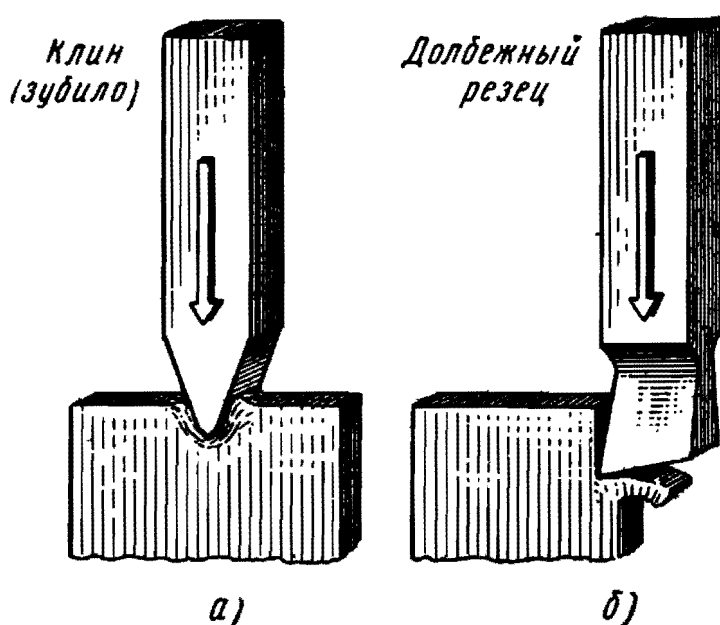


Рис. 19. Резание металла:
а — зубилом, *б* — долбежным резцом

На рис. 19, *б* показан долбежный резец, который при движении вниз под действием силы ползуна станка одной своей поверхностью давит на металл и срезает стружку, другая поверхность воздействия на металл не оказывает.

Современный металлорежущий инструмент, обеспечивающий высокопроизводительную обработку металла, конечно, имеет более сложную конструкцию, чем клин. Форму режущей части инструмента и углы заточки принято называть геометрией режущих инструментов.

Процесс образования стружки, производительность станка, точность обработки, чистота обработанной поверхности в очень сильной степени зависят от геометрии режущих инструментов. В некоторых случаях применение научно обоснованной геометрии инструмента обеспечивает повышение производительности

механической обработки в несколько раз. Применяют различные режущие инструменты: разнообразные резцы, фрезы, сверла, зенкеры, развертки, протяжки, долбяки и т. п. Родоначальником всех этих инструментов является резец. Несмотря на большое различие конструктивных форм разных инструментов, режущую часть любого, даже самого сложного из них, в том числе и зубчатого инструмента, можно рассматривать как сочетание двух или многих резцов той или иной формы. Поэтому изучение

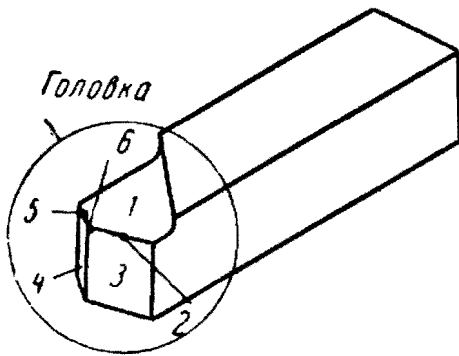


Рис. 20. Основные элементы режущей части (головки) резца

режущих инструментов начнем с рассмотрения элементов геометрии режущей части резца.

На рис. 20 показаны основные элементы режущей части (головки) резца.

Основными элементами головки резца являются: передняя поверхность 1, по которой сходит стружка; главная задняя поверхность 3, обращенная к поверхности резания образуемой режущей кромкой резца; вспомогательная задняя поверхность 4, обращенная к обработан-

ной поверхности; главная режущая кромка 2, образуемая пересечением передней и главной задней поверхности; вспомогательная режущая кромка 5 и вершина резца 6, образованная пересечением режущих кромок.

На рис. 21 показаны основные элементы режущей части трех различных инструментов: торцовой фрезы (рис. 21, а), спирального сверла (рис. 21, б) и дисковой модульной фрезы для нарезания зубчатых колес (рис. 21, в). На рисунке одноименные элементы режущей части инструментов обозначены одними и теми же цифрами.

У многих инструментов некоторые элементы их режущей части выполняют конструктивно несколько иначе, чем у резца. Так, например, у дисковых модульных и других фрез, применяемых для нарезания зубчатых колес, главная задняя поверхность очерчивается по кривой линии, называемой спиралью Архимеда, а у спиральных сверл задняя вспомогательная поверхность сделана в виде узкой спиральной ленточки и передняя поверхность не плоская, как у резца, а спиральная. Однако изменяется только внешняя форма названных элементов, их назначение и роль в процессе резания остаются без изменения.

При работе инструмента очень важное значение имеет расположение передней и задней поверхностей, а также других элементов режущей части инструмента. Эти элементы инструмента располагаются под разными углами в зависимости от характера обработки и от свойств обрабатываемого металла. Например,

чтобы расколоть полено, обычно пользуются топором с тупым клином (колуном), а чтобы снять тонкий слой с дерева — топором с острым, хорошо заточенным клином (острым топором).

Примерно то же самое наблюдается и при обработке металлов режущими инструментами. При тяжелых работах, когда срезается толстый слой металла, и при резании высокопрочных металлов применяют режущий инструмент с большим углом между передней и задней поверхностями, так как такой инструмент обладает большей прочностью. При снятии небольшого слоя ме-

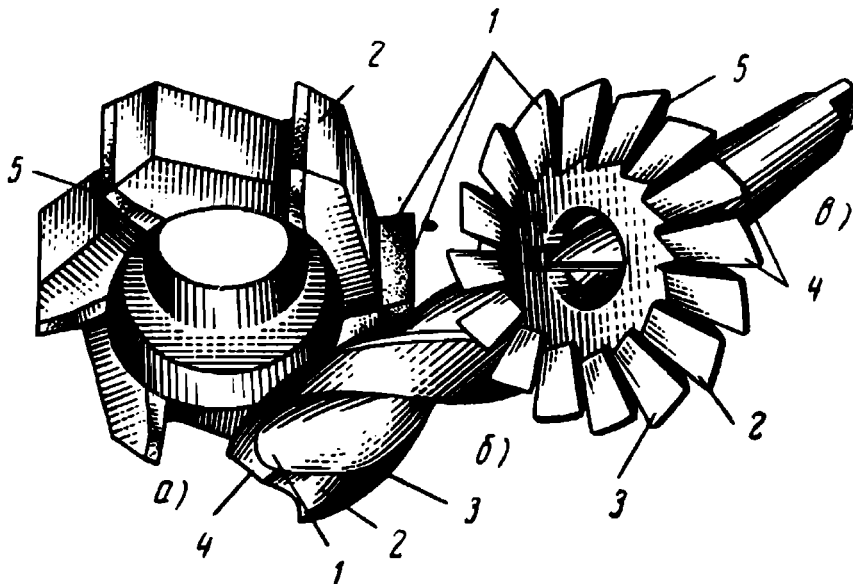


Рис. 21. Элементы режущей части трех инструментов:

a — торцевой фрезы, *б* — спирального сверла, *в* — дисковой модульной фрезы: 1 — передняя поверхность, 2 — главная задняя поверхность, 3 — задняя вспомогательная поверхность, 4 — главная режущая кромка, 5 — вспомогательная режущая кромка

талла и при обработке менее прочных металлов применяют инструмент с меньшим углом между передней и задней поверхностями, так как с уменьшением этого угла облегчается срезание металлической стружки.

Угол между передней и главной задней поверхностями (гранями) называется углом заострения (рис. 22), который обозначается греческой буквой β (бета).

Кроме угла заострения, на работу инструмента влияют и другие углы, величина которых определяется в зависимости от расположения плоскости резания.

Плоскостью резания называется плоскость, касательная к поверхности резания. Поверхность резания образуется на обрабатываемой детали режущей кромкой инструмента. При строгании поверхность резания совпадает с плоскостью резания и с обработанной поверхностью (рис. 22, *a*), а при фрезеровании цилиндрическими фрезами плоскость резания располагается по касательной к окружности, образованной вершинами зубьев

(рис. 22, б), причем плоскость резания всегда проходит через режущую кромку инструмента.

Задним углом называется угол между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания; обозначается он греческой буквой α (альфа); передним углом называется угол между передней поверхностью резца и плоскостью, перпендикулярной к плоскости резания; этот угол обозначается греческой буквой γ (гамма).

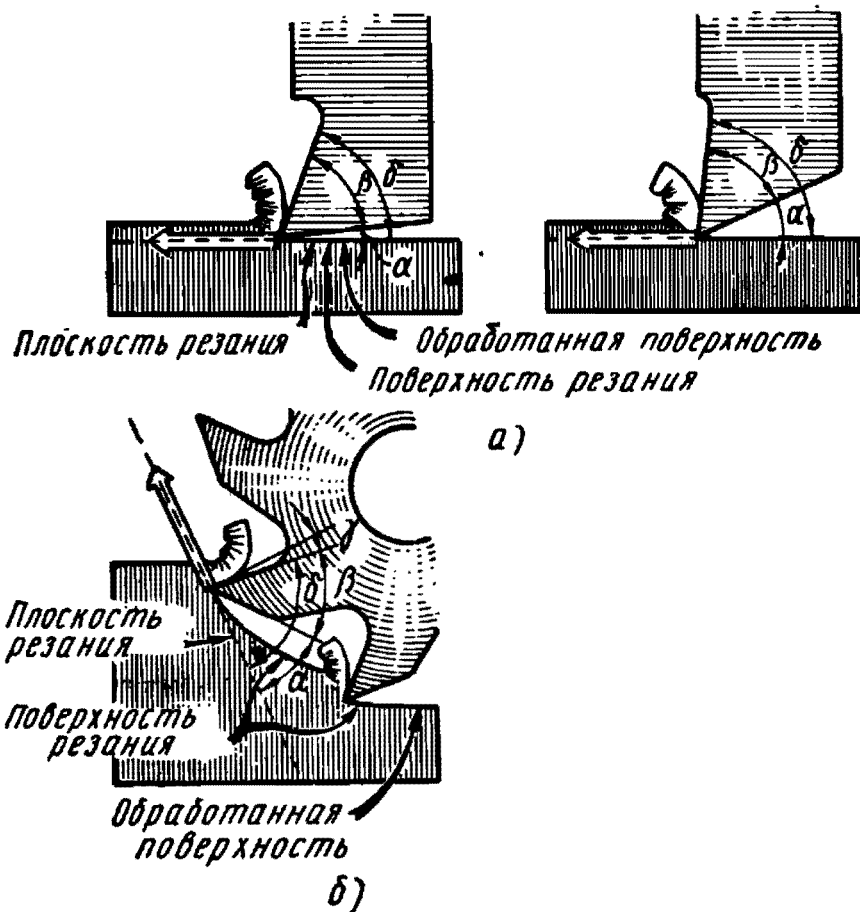


Рис. 22. Геометрия инструментов:
а — строгального резца, б — цилиндрической фрезы

Углом резания называется угол между передней поверхностью и плоскостью резания, обозначается он греческой буквой δ (дельта). Угол резания представляет собой сумму угла заострения и заднего угла: $\delta = \beta + \alpha$.

Все перечисленные выше углы (α , β , δ , γ) называют главными, потому что от их величины зависит прочность режущего лезвия и его режущие способности. Главные углы измеряются в главной секущей плоскости, которая располагается перпендикулярно главной режущей кромке.

Кроме углов в главной секущей плоскости, различают еще углы во вспомогательной секущей плоскости. Плоскость располагается перпендикулярно вспомогательной режущей кромке. Эти углы имеют те же обозначения, что и главные углы, но с добавлением индекса: α' , β' , γ' и т. д.

Углы α , β , δ , γ тесно связаны между собой, а их величины определяют условия работы и прочность инструмента.

Величины углов резания выбирают в зависимости от механических свойств обрабатываемого металла и материала режущего инструмента, а также от характера обработки (черновая или чистовая) и указывают в чертежах инструмента.

Следует иметь в виду, что действительная величина данных углов, возникающая в процессе резания, иногда отличается от величины, указываемой на чертеже, так как она зависит и от установки инструмента на станке. Изменяя положение инструмента относительно плоскости резания, можно тем самым изменять углы δ , α и γ . При постоянном угле заострения β с увеличением угла резания увеличивается задний угол α и уменьшается передний угол γ , и наоборот — с уменьшением угла резания уменьшается задний угол и увеличивается передний угол. На рис. 22, а показаны два различных положения резца с одинаковым углом заострения β относительно плоскости резания. Как видно на рисунке, при одном и том же угле заострения задний и передний углы разные, а следовательно, и условия работы инструмента также неодинаковы.

Рассмотрим влияние углов на работу инструмента.

Задний угол образуют для уменьшения износа задней грани инструмента вследствие трения о поверхность резания в процессе резания металла. Чем больше задний угол, тем меньше износ инструмента и тем больше его стойкость в процессе резания.

Передний угол образуют для того, чтобы обеспечить более благоприятные условия для срезания стружки. С увеличением переднего угла деформация срезаемого металла уменьшается, а следовательно уменьшается расход энергии на резание. От величины переднего угла зависят количество тепла, выделяющегося при резании, чистота обработанной поверхности, точность обработки, износ и стойкость инструмента.

Угол заострения делается для обеспечения врезания инструмента в обрабатываемый металл. Чем меньше угол заострения, тем легче врезается инструмент в металл и, наоборот, чем больше угол заострения, тем труднее осуществить врезание инструмента. При выборе величины угла заострения учитывается и прочность инструмента, так как с уменьшением угла заострения прочность инструмента снижается. Выбор наиболее выгодных значений этих углов является чрезвычайно важным для обеспечения высокой производительности обработки.

Измерять углы резания зуборезного инструмента удобнее всего угломером конструкции инж. М. И. Бабчициера (рис. 23), выпускаемым Московским инструментальным заводом. Угломер состоит из дуги 1, на которой имеется шкала, разделенная рисками, каждая из которых соответствует определенному числу зубьев измеряемой фрезы. По дуге перемещается сектор 2, кото-

рый фиксируется в нужном положении винтом 3. Сектор снабжен градусными шкалами, по которым отсчитывается величина измеряемого угла. К сектору 2 прикреплена пластинка 4 с мерительной плоскостью. Для измерения переднего угла γ дисковой зуборезной фрезы угломер накладывают на вершины двух смежных зубьев и сектор 2 поворачивают до совмещения мерительной плоскости пластинки с передней поверхностью зуба фрезы и закрепляют винтом 3 (рис. 23, а). Значение переднего угла отсчи-

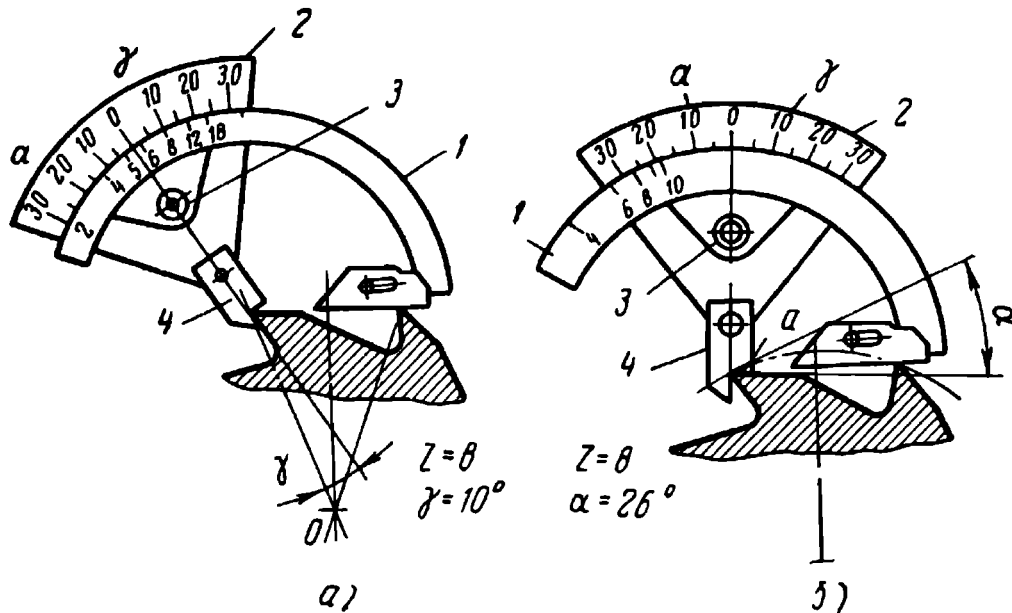


Рис. 23. Угломер конструкции М. И. Бабчиничера:
 а — проверка переднего угла фрезы, б — проверка заднего угла фрезы

тывается по градусной шкале против риски, соответствующей числу зубьев измеряемой фрезы (на рис. 23, а показано измерение переднего угла фрезы, имеющей восемь зубьев; передний угол равен 10°).

Для измерения заднего угла α настройка угломера тождественна настройке для измерения переднего угла (рис. 23, б). Сектор 2 поворачивают до совмещения мерительной плоскости пластинки 4 с задней поверхностью зуба и закрепляют винтом 3. Значение заднего угла α отсчитывается на градусной шкале против риски, соответствующей числу зубьев измеряемой фрезы (на рис. 23, б показана проверка заднего угла фрезы, имеющей восемь зубьев; задний угол равен 26°).

§ 2. ЗУБОРЕЗНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

В современном машиностроении зубчатые колеса нарезают следующими основными методами:

- 1) фрезерованием фасонными (модульными) дисковыми и пальцевыми фрезами;
- 2) строганием фасонными резцами;

- 3) обкатыванием червячной фрезой;
- 4) обкатыванием режущим колесом (долбяком);
- 5) обкатыванием режущей рейкой;
- 6) обкатыванием зубострогальными резцами.

При каждом методе нарезания зубчатых колес применяют соответствующий зуборезный инструмент.

Фасонные (модульные) дисковые и пальцевые фрезы. Эти фрезы применяют при нарезании зубчатых колес методом фасонного зубофрезерования, часто называемого методом копирования. При этом методе инструментом служит фасонная фреза,

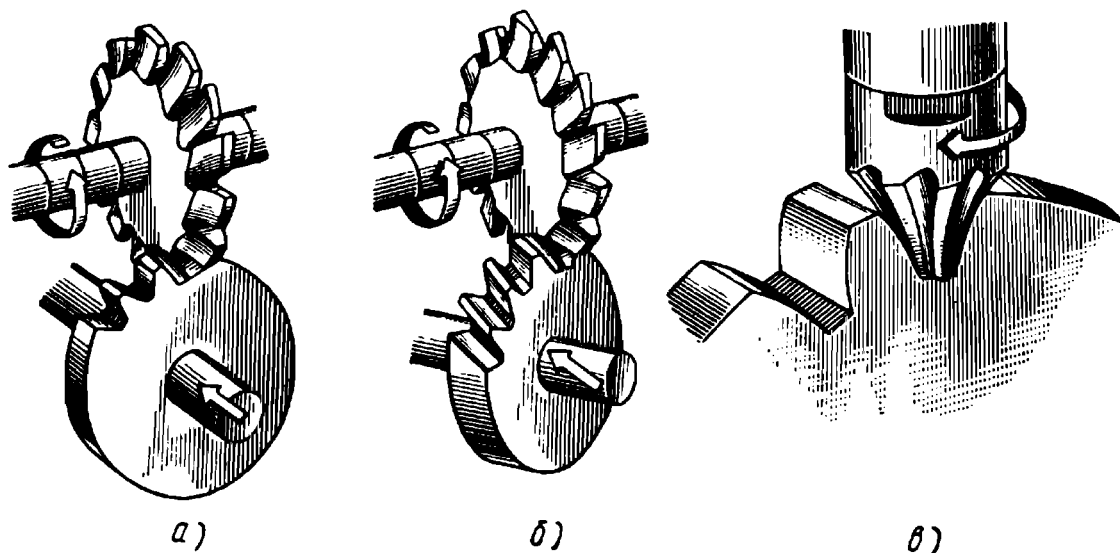


Рис. 24. Схемы нарезания зубчатых колес методом копирования: *а* — дисковой модульной фрезой цилиндрического колеса с прямыми зубьями, *б* — дисковой модульной фрезой цилиндрического колеса с винтовыми зубьями, *в* — пальцевой модульной фрезой цилиндрического колеса с прямыми зубьями

профиль которой представляет копию впадины между зубьями колеса. Обычно для зубчатых колес применяют модульные дисковые фрезы, а для особенно больших зубчатых колес — фасонные пальцевые фрезы. Фасонной фрезой фрезеруются впадины колеса одна за другой; после фрезерования каждой впадины заготовка поворачивается на один шаг или на один зуб и затем фрезеруется следующая впадина и т. д.

На рис. 24 показаны схемы нарезания зубчатых колес дисковой и пальцевой фрезой методом копирования. При нарезании зубчатого колеса с прямыми зубьями ось заготовки располагают перпендикулярно к оси фрезы (рис. 24, *а*), а при нарезании зубчатого колеса с винтовыми зубьями ось заготовки устанавливают под требуемым углом (рис. 24, *б*).

При методе копирования фасонные поверхности зуба образуются профилем фрезы; поэтому для обеспечения заданной точности обработки необходимо сохранять профиль фрезы при ее переточках. С этой целью задняя поверхность зубьев фрезы обрабатывается (затылуется) по кривой линии. Эта кривая пред-

ставляет собой архимедову спираль, обеспечивающую постоянство величины заднего угла и сохранение профиля зуба при переточках фрезы.

Передний угол γ у черновых фрез обычно принимают равным $8-10^\circ$. У чистовых фрез, снимающих небольшую стружку, чтобы обеспечить правильность профиля, идут на некоторое ухудшение условий резания и принимают его равным нулю. Задний угол у черновых и чистовых фрез принимают равным 15° , что соответствует величине задних углов на боковых сторонах профиля не менее 3° .

В табл. 8 приведены основные данные дисковых модульных фрез, нормализованных Всесоюзным научно-исследовательским инструментальным институтом (ВНИИ).

Таблица 8

Основные параметры дисковых модульных фрез

Модуль, мм	Наружный диаметр, мм	Диаметр отверстия под оправ- ку, мм	Число зубьев фрезы	Модуль, мм	Наружный диаметр, мм	Диаметр отверстия под оправ- ку, мм	Число зубьев фрезы
0,3	40	16	26	4	80	27	12
0,4	40	16	22	(4,25)	85	27	11
0,5	40	16	20	4,5	85	27	11
0,6	40	16	18	5	90	32	11
0,7	40	16	18	5,5	95	32	11
0,8	40	16	16	6	100	32	11
1,0	50	16	14	6,5	105	32	11
1,25	50	16	14	7	105	32	11
1,5	55	22	14	8	110	32	11
1,75	60	22	12	9	115	32	10
2,0	60	22	12	10	120	32	10
2,25	60	22	12	11	135	40	10
2,5	65	22	12	12	145	40	10
(2,75)	70	27	12	13	155	40	10
3,0	70	27	12	14	160	40	10
(3,25)	75	27	12	15	165	40	10
3,5	75	27	12	16	170	40	10
(3,75)	80	27	12	—	—	—	—

Примечание. Модули, указанные в скобках, по возможности не применять.

Эвольвентный профиль зависит от числа зубьев колеса, т. е. у зубчатых колес одного и того же модуля, но с разным числом зубьев профили зубьев неодинаковы. Поэтому теоретически для каждого модуля и числа зубьев необходима отдельная фреза.

На практике оказалось возможным с достаточной точностью нарезать различные зубчатые колеса набором из восьми модульных фрез для каждого модуля в диапазоне от 1 до 8 мм и набором из 15 модульных фрез для модулей от 9 до 16 мм. Каждая фреза из набора (комплекта) может приблизительно нарезать зубчатые колеса данного модуля в определенном диапазоне числа зубьев.

В табл. 9 указаны комплекты дисковых модульных фрез, установленные ОСТ 20181—40.

Таблица 9

Комплекты дисковых модульных фрез (ОСТ 20181—40)

Комплект из 8 шт.	№ фрезы		1	2	3	4	5	6	7	8
	Число зубьев нарезаемого колеса	12—13	14—16	17—20	21—25	26—34	35—54	55—134	135 и зубчатая рейка	

Комплект из 15 шт.	№ фрезы															
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	
Число зубьев нарезаемого колеса	12	13	14	15—16	17—18	19—20	21—22	23—25	26—29	30—34	35—41	42—54	55—79	80—134	135 и зубчатая рейка	

Увеличение количества фрез в наборе для более крупных модулей вызвано тем, что неточность нарезания одной фрезой колес с разными числами зубьев для больших модулей сказывается больше. По этой причине для точных колес более крупных модулей (свыше 16 мм) применяют комплекты, состоящие из 26 номеров фрез для каждого модуля.

Подбор модульных фрез для нарезания зубчатых колес поясним на примерах.

Пример 1. Требуется нарезать зубчатое колесо с числом зубьев $z=30$ и модулем $m=5$ мм. Так как модуль зубчатого колеса меньше 9 мм, при выборе номера модульной фрезы следует остановиться на 8-штучном комплекте модульных фрез. Затем по табл. 9 находим, что для нарезания 30 зубьев требуется взять модульную фрезу № 5 модуля 5 мм.

Пример 2. Подобрать модульную фрезу для нарезания цилиндрического зубчатого колеса с винтовым зубом с числом зубьев $z=40$, модулем $m=4$ мм и углом наклона зубьев $\beta=45^\circ$.

Для нарезания колеса с винтовым зубом номер модульной фрезы подбирают не по заданному числу зубьев, а по фиктивному. Это фиктивное число зубьев определяют по следующей формуле:

$$z_{\phi} = \frac{z}{\cos^3 \beta},$$

где z_{ϕ} — фиктивное число зубьев, согласно которому необходимо подбирать модульную фрезу;

z — действительное число зубьев нарезаемого зубчатого колеса с винтовыми зубьями;

β — угол наклона зубьев зубчатого колеса.

В данном примере фиктивное число зубьев будет:

$$z_{\phi} = \frac{z}{\cos^3 \beta} = \frac{40}{0,7^3} = \frac{40}{0,34} = 118.$$

По табл. 9 берем фрезу не для 32, а для 118 зубьев, т. е. фрезу № 7 модуля 4.

Дисковые модульные фрезы изготовляют из быстрорежущей стали Р9 с твердостью рабочей части $HRC\ 61-64$.

В целях экономии дорогих инструментальных сталей применяют сборные дисковые модульные фрезы для нарезания зубчатых колес больших модулей (рис. 25). Сборные фрезы со встав-

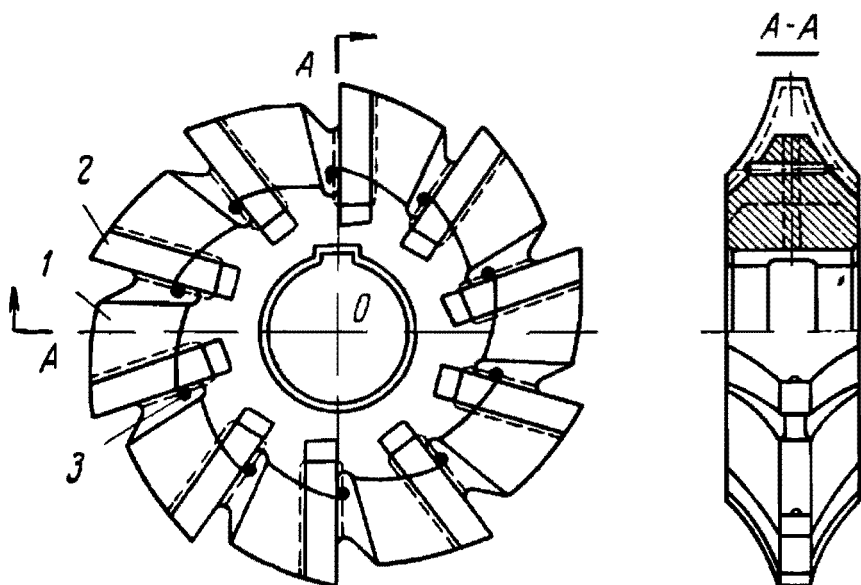


Рис. 25. Сборная модульная дисковая фреза:

1 — корпус фрезы, 2 — зубья, 3 — штифты

ными ножами нормализованы для модулей от 8 до 30. Основные размеры дисковых модульных фрез со вставными ножами для чернового фрезерования приведены в табл. 10.

Зубья черновых фрез изготовляют из быстрорежущей стали Р9, зубья чистовых фрез — из сталей Р18 или Р9, корпус фрез — из стали Ст. 6.

Основные размеры сборных дисковых модульных фрез
(со вставными ножами)

Модуль фрезы, мм	Наружный диаметр фрезы, мм	Припуск по толщине зуба, мм	Диаметр отверстия под оправку, мм
8 } 10 }	180	1,0 1,2	60
12 } 14 }	195	1,3 1,3	
16 } 18 }	220	1,3 1,3	
20 } 22 }	220	1,4 1,5	
24 } 26 }	240	1,7 1,8	
28 } 30 }	270	1,9 2,2	

Как уже указывалось выше, для нарезания зубчатых колес больших модулей, начиная с модуля 18 мм, применяют пальцевые модульные фрезы. На рис. 26 показаны пальцевые фрезы для черновой и чистовой обработки.

Очертания рабочей части фрезы представляют собой профиль впадины зубчатого колеса. Зубья пальцев модульных фрез, так же как и у дисковых фрез, затылованы и при переточках не изменяют своего профиля. У черновых пальцевых фрез передний угол γ равен $8-10^\circ$, а у чистовых фрез передний угол обычно равен нулю. Задний угол α у черновых и чистовых фрез равен $10-15^\circ$. Черновая фреза отличается от чистовой незначительно; для дробления стружки на черновых фрезах делают стружколомательные канавки.

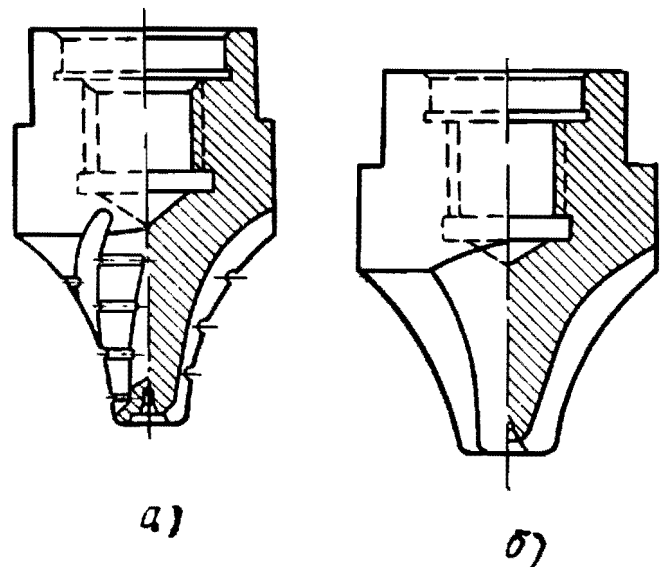


Рис. 26. Пальцевые модульные фрезы: а — для черновой обработки, б — для чистовой обработки

Чистовыми фрезами производят окончательное нарезание

зубчатых колес. Число зубьев чистовых пальцевых модульных фрез для облегчения обмеров принимается четным. Для каждого диапазона диаметров фрезы имеют следующее число зубьев.

Диаметр фрезы, мм	40—45	50—70	75—140	150—220
Число зубьев	2	4	6	8

Для нарезания зубчатых колес каждого модуля с различными числами зубьев применяют комплекты пальцевых фрез, аналогично дисковым модульным фрезам.

Каждому модулю соответствует комплект из трех черновых фрез для нарезания колес с числом зубьев с 12 по 18, с 19 по 34 и с 35 и более.

Для окончательного нарезания зубчатых колес для каждого модуля применяют комплект из 15 чистовых фрез. Каждым номером фрезы нарезается зубчатое колесо с числом зубьев 12, 13, 14, 15—16, 17—18, 19—20, 21—22, 23—25, 26—29, 30—34, 35—51, 42—54, 55—79, 80—134, 135 и более.

Пальцевыми модульными фрезами нарезают зубчатые колеса с прямыми, винтовыми и шевронными зубьями крупных модулей.

Эти фрезы, так же как и дисковые фрезы, изготавливают из быстрорежущей стали Р9 и Р18.

Червячные фрезы. Червячные фрезы, представляющие собой червяк с прорезанными на нем канавками для образования режущих кромок, применяют для нарезания зубчатых колес методом обкатки.

Метод обкатки заключается в том, что зубья на зубчатом колесе образуются при совместном согласованном вращении (обкатке) червячной фрезы и заготовки и одновременном вертикальном перемещении фрезы вдоль впадины зубьев (рис. 27, а). Движение фрезы и заготовки в процессе обкатки подобно совместному вращению червяка и зубчатого колеса в червячной передаче. В процессе обкатки зубья фрезы, имеющие в осевом сечении трапецеидальный профиль, образуют на заготовке зубья с эвольвентным профилем. Эвольвентный профиль каждого зуба получается в результате того, что прямолинейные боковые режущие кромки червячной фрезы поочередно касаются нарезаемого зуба, причем каждая из точек соприкосновения режущей кромки с нарезаемым зубом принадлежит эвольвенте, как это схематически изображено на рис. 27, б. На этой схеме тонкими линиями показаны последовательные положения зубьев фрезы по отношению к одной впадине заготовки, а жирной линией показан профиль впадины. Рассматривая последовательные положения зубьев фрезы (1, 2, 3 и т. д.), видим, что профиль впадины получается постепенно и состоит из множества прямолинейных участков, образованных зубьями фрезы. Эти прямолинейные участки накладываются один на другой и практически по-

лучается не ломаный, а криволинейный (эвольвентный) профиль зуба. На схеме видно, что эвольвентный профиль зуба касается ряда положений режущих кромок, как говорят, огибает их; поэтому метод обкатки называют также методом огибания. Методом обкатки нарезают также зубчатые колеса с винтовыми зубьями (рис. 27, в) и червячные колеса (рис. 27, г).

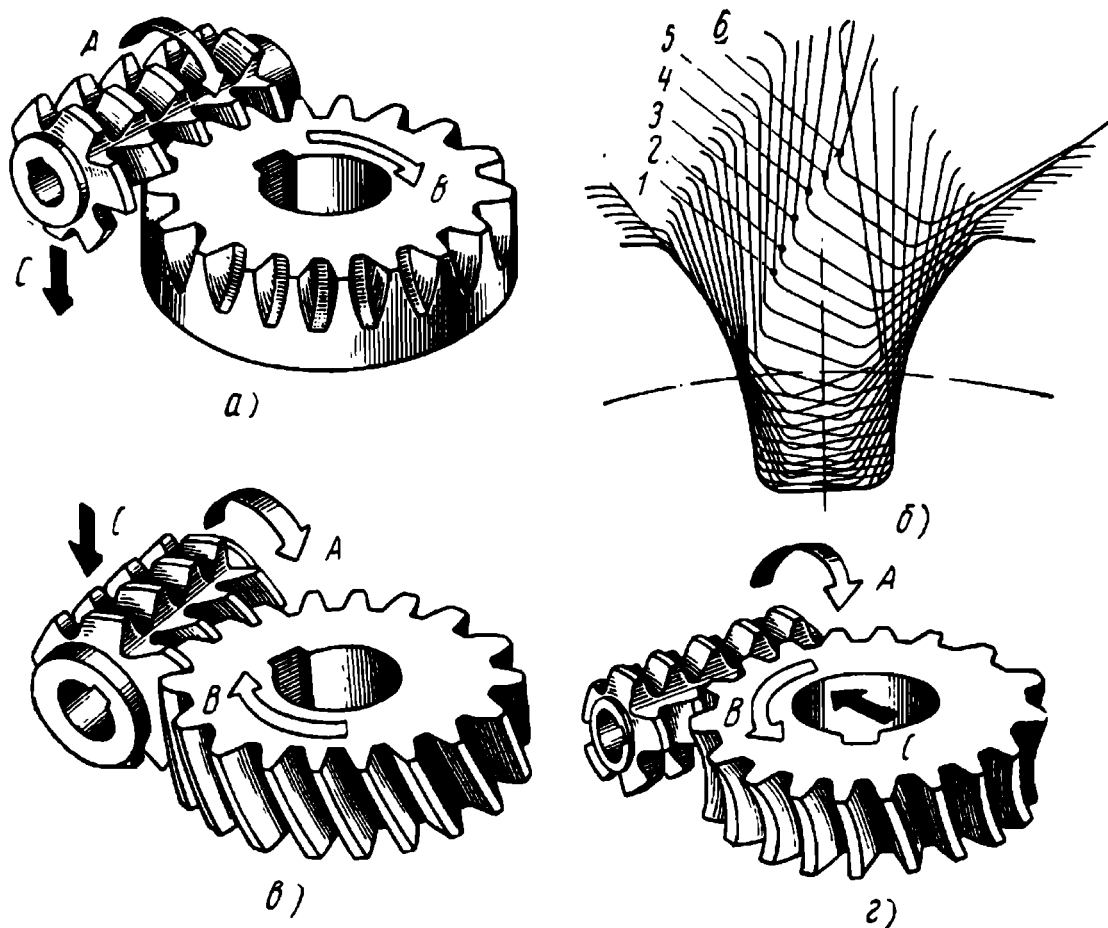


Рис. 27. Схемы нарезания зубчатых колес по методу обкатки: а — цилиндрического колеса с прямыми зубьями, б — схема последовательного положения зубьев червячной фрезы при фрезеровании впадины зубчатого колеса, в — цилиндрического колеса с винтовыми зубьями, г — червячного колеса; буквой А обозначено направление вращения фрезы; В — направление вращения нарезаемой заготовки; С — направление подачи заготовки

Методом обкатки нарезают шлицы различного профиля, храповые, дисковые и другие фрезы, звездочки, многогранники и множество подобных изделий. На рис. 28 приведены примеры фрезерования червячными фрезами различных изделий сложного профиля.

Рассмотрим конструкции червячных фрез для нарезания цилиндрических, червячных и конических колес с криволинейными зубьями.

Червячные фрезы для нарезания цилиндрических зубчатых колес по форме представляют собой червяк, у которого прорезаны канавки для образования режущих кромок. Канавки прорезаются под углом ω , равным углу подъ-

ема нитки червяка (рис. 29). Профиль зуба фрезы в перпендикулярном к направлению витка сечении имеет трапецеидальную форму и представляет собой рабочий контур рейки. Модуль фрезы равен модулю нарезаемого цилиндрического колеса с прямыми зубьями. Для колес с винтовыми зубьями модуль фрезы принимается равным модулю зубчатого колеса в нормальном сечении, т. е. в сечении, перпендикулярном к направлению зубьев колеса.

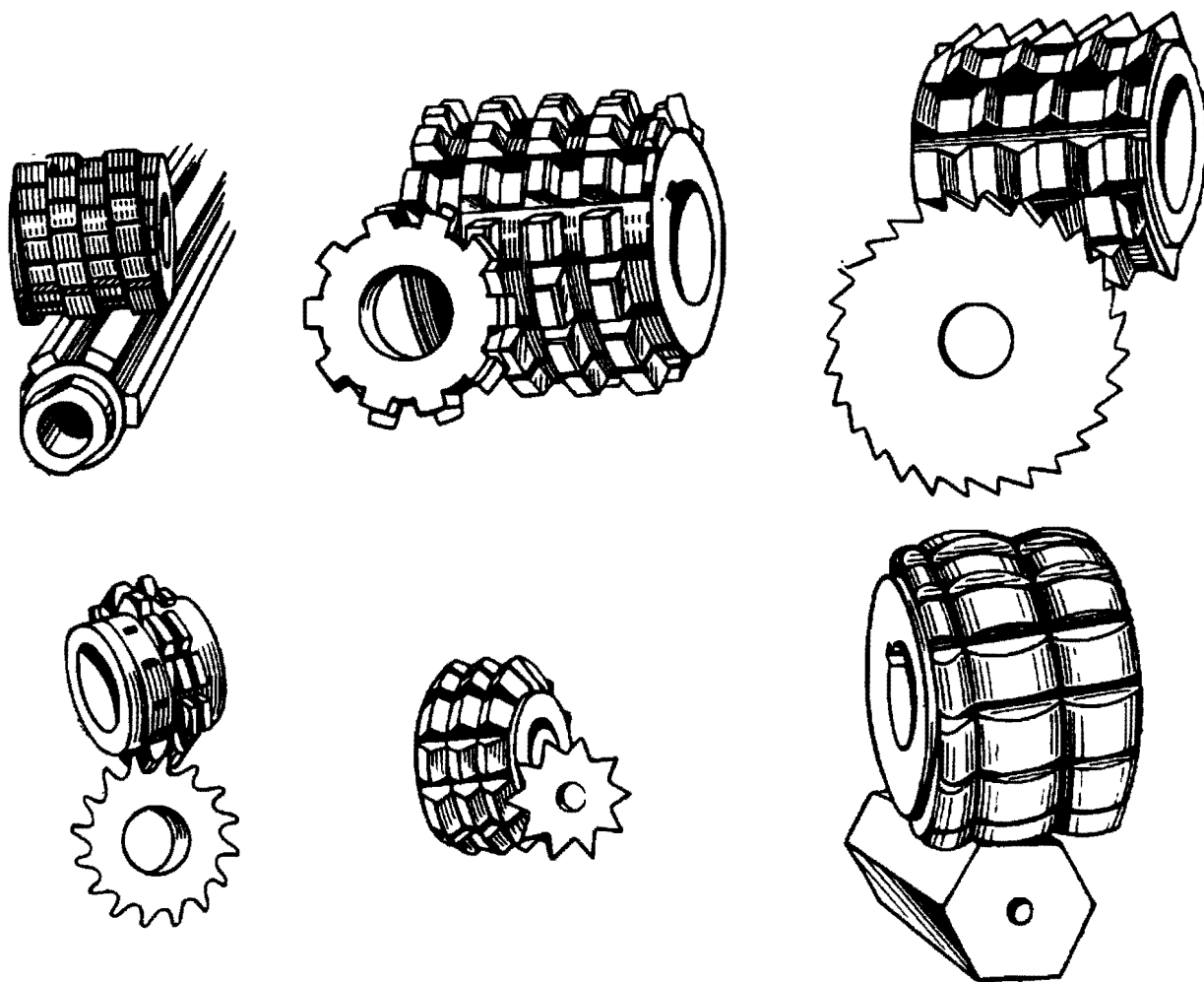


Рис. 28. Примеры фрезерования червячными фрезами различных деталей

Высота головки и ножки зуба принимается равной $1,25$ модуля нарезаемого колеса и полная высота зуба h составляет $2,5$ модуля. Шаг t фрезы равен шагу зубьев нарезаемого колеса, а толщина зубьев — половине шага. Угол подъема винтовой линии витка по среднему диаметру у однозаходных червячных фрез принимается 5° , а у многозаходных — не более 10° . Основными элементами геометрии режущей части червячных фрез, так же как и у дисковых модульных фрез, являются передний и задний углы. По мере затупления фреза затачивается по передней грани. Для сохранения постоянного заднего угла и профиля зуба фрезы затылуют по кривой, которая представляет собой архимедову спираль. Эта кривая обеспечивает постоянство

заднего угла и сохранение профиля зубьев фрезы при их переточках.

Червячные фрезы для нарезания цилиндрических зубчатых колес изготовляют двух типов — черновые и чистовые.

Черновые фрезы применяют для предварительной прорезки впадин с оставлением небольшого припуска под чистовое фрезерование в окончательный размер. Для повышения производительности чернового зубофрезерования применяют двухзаходные и многозаходные фрезы.

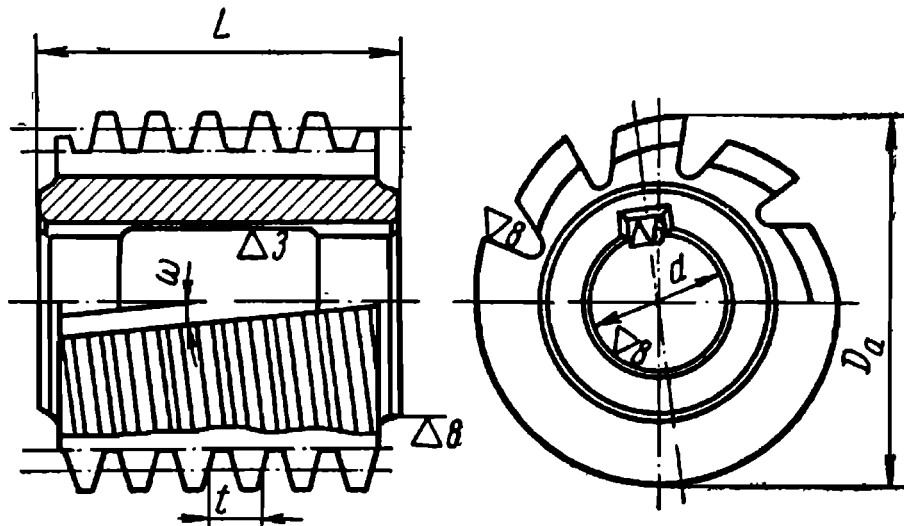


Рис. 29. Червячная фреза для нарезания цилиндрических колес

Это объясняется тем, что червячная фреза, находясь в зацеплении с нарезаемым колесом, за один оборот поворачивает колесо на $\frac{k}{z}$ оборота, где k — число заходов червяка, а z — число зубьев нарезаемого колеса. За один оборот однозаходной фрезы нарезаемое колесо сделает $\frac{1}{z}$ оборота, а за один оборот двухзаходной фрезы — $\frac{2}{z}$ оборота. Таким образом, применение двухзаходной фрезы при том же числе оборотов, что и в случае однозаходной фрезы, приводит к тому, что нарезаемое колесо вращается в два раза быстрее, вследствие чего и основное (машинное) время, необходимое для нарезания данного колеса, будет меньше в два раза. Передний угол у черновых фрез делается равным $5\text{--}10^\circ$, задний угол принимается равным $8\text{--}10^\circ$.

Чистовые червячные фрезы служат для окончательной обработки зубчатых колес. С увеличением числа заходов червячной фрезы увеличивается угол наклона зубьев, а это ведет к искажению профиля зубьев фрезы, поэтому для чистового нарезания применяют однозаходные червячные фрезы. У чистовых фрез, предназначенных для снятия небольшой стружки, передний угол

равен нулю, а задний угол — $8-10^\circ$. В табл. 11 приведены основные размеры чистовых червячных фрез согласно ГОСТ 9324—60.

Стандартные фрезы изготовляют трех классов: А, В и С. Фрезы классов А и В предназначаются для более точных зубчатых колес и изготовляются со шлифованным профилем, а фрезы класса С — для менее точных колес и могут изготовляться с нешлифованным профилем.

Червячные фрезы изготовляют из быстрорежущей стали Р18 и термически обрабатывают до твердости *HRC* 62—65.

В целях экономии дорогостоящей быстрорежущей стали червячные фрезы с модулем 10 и выше рекомендуется изготовлять сборными. Этим достигается значительная экономия быстрорежущей стали. На рис. 30 показана сборная червячная фреза кон-

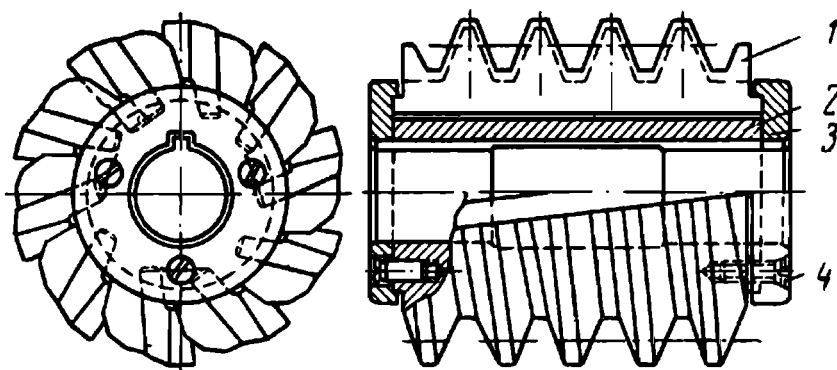


Рис. 30. Сборная червячная фреза

струкции ВПТИ Мосгорсовнархоза. Сборная фреза состоит из гребенок 1, корпуса 2, колец 3, винтов 4 для крепления колец. Гребенки, являющиеся режущей частью фрезы, изготовляются из быстрорежущей стали Р18 и имеют твердость *HRC* 62—65. Корпус изготовляется из хромистой стали 40Х, имеет твердость *HRC* 28—35 — для фрез с модулем меньше 14 и *HRC* 20 — для фрез с большим модулем. Гребенки запрессовывают в клиновидные пазы корпуса; скрепляющие гребенки кольца надевают в нагретом состоянии. Для повышения производительности зубофрезерования созданы конструкции фрез со вставными гребенками из твердых сплавов.

На рис. 31 показана червячная фреза «Прогресс», которая отличается от стандартной тем, что наружная поверхность ее вместо цилиндра имеет в средней части криволинейную форму с постепенным уменьшением диаметра к середине. Такая форма обеспечивает более равномерную нагрузку на вершины зубьев фрезы и позволяет осуществлять зубофрезерование на повышенных подачах.

Червячные фрезы для нарезания червячных колес, так же как и фрезы для нарезания цилиндрических ко-

Основные размеры чистовых однозаходных червячных фрез для нарезания цилиндрических зубчатых колес по ГОСТ 9324—60 (рис. 29)

Модуль, мм	Наружный диаметр D_a , мм	Длина фрезы L , мм	Диаметр отверстия под оправку d , мм	Число зубьев z	Модуль, мм	Наружный диаметр D_a , мм	Длина фрезы L , мм	Диаметр отверстия под оправку d , мм	Число зубьев z
1	50	40	22	12	5,5	100	95	32	9
1,25	50	40	22	12	6	105	100	32	9
1,5	55	45	22	12	6,5	110	100	32	9
1,75	55	45	22	12	7	115	105	32	9
2	55	50	22	12	8	125	115	32	9
2,5	65	55	22	10	9	140	130	40	9
(2,75)	65	55	22	10	10	150	135	40	8
3	70	60	27	10	11	155	145	40	8
(3,25)	75	65	27	10	12	165	155	40	8
3,5	75	65	27	10	13	175	170	40	8
(3,75)	80	70	27	10	14	180	180	40	8
4	80	75	27	9	15	185	185	40	8
(4,25)	85	80	27	9	16	195	205	40	8
4,5	85	85	27	9	18	215	230	50	8
5	90	90	27	9	20	230	260	50	8

Примечание. Модули, указанные в скобках, по возможности не применять.

лес, представляют собой червяк с прорезанными канавками для образования режущих кромок. Но эти фрезы имеют свои особенности. Фрезы для нарезания червячных колес должны иметь диаметр начальной окружности, число заходов, угол подъема и шаг витков те же, что и у червяка, с которым будет работать нарезаемое колесо. Следовательно, при одном и том же модуле, но при различных диаметрах, числе заходов и других величинах нарезаемого колеса требуются различные фрезы. Таким образом, червячная фреза для нарезания червячных колес является специальной, т. е. пригодной для нарезания только того червячного колеса, для которого она сконструирована и изготовлена. В этом принципиальное отличие червячных фрез для нарезания червячных колес от фрез, предназначенных для нарезания цилиндрических зубчатых колес, которые могут

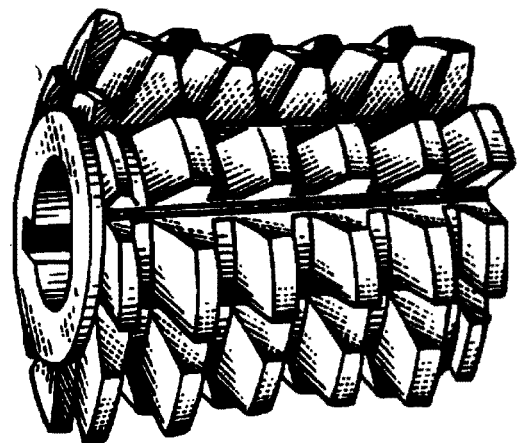
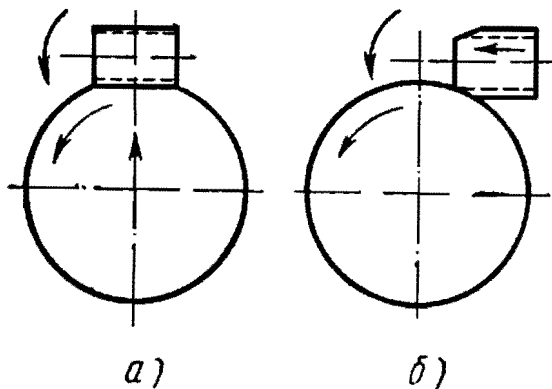


Рис. 31. Червячная фреза «Прогресс»

применяться для нарезания колес разных диаметров одного и того же модуля.

Нарезание червячных колес можно производить при радиальной и тангенциальной подаче фрезы. При радиальной подаче в процессе зубонарезания фреза и нарезаемое колесо сближаются (рис. 32, а); при этом фреза постепенно врезается в нарезаемое колесо и образует на нем зубья.



При тангенциальной подаче (рис. 32, б) расстояние между осями фрезы и нарезаемого колеса остается неизменным. Фреза вращается и одновременно подается по касательной (тангенциально) к нарезаемому колесу.

При радиальной подаче фреза имеет обычную цилиндрическую форму, а при тангенциальной (осевой) подаче у фрезы на протяжении четырех-пяти ниток делают коническую заборную часть.

Рис. 32. Схемы нарезания червячных колес:

а — методом радиальной подачи,
б — методом тангенциальной подачи

На рис. 33 показаны две фрезы для нарезания червячных колес методом тангенциальной подачи. Фреза 1 изготовлена вместе с оправкой, а фреза 2, большего диаметра, изготовлена со сквозным отверстием под оправку.

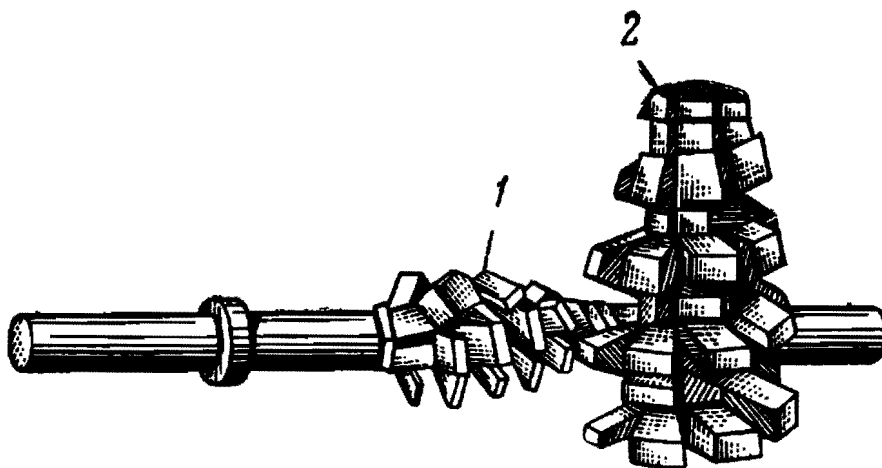


Рис. 33. Червячные фрезы для нарезания червячных колес методом тангенциальной подачи

Фрезерование при радиальной подаче фрезы более производительно, чем при тангенциальной подаче, но не обеспечивает высокого качества нарезания червячных колес, поэтому в тех случаях, когда требуется высокое качество обработки, применя-

ют тангенциальную подачу фрезы. В тех же случаях, когда точность обработки не имеет первостепенного значения, применяют метод радиальной подачи.

Зуборезные долбяки и гребенки. Долбяк представляет собой зубчатое колесо с режущими зубьями, находящимися в зацеплении с нарезаемым колесом. На рис. 34 показана принципиальная схема нарезания зубчатого колеса долбяком. На нижней части рисунка изображены зубчатые колеса, находящиеся в зацеплении. На валу одного колеса укреплен заготовка, на валу другого колеса установлен долбяк, который не может вращаться на валу, но может совершать возвратно - поступательное движение. При вращении зубчатых колес будут согласованно вращаться и долбяк с заготовкой. Долбяку дополнительно придается движение резания (возвратно-поступательное движение, показанное на рисунке стрелками), в процессе которого он нарезает на заготовке зубья.

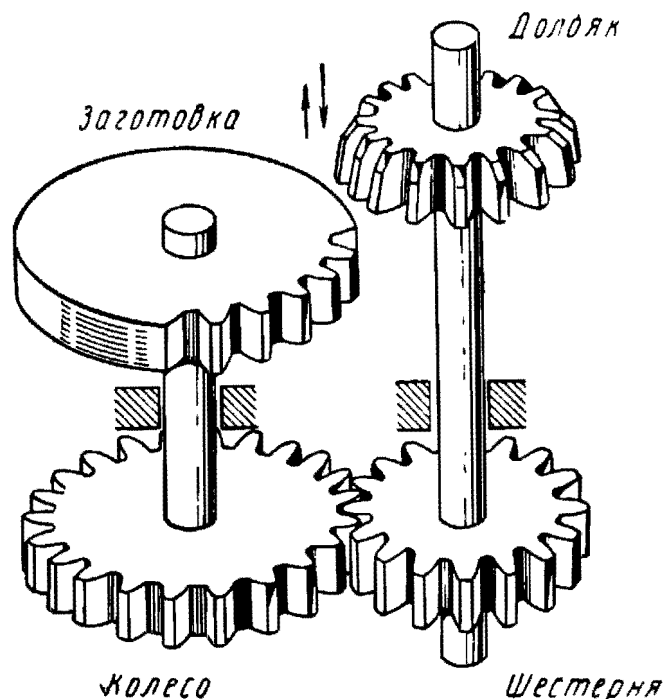


Рис. 34. Принципиальная схема нарезания зубчатого колеса долбяком

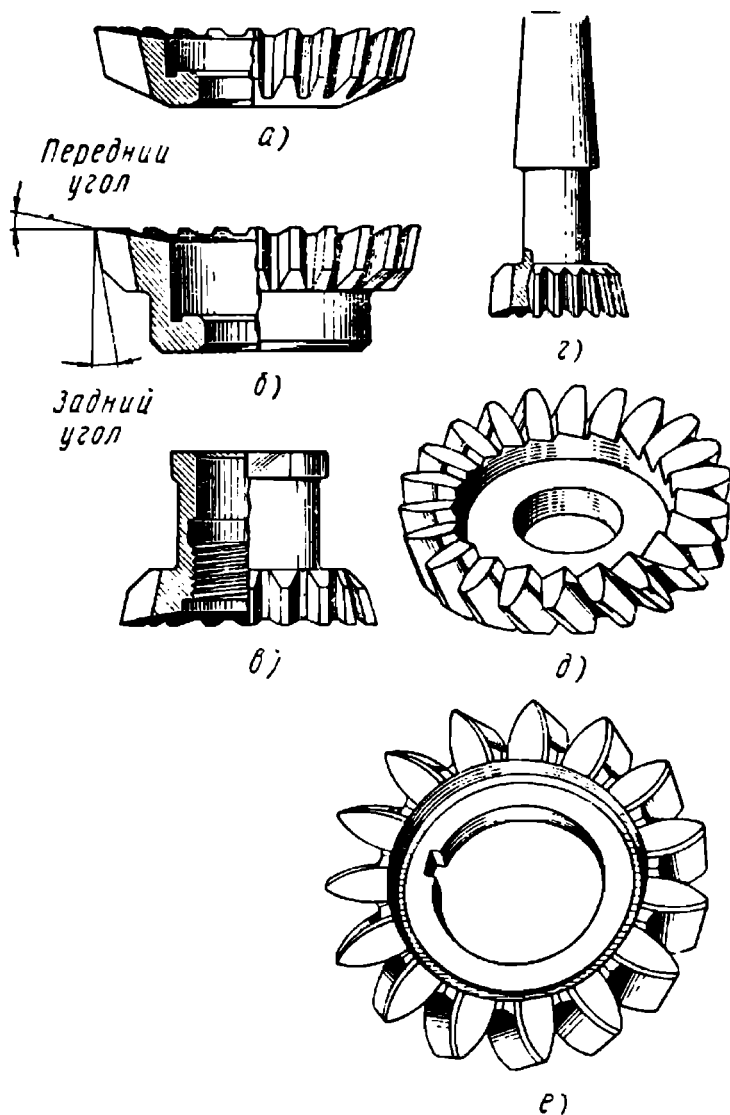
На рис. 35 показаны различные типы долбяков. Для обеспечения лучших условий резания долбяк затачивается с торца под углом 5° (передний угол), а для уменьшения трения долбяка об обработанную поверхность зубчатого колеса делается главный задний угол 6° и вспомогательные боковые углы 2° . Долбяки предназначаются для чернового и чистового нарезания прямых, винтовых и шевронных зубьев цилиндрических колес наружного и внутреннего зацепления.

Дисковые долбяки (рис. 35, а) применяют тогда, когда форма или размеры нарезаемого колеса не мешают проходу гайки, крепящей долбяк на шпинделе станка. В противном случае применяют **чашечные долбяки** (рис. 35, б). **Втулочные долбяки** (рис. 35, в) применяют для нарезания колес наружного зацепления малых модулей, а также для нарезания зубчатых колес внутреннего зацепления в тех случаях, когда дисковые долбяки по своим габаритам пройти не могут.

Хвостовые долбяки (рис. 35, г) применяют для нарезания зубчатых колес внутреннего зацепления малых диаметров и колес наружного зацепления малых модулей. **Косозубые долбяки**

применяют для нарезания зубчатых колес с винтовым зубом (рис 35, *д*) и для нарезания шевронных колес (рис. 35, *е*).

Долбяки являются сложным и дорогостоящим инструментом и могут быть использованы только на специально для них предназначенных зубодолбежных станках. Долбяки принадлежат к категории точных инструментов.



Ими нарезают колеса высоких степеней точности. Применительно к нарезанию зубчатых колес различной степени точности выпускают долбяки следующих классов точности: чистовые класса А, чистовые класса Б и обдирочные для предварительной обработки зубьев (под чистовую обработку долблением или шлифованием). Долбяки класса А применяют для нарезания наиболее точных колес.

Долбяки изготовляют из кованных или штампованных заготовок из быстрорежущей стали Р9 и Р18. Долбяки также изготовляют сборными или сварными. Твердость режущей части долбяков *HRC* 62—65, а твердость хвостовой части хвостовых и втулочных долбяков не ниже *HRC* 40.

Зуборезные гребенки представляют собой рейки с режущими зубьями и предназначаются они для нарезания цилиндрических колес с прямыми, винтовыми и шевронными зубьями методом обкатки. В процессе резания нарезаемая заготовка и гребенка совершают такое же относительное движение, какое совершается при качении зубчатого колеса по рейке.

Гребенками нарезают зубчатые колеса на зуборезных станках типа Маг и Паркинсон.

На рис. 36 показана схема нарезания зубчатого колеса гребенкой на зуборезном станке типа Маг. Гребенка (режущая рейка) имеет только поступательно-возвратное движение в вер-

Рис. 35. Типы зуборезных долбяков:

а — дисковый, *б* — чашечный, *в* — втулочный, *г* — хвостовой, *д* — для нарезания колес с винтовым зубом, *е* — для нарезания шевронных колес

тикальном направлении (вверх и вниз). Рабочим ходом является движение рейки вниз по направлению стрелки 3; при этом происходит снятие стружки. Движение гребенки вверх по направлению стрелки 4 является ее холостым ходом. Как только гребенка занимает верхнее положение, заготовка совершает одновременно два движения: некоторый поворот вокруг своей оси по направлению стрелки 1 и перемещение вдоль начальной прямой рейки по направлению стрелки 2.

Для того чтобы нарезать все зубья колеса при таком методе обработки, длина гребенки должна быть больше длины начальной окружности колеса. Однако изготовить такую длинную гребенку трудно, да и станок в таком случае был бы очень громоздким. Поэтому гребенки изготовляют небольшой длины, обычно 8—10 зубьев, а для того чтобы заготовка сделала полный оборот, гребенка останавливается в верхнем положении и в это время заготовка передвигается обратно

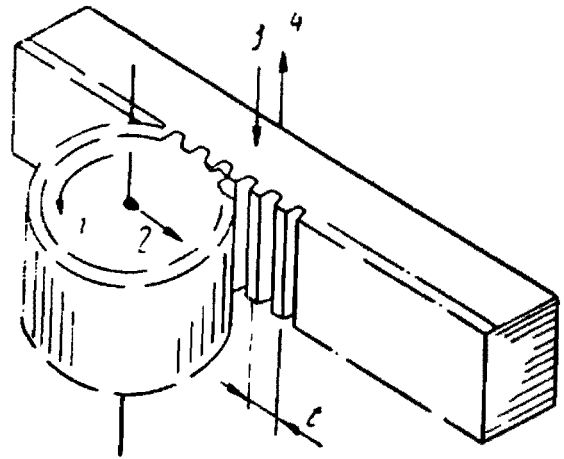


Рис. 36. Схема для уяснения сущности нарезания зубчатого колеса гребенкой на станке типа Мааг

(т. е. против стрелки 2) в первоначальное положение. Затем включается движение обкатки и снова начинается рабочий ход.

Последовательный ход нарезания зубчатого колеса гребенкой показан на рис. 37, а. Перед началом нарезания заготовку колеса устанавливают по отношению к гребенке на требуемую высоту зуба (рис. 37, а, I). Затем заготовке сообщают вращательное движение вокруг своей оси и поступательное движение вдоль начальной прямой гребенки, после чего гребенка совершает рабочий ход и снимает стружку (рис. 37, а, II). После того как заготовка повернулась на какую-то часть окружности (напри-

мер, $\frac{1}{z}$ оборота, где z — число зубьев нарезаемого колеса) и гребенка остановилась в своем наивысшем положении, заготовка передвигается назад в первоначальное положение (рис. 37, а, III). Далее процесс нарезания колеса продолжается. На рис. 37, б показана последовательность снятия стружки при нарезании зубчатого колеса гребенкой. Стрелками 1 и 2 показаны два движения заготовки нарезаемого колеса в процессе обработки.

На рис. 38 показан последовательный ход нарезания зубчатых колес гребенкой на станке типа Паркинсон. На этих станках, в отличие от станков типа Мааг, движение обкатывания выполняет не одна заготовка, а заготовка совместно с режущей рейкой.

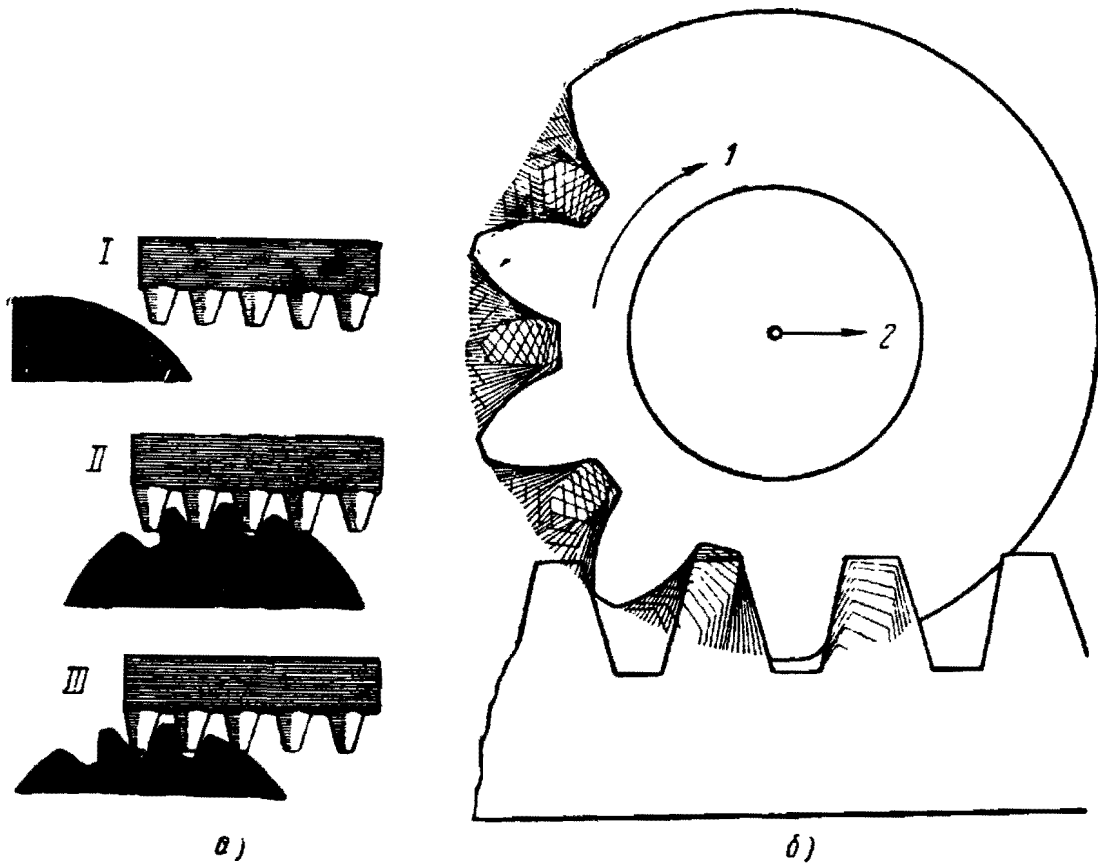


Рис. 37. Схемы нарезания зубчатого колеса гребенкой на станке типа Маар:

а — последовательный ход нарезания зубчатого колеса, б — последовательность снятия стружки при нарезании колеса гребенкой

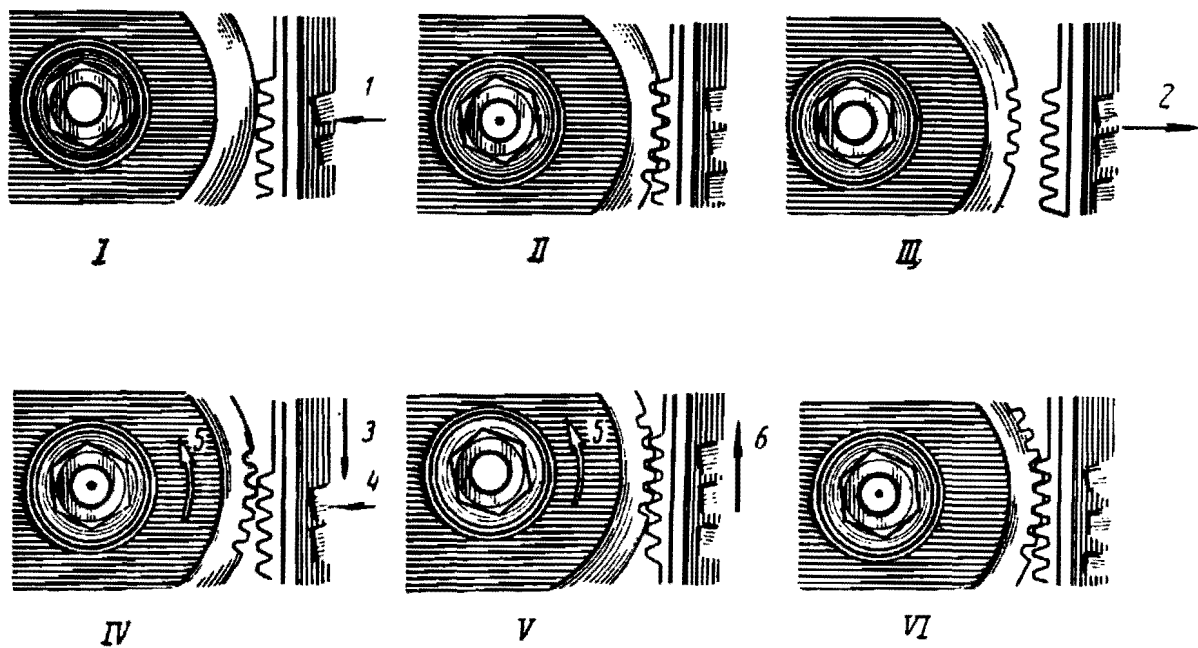


Рис. 38. Схема нарезания зубчатого колеса гребенкой на станке типа Паркинсон

Для врезания гребенка подается на заготовку по направлению стрелки 1 (рис. 38, I). Затем гребенка врезается в заготовку на установленную величину (рис. 38, II), после чего гребенка быстро выводится из зацепления по стрелке 2 (рис. 38, III). Далее гребенка из своего рабочего положения быстро перемещается вдоль начальной прямой обратно по стрелке 3 (рис. 38, IV) на величину $t + a$, где t — шаг зубьев и a — перебег гребенки. Затем гребенка перемещается против стрелки 3 на величину пе-

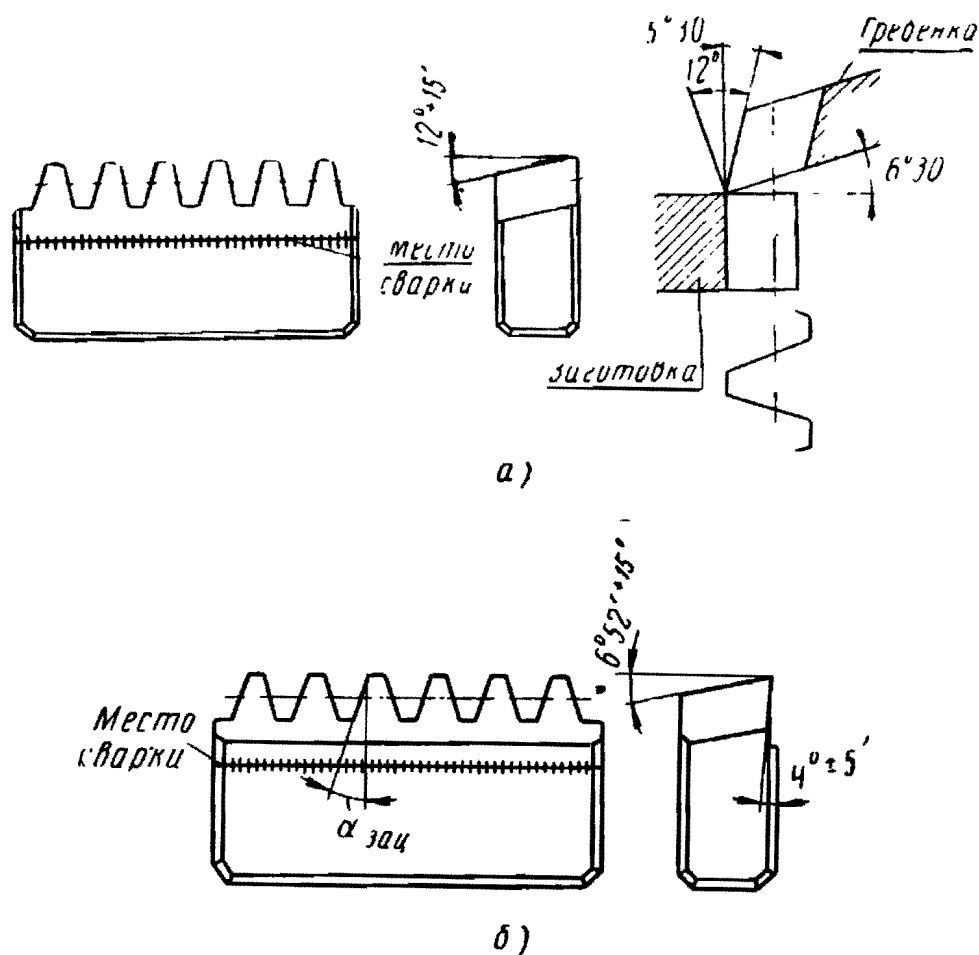


Рис. 39. Прямозубые зуборезные гребенки для нарезания цилиндрических колес:

а — на станках типа Мааг, б — на станках типа Паркинсон

ребега a (это необходимо для устранения влияния люфтов станка). В конце перемещения на величину a гребенка подается на требуемую величину по направлению стрелки 4. Затем заготовка начинает медленно вращаться по направлению стрелки 5 и гребенка, передвигаясь в рабочем направлении по стрелке 6 (рис. 38, V), производит нарезание зубьев колеса (рис. 38, VI).

На рис. 39 показаны гребенки для нарезания цилиндрических зубчатых колес на станках типа Мааг и Паркинсон. Гребенка, как уже говорилось выше, представляет собой рейку с прямыми боковыми сторонами зубьев и для нарезания зубчатых колес со стандартным углом зацепления 20° имеет угол профиля $19^\circ 51'$.

Для нарезания зубчатых колес на станках типа Мааг применяют гребенку, которая не имеет переднего угла (рис. 39, а); в процессе резания передний угол создается установкой гребенки на станке под углом $6^{\circ}30'$, для этого станок имеет наклоненную под углом $6^{\circ}30'$ площадку. Для образования заднего угла зубья гребенки скашиваются под углом $12-15^{\circ}$ и в связи с тем, что она устанавливается на станке под углом $6^{\circ}30'$, задний угол получается равным $12^{\circ} - 6^{\circ}30' = 5^{\circ}30'$. На рисунке показана схема установки гребенки на станке типа Мааг.

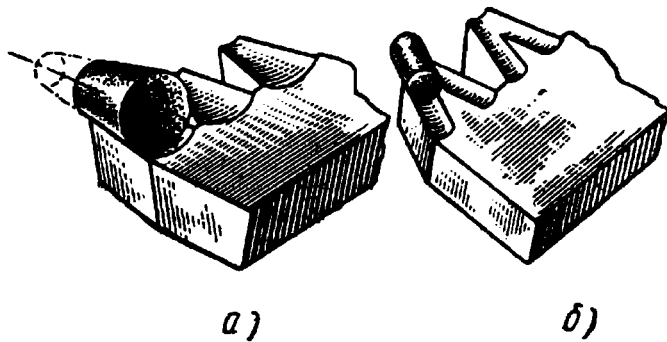


Рис. 40. Заточка прямозубых гребенок: а — для малых модулей, б — для больших модулей

Для нарезания зубчатых колес на станках типа Паркинсон применяют гребенку (рис. 39, б), на которой затачивается передний угол $4-5^{\circ}$; гребенка устанавливается на станке перпендикулярно направлению резания; в этой гребенке задний угол делается равным $6^{\circ}52'$.

В зависимости от назначения различают черновые, шлифовочные и чистовые режущие гребенки. Черновые гребенки служат для чернового нарезания зубчатых колес, для работы с большими подачами. Шлифовочные режущие гребенки служат для нарезания зубчатых колес (обычно малых размеров), зубья

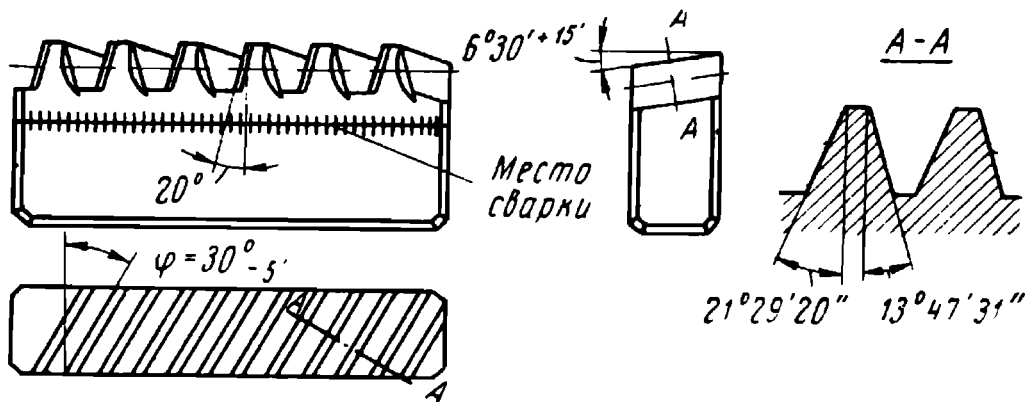


Рис. 41. Косозубая зуборезная гребенка

которых после термообработки будут шлифоваться. Зубья гребенки под шлифование делаются тоньше на величину припуска на шлифование боковых сторон профиля, а высота зубьев делается такой же, как у черновых.

При работе черновыми гребенками впадина между зубьями колеса прорезается глубже, чем чистовыми гребенками, но оставляется припуск по боковому профилю. Таким образом, вершины зубьев чистовой гребенки не обрабатывают дно впадины, а снимают припуск только по боковым сторонам профиля.

Чистовые гребенки являются точным инструментом и служат для нарезания зубчатых колес высоких классов точности.

Гребенки малых модулей (до модуля 10) затачивают так, что на передней поверхности образуется вогнутость (рис. 40, а). Для гребенок больших модулей применяют способ заточки, изображенный на рис. 40, б.

Для нарезания шевронных зубчатых колес применяют косозубые гребенки. На рис. 41 показана косозубая гребенка типа Паркинсон. Устанавливаются такие гребенки на специальных зуборезных станках парами. Во время нарезания зубьев одной из них (с одной стороны шеврона) другая гребенка отходит от заготовки. Такой способ работы позволяет получать шевронные колеса без канавок в месте пересечения зубьев.

Гребенки изготавливают цельными или сварными для экономии дорогостоящих сталей. Режущую часть гребенок изготавливают из быстрорежущей стали Р18 и Р9 твердостью *HRC* 62, а державку (в сварных гребенках) — из стали 45 с твердостью *HRC* 30.

Зубострогальные резцы и резцовые головки. Зубострогальные резцы применяют главным образом для нарезания конических колес методом обкатывания на зубострогальных станках.

Для уяснения сущности нарезания конических колес зубострогальными резцами представим себе два находящихся в зацеплении конических колеса, одно из которых (большее колесо) плоское (рис. 42, а). Теперь представим себе, что вместо малого зубчатого колеса взята заготовка, а вместо плоского колеса взяты только два зуба. Если между заготовкой и этими двумя зубьями осуществить точно такое же движение, как между малым коническим колесом и плоским колесом, то получим коническую передачу. Заготовка и два зуба

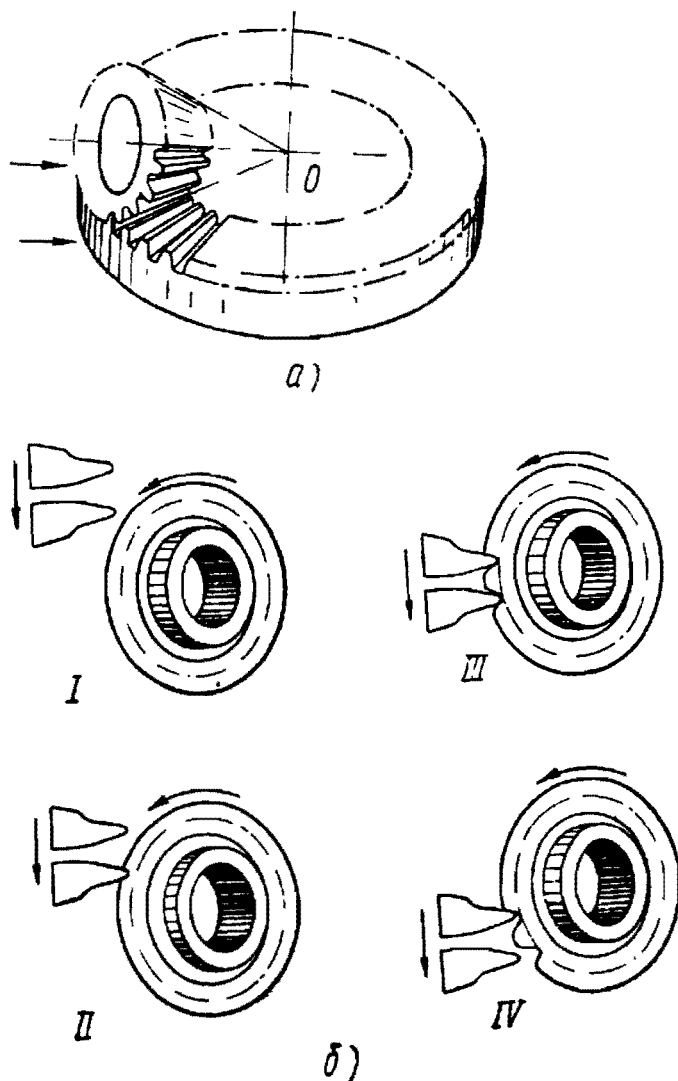


Рис. 42. Схема нарезания конических зубчатых колес зубострогальными резцами:

а — схема для уяснения сущности нарезания конического колеса зубострогальными резцами, б — последовательный ход нарезания конического колеса зубострогальными резцами

будут одновременно согласованно поворачиваться. Теперь, если два зуба заменить резцами, которым сообщить попеременное движение вперед и назад при одновременном их согласованном с заготовкой поворачивании, то резцы будут строгать на заготовке зубья эвольвентного профиля.

На рис. 42, б показана схема строгания конического зубчатого колеса на зубострогальном станке, на которой изображены четыре наиболее характерных положения резцов по отношению к заготовке. В положении I резцы подходят к заготовке, а в положении II резцы начали строгание, в положении III один из профилей зуба почти простроган и в положении IV заканчивается строгание профиля зуба.

Зубострогальные резцы (рис. 43) имеют прямолинейные режущие кромки и работают парами. Рабочая часть резца выпол-

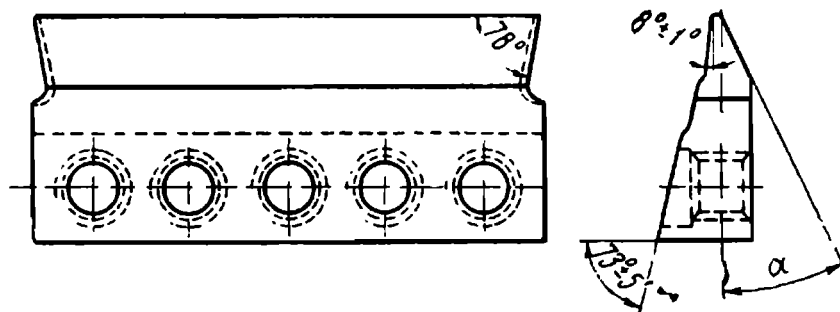


Рис. 43. Зубострогальный резец

няется с углами, указанными на рисунке. Утолщенная часть тела резца с отверстиями служит для его крепления на станке. Угол α рабочей стороны резца делается равным стандартному углу зацепления, т. е. 20° . Резцы затачиваются только по передней поверхности. Для образования заднего угла, не предусмотренного в конструкции резцов, последние устанавливают на станке под углом 12° к направлению резания.

В зависимости от назначения зубострогальные резцы подразделяются на черновые и чистовые. Чистовые зубострогальные резцы изготовляют четырех типов в соответствии с ГОСТ 5392—50:

тип I — для станков 523 и Глисон 3" (длина резца 40 мм, высота 20 мм, модуль 0,3—3,25 мм);

тип II — для станков 158Н фирмы «Гейденрайх и Гарбек» (длина резца 75 мм, высота 33 мм, модуль 0,5—5,5 мм);

тип III — для станков 526, Глисон 8", 10", 11", 12", 18" и станков 25КН и 50КН «Гейденрайх и Гарбек» (длина резца 100 мм, высота 43 мм, модуль 1—10 мм);

тип IV — для станков 75КН «Гейденрайх и Гарбек» (длина резца 125 мм, высота 60 мм до модуля 12 и 75 мм от модуля 13 и выше).

Кроме резцов типа I, все резцы изготовляют сварными. Режущую часть резцов изготовляют из быстрорежущей стали P18

или Р9 твердостью *HRC* 62—65, а державочную часть — из стали 40ХФА твердостью не ниже *HRC* 35.

Зуборезные головки, представляющие собой цельные или сборные (рис. 44) торцовые фрезы специальной конструкции, применяют для нарезания конических колес с криволинейными зубьями методом обкатки на специальных зуборезных станках.

В пазах корпуса головки 5 на расстоянии от центра, равном радиусу кривизны нарезаемых зубьев, устанавливают наружные резцы 2 и внутренние резцы 1, чередуя через один. Наружные резцы расположены дальше от центра головки и предназначены для обработки вогнутой стороны зубьев нарезаемого колеса. Внутренние резцы расположены ближе к центру головки и служат для обработки выпуклой стороны зубьев.

Для установки резцов относительно центра головки служат клинья 6 и 8 и подкладки 4 и 9. Толщиной параллельных подкладок 4 и 9 определяется величина развода резцов при черновом нарезании зубьев. При чистовом нарезании точная установка резцов осуществляется с помощью параллельных подкладок, регулирующих винтов 3 и регулируемых клиньев 8.

Один наружный и один внутренний резцы парами фиксируют в определенном положении штифтами 7, проходящими через нерегулируемые клинья 6. По этим резцам проверяют правильность расположения остальных резцов головки.

Головки с наружными и внутренними резцами называются двусторонними, так как они обрабатывают одновременно две стороны зуба.

Наряду с двусторонними головками применяют и односторонние головки для отдельной обработки выпуклой и вогнутой сторон зубьев.

Нарезание двусторонними головками более производительное, но менее точное.

Существуют праворежущие и леворежущие головки. Праворежущая головка вращается по часовой стрелке (если смотреть

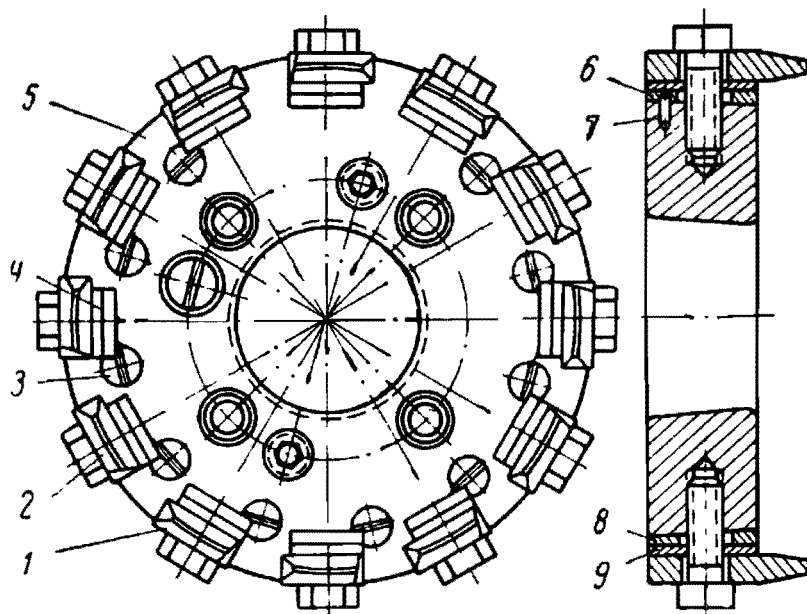


Рис. 44. Зуборезная праворежущая сборная резцовая головка для нарезания круговых зубьев конических колес

со стороны заднего торца), а леворезущая — против часовой стрелки. Для чернового нарезания чаще всего применяют праворезущие головки, а для чистового — леворезущие.

Размер резцовой головки определяется номинальным (средним) диаметром, который равен диаметру условной окружности, проходящей через середины впадин нарезаемых зубьев.

Рассмотрим работу зуборезной головки (рис. 45). Головка 2 закрепляется на планшайбе люльки, которая может совершать от привода 4 качания в разные стороны вокруг оси с равномерной скоростью. Качание люльки согласовано с вращением нарезаемого колеса 7, установленного на шпинделе делительной бабки 1.

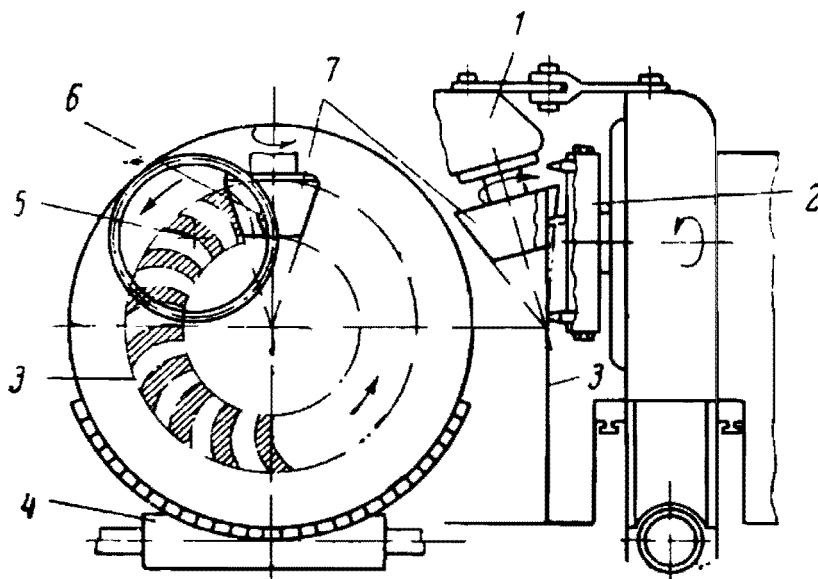


Рис. 45. Схема нарезания конического колеса с круговыми зубьями на станке фирмы Глисон

Головка, имея независимое вращение вокруг своей оси (ось проходит через центр 5), нарезает резцами 6 зубья профиля, близкого к эвольвентному, так как она одновременно совершает движение обкатывания вместе с люлькой. На схеме пунктиром изображено воображаемое производящее колесо 3, которое как бы находится в зацеплении с нарезаемым колесом, аналогично плоскому колесу (см. рис. 42).

§ 3. ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ СТРУЖКИ

Металлы и сплавы, имеющие различные механические и технологические свойства, по-разному поддаются обработке резанием, различно влияют на работоспособность (стойкость) режущего инструмента и поэтому обрабатываются с различными режимами резания. Для того чтобы научиться правильно выбирать рациональные режимы резания, познакомимся с процессом образования стружки и с элементами режимов резания.

В машиностроении применяют много разнообразных режущих инструментов (резцов, сверл, зенкеров, фрез и др.), имеющих различную внешнюю конструктивную форму. Однако процесс образования стружки при работе любым из этих инструментов протекает одинаково.

Процесс образования стружки проследим на примере работы наиболее простого режущего инструмента — строгального резца (рис. 46). На кусок металла с нанесенной на боковой его стороне сеткой будем давить резцом силой P . Под влиянием этой силы происходит пластическое сжатие (деформирование) слоя металла. При этом металл деформируется не по всей длине срезаемого слоя, а только на некотором участке, находящемся ближе к поверхности инструмента. По мере продвижения инструмента деформация возрастает. Она растет до тех пор, пока не произойдет местное разрушение металла, т. е. скалывание кусочка деформированного металла. Этот кусочек называется элементом стружки. По мере дальнейшего продвижения инструмента будет деформироваться следующий кусочек металла также вплоть до скалывания. Таким образом, постепенно кусочек за кусочком весь слой металла, подлежащий удалению, превратится в стружку.

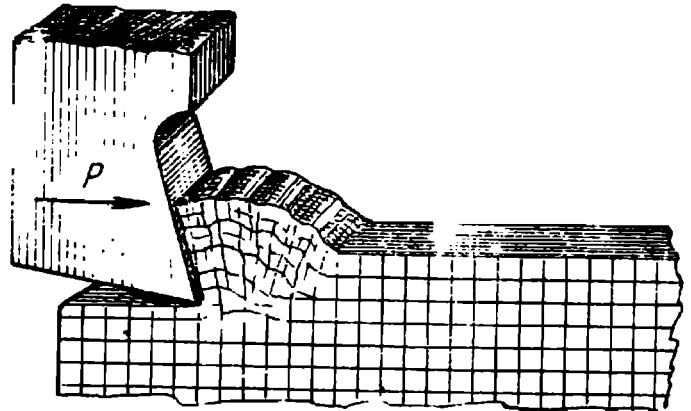


Рис. 46. Образование стружки при обработке резанием

Следовательно, резание металлов представляет собой последовательное скалывание отдельных частиц деформированного металла. Однако стружка не всегда получается в виде отдельных частиц (кусочков) деформированного металла. Чаще всего встречается стружка, в которой отдельные элементы прочно связаны между собой. Это объясняется тем, что при больших скоростях движения режущего инструмента относительно обрабатываемого металла (при фрезеровании, сверлении) или, наоборот, при больших скоростях движения обрабатываемой детали относительно режущего инструмента (при точении, строгании) полное скалывание элементов стружки произойти не успевают. Инструмент, не доведя до полного скалывания первый кусочек металла, начинает деформировать второй, затем третий и т. д. Таким образом, получается стружка из прочно соединенных между собой элементов. При обработке более пластичных металлов получается стружка с более прочным соединением между собой элементов. Такие пластичные металлы, как алюминий, медь, мягкая сталь, дают

так называемую сливную стружку в виде прочной ленты (рис. 47, а), а более твердые металлы, например высокоуглеродистая сталь, дают ступенчатую стружку, часто называемую стружкой скалывания (рис. 47, б).

При обработке хрупких металлов (чугун, бронза, закаленная сталь) режущий инструмент сначала углубляется в металл так же, как и при резании пластичных металлов, но после некоторого углубления инструмента элемент стружки не скалывается, а отламывается. Образующийся перед острием инструмента элемент имеет форму, отличную от стружки скалывания (рис. 47, в). Получающаяся при обработке хрупких металлов

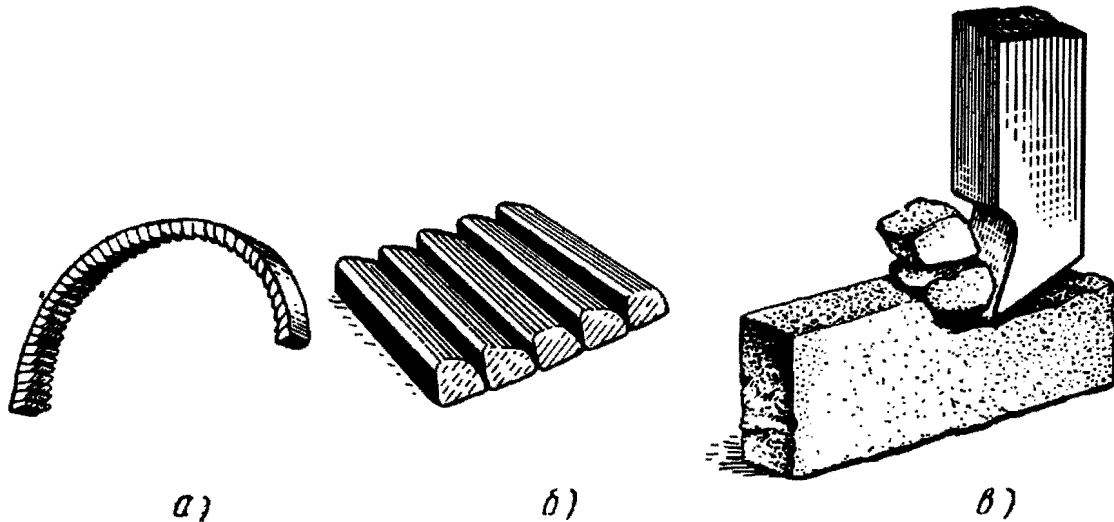


Рис. 47. Виды стружек:
а — сливная стружка, б — стружка скалывания, в — стружка надлома

стружка состоит из элементов неправильной формы, не связанных между собой. Такая стружка называется стружкой надлома.

В процессе резания деформации подвергается не только срезаемый слой металла, но и поверхностный слой обработанного изделия. В результате деформации повышается твердость как стружки, так и поверхностного слоя обработанного изделия. Это упрочнение поверхностного слоя обрабатываемого металла называется наклепом. Вследствие наклепа твердость поверхностного слоя металла после обработки резанием повышается в среднем в 1,5—2 раза. Особенно велика интенсивность наклепа при обработке нержавеющей и марганцевых сталей.

Иногда наклеп обработанной поверхности, полученный во время предварительных операций, вредно влияет на процесс резания при последующих чистовых операциях. Если при чистовой обработке снимается очень тонкая стружка, то режущие кромки инструмента, работая по наклепанному слою, быстро теряют свои режущие свойства и поэтому обработанная поверхность получается низкого качества.

§ 4. ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Обработка металла резанием обеспечивается определенными движениями режущего инструмента и обрабатываемой заготовки или же только движениями режущего инструмента относительно заготовки. Эти движения имеют различный характер в зависимости от вида механической обработки (точение, фрезерование, зубонарезание, строгание, сверление и др.) и от типа металлорежущих станков. Например, при нарезании зубчатых колес на горизонтально-фрезерных станках резание металла обеспечивается вращением модульной фрезы вокруг своей оси и перемещением заготовки навстречу фрезе; на зуборезных станках — вращением червячной фрезы, согласованным вращением нарезаемого колеса и перемещением фрезы вдоль оси нарезаемого колеса; на зубодолбежных станках — возвратно-поступательным движением долбяка и согласованным вращательным движением обрабатываемой заготовки и долбяка и т. д.

Все эти движения производятся с определенными скоростями, которые принято называть скоростями резания и подачи.

Скорость резания. Скоростью резания при зубофрезеровании модульными дисковыми и червячными фрезами называется окружная скорость вращения наиболее удаленных от центра фрезы точек режущих кромок зубьев.

Скорость резания при зубофрезеровании зависит от диаметра фрезы и числа оборотов, которое делает фреза в минуту. За один оборот фрезы диаметром D мм режущие кромки зубьев пройдут путь, равный длине окружности:

$$l = \pi \cdot D \text{ мм}, \quad (2)$$

где l — путь режущей кромки зуба за один оборот фрезы.

Чтобы определить путь, который проходят режущие кромки фрезы за единицу времени, например за одну минуту, умножаем длину пути за один оборот на число оборотов фрезы в минуту:

$$L = l \cdot n = \pi \cdot D \cdot n, \quad (2a)$$

где L — длина пути режущих кромок фрезы;

n — число оборотов фрезы в минуту.

Путь, проходимый режущими кромками фрезы за единицу времени, и есть скорость резания. Обычно диаметр фрезы обозначается в миллиметрах, поэтому скорость резания в метрах в минуту определяется по следующей формуле:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ м/мин}, \quad (3)$$

где v — скорость резания, м/мин;

D — диаметр фрезы, мм;

n — число оборотов фрезы в минуту.

Из данной формулы видно, что чем больше диаметр фрезы и чем больше число ее оборотов, тем больше скорость резания.

При настройке станка на работу при заданной скорости резания требуется знать число оборотов фрезы, т. е. число оборотов шпинделя станка. В этом случае число оборотов фрезы определяют по формуле

$$n = \frac{318 \cdot v}{D} \text{ об/мин.} \quad (3a)$$

Здесь принято $\frac{1000}{\pi} \approx 318$.

Пример 1. Определить скорость резания при диаметре фрезы $D=90$ мм и числе ее оборотов в минуту $n=200$.

Скорость резания определяем по формуле

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 200}{1000} = 56,5 \text{ м/мин.}$$

Пример 2. Настроить станок на обработку заготовки со скоростью резания $v=40$ м/мин и диаметром фрезы $D=80$ мм.

Для настройки станка на заданную скорость резания определим число оборотов фрезы n по формуле

$$n = \frac{318 \cdot v}{D} = \frac{318 \cdot 40}{80} = 159 \text{ об/мин.}$$

Если станок не имеет 159 оборотов шпинделя в минуту, то устанавливается ближайшее число оборотов, предусмотренное кинематикой станка. Если устанавливается ближайшее большее число, то скорость резания будет несколько больше выбранной и наоборот.

Скоростью резания при долблении и строгании зубчатых колес называется скорость рабочего хода долбяка или зубострогальных резцов. Здесь, наряду со скоростью резания, имеем и скорость холостого хода режущего инструмента. Обычно расчеты и настройку станка производят по средней скорости резания, которую определяют исходя из скоростей рабочего и холостого хода режущего инструмента.

Как указывалось в главе III, при прямолинейном (поступательном) движении скоростью называется путь, пройденный телом в единицу времени. Если длина хода долбяка или зубострогальных резцов равна L мм, а долбяк или зубострогальные резцы делают один двойной ход в минуту, то средняя скорость резания будет равна $2L$ мм/мин.

При n двойных ходов в минуту средняя скорость будет в n раз больше, т. е.: $2Ln$ мм/мин.

Чтобы получить среднюю скорость в метрах в минуту, необходимо полученную величину разделить на 1000 и тогда получим в окончательном виде следующую формулу:

$$v = \frac{2 \cdot L \cdot n}{1000} \text{ м'/мин.}$$

При настройке станка на работу при заданной средней скорости резания требуется знать число двойных ходов долбяка или зубострогальных резцов.

В этом случае число двойных ходов определяют по формуле

$$n = \frac{v \cdot 1000}{2 \cdot L} = 500 \frac{v}{L} \text{ дв. ходов в минуту.}$$

Пример 1. Определить среднюю скорость резания, если длина хода долбяка $L = 125$ мм и число двойных ходов в минуту $n = 200$.

Среднюю скорость резания определяем по формуле

$$v = \frac{2 \cdot L \cdot n}{1000} = \frac{2 \cdot 125 \cdot 200}{1000} = 50 \text{ м'/мин.}$$

Пример 2. Настроить зубодолбежный станок на обработку заготовки со средней скоростью резания $v = 40$ м'/мин, при длине хода долбяка $L = 100$ мм.

Для настройки станка на заданную среднюю скорость резания определим число двойных ходов долбяка по формуле

$$n = \frac{500 \cdot v}{L} = \frac{500 \cdot 40}{100} = 200 \text{ дв. ходов в минуту.}$$

В тех случаях, когда станок не имеет полученного расчетом числа двойных ходов в минуту, устанавливают ближайшее число ходов в минуту, имеющееся на станке.

Подача. При нарезании зубчатых колес модульными дисковыми фрезами на горизонтально-фрезерных станках (методом копирования) подача s осуществляется перемещением заготовки навстречу фрезе (рис. 48, а).

Величина подачи измеряется расстоянием в миллиметрах, на которое перемещается заготовка относительно фрезы в процессе резания за одну минуту, и обозначается s мм/мин.

При нарезании зубчатых колес червячными фрезами на зубофрезерных станках (метод обкатки) подача осуществляется перемещением фрезы по направлению оси обрабатываемой заготовки (рис. 48, б). Величина подачи измеряется расстоянием в миллиметрах, на которое перемещается фреза за один оборот обрабатываемой заготовки.

При нарезании зубчатых колес долбяками на зубодолбежных станках подача осуществляется согласованным вращательным движением долбяка и обрабатываемой заготовки (рис. 48, в). Величина подачи измеряется длиной отрезка дуги начальной окружности долбяка, на который она повернется за один двойной ход. Так как подача осуществляется в результате

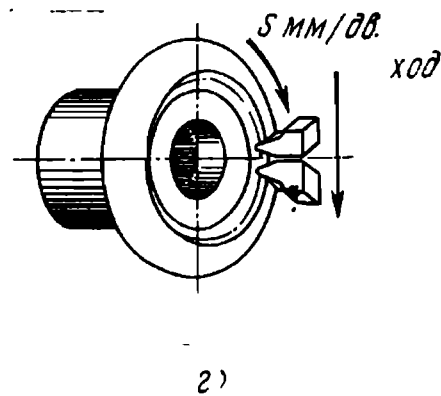
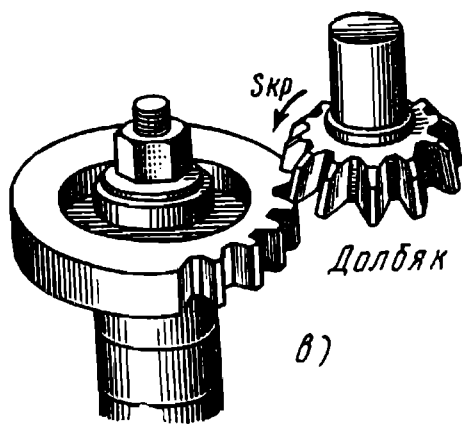
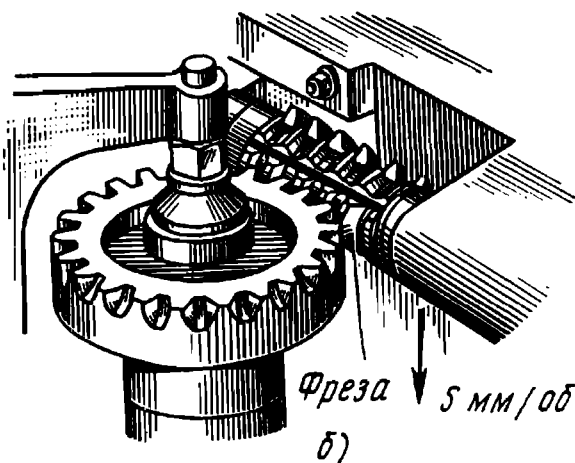
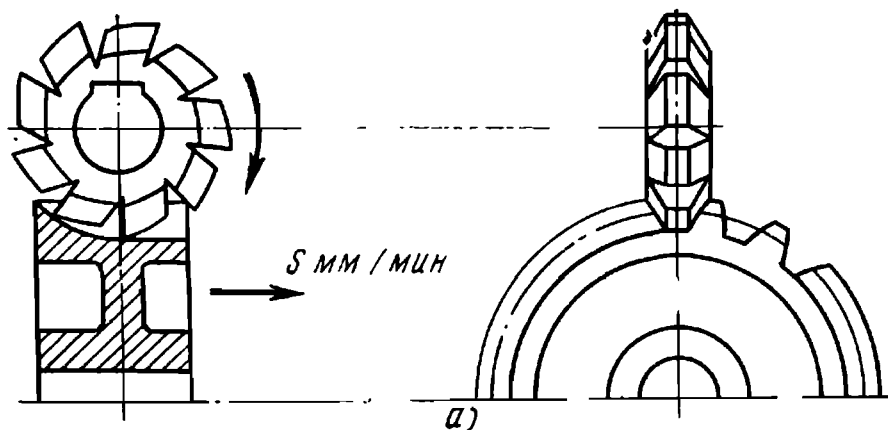


Рис. 48. Движение подачи s на станке:
 а — горизонтально-фрезерном, б — зубофрезерном, в — зубодолбежном, г — зубострогальном

кругового движения долбяка, она называется круговой подачей и обозначается $S_{кр}$.

$$S_{кр} = \frac{\pi \cdot d_d}{n},$$

где d_d — диаметр начальной окружности долбяка, мм;
 n — число двойных ходов долбяка в минуту.

При d_d постоянном величина круговой подачи характеризуется числом двойных ходов долбяка за один его оборот. Чем больше число двойных ходов, тем меньше круговая подача.

При нарезании зубчатых колес зубострогальными резцами на зубострогальных станках подача осуществляется поворотом заготовки. Поэтому подачей на зубострогальных станках называется длина дуги, на которую поворачивается заготовка за один двойной ход резца. Она измеряется в миллиметрах на один двойной ход резцов *с мм/дв. ход резца* (рис. 48, г).

Глубина резания. Кроме скорости резания и подачи, процесс резания характеризуется еще и глубиной резания, которая измеряется в миллиметрах и обозначается буквой t . При зубофрезеровании за один проход глубина резания равна высоте впадины зуба.

Скорость резания, подача и глубина резания являются элементами режима резания, характеризующими интенсивность процесса обработки изделия.

Чем больше скорость резания и подача, тем более производительнее выполняется обработка изделия. От глубины резания также зависит производительность обработки, так как от ее величины зависит число проходов, за которое обрабатывают зубчатые колеса. Чем больше проходов, тем менее производительнее нарезается зубчатое колесо.

Правильный выбор величины элементов режима резания обеспечивает высокопроизводительное изготовление деталей высокого качества.

§ 5. СИЛЫ РЕЗАНИЯ И МОЩНОСТЬ

При обработке металлов возникают большие силы сопротивления резанию — так называемые силы резания. Рассмотрим действие сил резания при токарной обработке (рис. 49, а). Как показано на рисунке, сила резания P действует на переднюю поверхность резца. Силу P по правилам механики можно разложить на три составляющие: P_z , действующую в направлении главного рабочего движения (в направлении скорости ре-

зания); P_x — действующую в направлении, противоположном направлению подачи, и P_y — действующую в направлении, перпендикулярном направлению подачи.

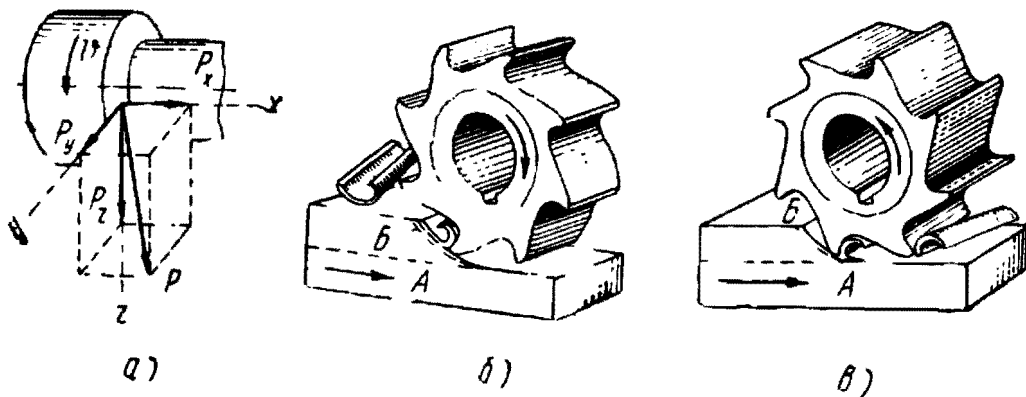


Рис. 49. Схема сил резания (а) при токарной обработке, фрезерование против подачи (б) и попутное фрезерование (в)

Расчет нагрузки станка ведут по основной составляющей $P_{z\max}$, которая в условиях зубонарезания определяется по формуле

$$P_{z\max} = K \cdot f_{\max} \quad (4)$$

где $P_{z\max}$ — максимальное усилие резания, кг;

K — коэффициент резания, величины которого приведены в табл. 12, кг/мм²;

f_{\max} — максимальное сечение срезаемой стружки, величины которого в зависимости от подачи и модуля нарезаемого колеса приведены в табл. 13, мм².

Таблица 12

Коэффициенты резания для различных обрабатываемых металлов

Обрабатываемый материал	Сталь 45	Сталь 40X	Сталь 20X и 12ХНЗ	Чугун
Коэффициент резания K , кг/мм ²	180	300	300	140

Приведенные в табл. 13 значения сечений среза определены при обработке колес с числом зубьев 20. При обработке колес с другим числом зубьев необходимо табличные данные умножить на поправочный коэффициент, величины которого приведены в табл. 14.

Максимальное сечение среза при зубодолблении

Подача на один двойной ход долбяка, мм	Максимальное сечение среза f , мм ² , при модуле нарезаемого колеса, мм								
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
0,15	0,26	0,41	0,59	0,81	1,05	1,64	2,36	3,24	4,2
0,20	0,35	0,55	0,78	1,08	1,41	2,19	3,15	4,32	5,64
0,25	0,44	0,69	0,99	1,34	1,76	2,74	3,94	5,36	7,04
0,30	0,53	0,82	1,18	1,62	2,10	3,28	4,75	6,48	8,40
0,35	0,61	0,96	1,38	1,88	2,46	3,83	5,3	7,52	9,84
0,40	0,70	1,10	1,58	2,16	2,80	4,38	6,3	8,64	11,20
0,50	0,88	1,37	1,97	2,69	3,52	5,47	7,9	10,76	13,08

Таблица 14

Поправочные коэффициенты на сечение среза в зависимости от нарезаемого колеса

Число зубьев нарезаемого колеса	20	25	40	70	100	120
Поправочный коэффициент	1	0,98	0,93	0,87	0,84	0,82

Таким образом, сила резания зависит от величины сечения срезаемого слоя металла и от свойств обрабатываемого материала.

Работа любой машины, в том числе и зуборезного станка, измеряется в килограммометрах (кГм) *. Один килограммометр — это работа, которая производится при поднятии груза весом 1 кГ на высоту 1 м.

Мощностью станка называется его работа в единицу времени. Она измеряется в лошадиных силах (л. с.) и в киловаттах (квт). Одна лошадиная сила равна работе в 75 кГм, выполняемой в течение одной секунды, а один киловатт равен 1,36 л. с.

Мощность станка в л. с. определяется по формуле

$$N = \frac{P_{z \max} \cdot v}{75 \cdot 60 \cdot \eta}, \quad (5)$$

где $P_{z \max}$ — максимальная сила резания, кГ;

v — скорость резания, м/мин;

η — коэффициент полезного действия станка.

* С 1 января 1963 г. в СССР введен ГОСТ 9867—61, в котором устанавливается применение Международной системы единиц — СИ. Система СИ, введенная для установления единообразия в единицах измерений, содержит шесть основных единиц и две дополнительные и охватывает измерение всевозможных величин: механических, тепловых, электрических, магнитных, све-

Мощность станка в киловаттах определяется по формуле

$$N = \frac{P_{z_{max}} \cdot v}{75 \cdot 60 \cdot 1,36 \cdot \eta} = \frac{P_{z_{max}} \cdot v}{75 \cdot 102} \text{ кВт} . \quad (6)$$

Пример. Определить максимальную силу резания $P_{z_{max}}$ и необходимую мощность электродвигателя станка при зубодолблении колеса из стали 45 с модулем $m=5$ мм и числом зубьев $z=70$. Работа выполняется со скоростью резания $v=30$ м/мин и подачей $s=0,25$ мм/дв. хода долбяка. Максимальное усилие резания определяем по формуле

$$P_{z_{max}} = K \cdot f_{max} = 180 \cdot 2,38 = 428 \text{ кг}.$$

Значение K выбираем по табл. 12, а значение f_{max} по табл. 13 с поправочным коэффициентом для $z=70$ по табл. 14 ($f_{max}=2,74 \cdot 0,87=2,38$).

Необходимую мощность электродвигателя станка определим по формуле

$$N = \frac{P_{z_{max}} \cdot v}{75 \cdot 102} = \frac{428 \cdot 30}{75 \cdot 102} = 1,67 \text{ кВт}.$$

§ 6. СТОЙКОСТЬ ЗУБОРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

В процессе резания металла инструмент изнашивается, тупится. И чем выше режимы резания, т. е. чем больше скорость резания, подача и глубина резания, тем быстрее происходят изнашивание и затупление инструмента. Зуборезный инструмент более всего изнашивается по задним поверхностям, особенно в месте сопряжения этих поверхностей с передней поверхностью. Износ инструмента ухудшает качество обработанной поверхно-

товых, акустических. Основными единицами установлены: метр (m) — для измерения длины; килограмм ($кг$) — для измерения массы; секунда ($сек.$) — для измерения времени; градус Кельвина ($^{\circ}K$) — для измерения температуры; ампер (a) — для измерения силы электрического тока; свеча ($св$) — для измерения силы света.

В системе СИ нагрузка, сила резания и т. п. измеряются в ньютонах. Ньютон — n — это сила, которая массе в 1 кг сообщает ускорение, равное 1 м/сек^2 ($1 \text{ кг} = 9,80665 \text{ н}$). Давление, прочность на растяжение; твердость и т. п. измеряются в ньютонах на квадратный метр (n/m^2). Работа любой машины, в том числе и зуборезного станка, измеряется в джоулях, а мощность — в ваттах. Джоуль — это работа, совершаемая силой в 1 н при перемещении точки ее приложения по направлению действия силы на расстояние 1 м ($1 \text{ кгм} = 9,80665 \text{ дж}$).

Для измерения плоского угла, в том числе и угла резания, заострения и т. д. принят радиан. Радиан ($рад$) — это угол между радиусами круга, вырезающий на его окружности дугу, длина которой равна радиусу ($1 \text{ рад} = 57^{\circ}17'44,8''$).

Для измерения температуры в системе СИ принята термодинамическая шкала Кельвина, в которой для температуры тройной точки воды установлено значение $273,16^{\circ}K$ (под тройной точкой понимают точку равновесия воды в твердой, жидкой и газообразной форме). Температуру по Цельсию обозначают t , а по Кельвину T . Переход от одной температурной шкалы к другой прост:

$$T = t + 273,15^{\circ};$$

$$t = T - 273,15^{\circ}.$$

сти. Для черновой обработки, где не требуется особой чистоты обработанной поверхности, допускается бо́льший износ инструмента, а для чистовой обработки — меньший. Предельная величина износа у быстрорежущих дисковых модульных зуборезных фрез может быть 0,8—1,0 мм при черновой обработке и 0,2—0,3 мм при чистовой обработке.

Для восстановления режущих свойств затупившийся инструмент затачивают. Время работы инструмента между переточками называется его стойкостью. Если говорят, что стойкость червячной фрезы 240 мин., это значит, что ее нужно перетачивать через каждые 240 мин. работы. В эти 240 мин. не входит время, затрачиваемое на установку и снятие обрабатываемых деталей, на подвод и отвод фрезы и другие вспомогательные операции, когда инструмент не срезает металл. Зная стойкость инструмента и основное (машинное) время, затрачиваемое на обработку одной детали (если на станке обрабатывается партия одинаковых деталей), легко подсчитать, сколько деталей можно обработать, не перетачивая фрезу или другой инструмент. Так, если стойкость фрезы 240 мин., а машинное время, необходимое для нарезки одного зубчатого колеса, 60 мин., то такой фрезой можно нарезать без переточки четыре зубчатых колеса.

Каждая переточка инструмента вызывает непроизводительные затраты рабочего времени и, следовательно, отрицательно влияет на производительность труда при обработке деталей, поэтому следует иметь инструмент более высокой стойкости.

В процессе резания металла выделяется много тепла. Источником этого тепла являются деформация металла в процессе резания, трение стружки о поверхность передней грани инструмента и трение задней грани инструмента о поверхность резания (об обработанную поверхность). Больше всего тепла дает деформация срезанного слоя металла.

Режущая часть инструмента нагревается до высокой температуры, под влиянием нагрева твердость ее снижается и возрастает скорость затупления инструмента, т. е. стойкость его резко уменьшается. Чем сильнее инструмент нагревается в процессе работы, тем быстрее он теряет свою твердость и тупится.

Количество тепла, выделяемого при резании металла, а следовательно, и стойкость инструмента зависят от режима резания и от геометрии режущей части инструмента. Больше всего влияет на стойкость инструмента скорость резания. С увеличением скорости резания дисковыми модульными фрезами на 10% стойкость снижается почти на $\frac{1}{3}$, а при увеличении скорости на 25% — более чем в два раза. Увеличение подачи меньше влияет на стойкость инструмента. С увеличением подачи в два раза стойкость снижается только на 40%. Поэтому для повышения

производительности и сохранения стойкости прежде всего следует увеличивать подачу. Подача выбирается максимальной величины, при которой чистота обработанной поверхности будет удовлетворять предъявленным требованиям.

Большое влияние на стойкость инструмента оказывают величины передних и задних углов. Чем эти углы больше, тем легче идет резание и тем меньше изнашивается инструмент. Необходимо иметь в виду, что чрезмерное увеличение переднего и заднего углов приводит к уменьшению массы инструмента и к снижению его стойкости.

У модульных фрез задние боковые углы имеют переменное значение вдоль режущей кромки. Поэтому и условия резания для разных точек режущей кромки фрезы (и разных номеров фрез) различны. Фрезы первых номеров (1, 1½ и т. д.) тупятся быстрее, чем фрезы последних номеров (7, 7½, 8). Это объясняется тем, что у фрез первых номеров боковые задние углы у вершины очень малы — приближаются к нулю, вследствие чего во время работы на этих участках трение больше, на них налипает металл и они быстрее изнашиваются. Фрезы последних номеров имеют большие боковые задние углы, поэтому условия работы у них легче и стойкость выше.

При черновом нарезании стойкость долбяков изменяется в зависимости от величины заднего угла следующим образом.

Задний угол при вершине, град	Стойкость долбяка мин.
6	62,3
9	134,8
12	170,1

Иначе говоря, с увеличением заднего угла с 6 до 9° стойкость увеличивается в два раза, а с увеличением этого угла с 6 до 12° — в 2,7 раза.

Несмотря на то, что долбяки изнашиваются в основном по задним поверхностям, увеличение до определенного предела переднего угла долбяка благоприятно сказывается на его стойкости. Если вместе с увеличением заднего угла с 6 до 9° передний угол увеличить с 5 до 15°, то стойкость увеличится не в два, как прежде, а в четыре раза.

При выборе стойкости инструмента и режима резания следует исходить из того, чтобы обеспечить наиболее высокую производительность и наименьшую себестоимость обработки. Обработку нужно вести при минимальных затратах основного (машинного) времени и времени на переточку инструмента.

Стойкость, при которой обеспечивается наиболее высокая производительность и наименьшая стоимость обработки, называется *наивыгоднейшей*.

Каждый вид инструмента имеет свою, наиболее рациональную и экономически выгодную стойкость. Инструменты более

дорогие и более сложной формы, требующие значительного времени на установку и на заточку, должны быть более стойкими. Эти инструменты затачивают реже и работают ими на более низких режимах. Так, если стойкость быстрорежущих токарных резцов обычно равна 60 мин., то стойкость модульных дисковых фрез — 180 мин.

В производственных условиях наивыгоднейшая стойкость инструмента обычно выбирается в соответствии с нормативами, составленными на основании опыта заводов и исследований.

В табл. 15 приведены данные о наивыгоднейшей стойкости и допустимых величинах износа (затупления) зуборезных инструментов.

В этой таблице меньшие величины стойкости относятся к нарезанию стальных зубчатых колес, а большие — к обработке чугунных зубчатых колес.

Исходя из наивыгоднейшей стойкости инструмента, определяется и наивыгоднейшая скорость резания.

Выбор рационального (наивыгоднейшего) режима резания при зубонарезании заключается в определении глубины резания (число проходов при зубонарезании), подачи и скорости резания, при которых обеспечивается высокопроизводительная обработка. *Глубину резания* при нарезании зубьев устанавливают в зависимости от размеров зуба (от модуля колеса), характера обработки и мощности станка. *Подачу* при черновом зубонарезании с целью увеличения производительности принимают наибольшей, исходя из прочности режущего инструмента и мощности станка. При чистовом зубонарезании величину подачи выбирают в зависимости от класса чистоты поверхности зубьев и степени точности нарезаемого колеса: чем выше класс чистоты обрабатываемой поверхности и степень точности, тем меньше должна быть величина подачи.

Скорость резания при зубонарезании определяют в зависимости от наивыгоднейшей стойкости инструмента (модуля и материала нарезаемого колеса).

Наивыгоднейшие режимы резания определяют на основе научных исследований и экспериментальных работ. В табл. 17 (гл. VI) и в табл. 22, 23, 26, 28 и 31 (гл. VII) приведены режимы резания при нарезании зубчатых колес на станках разных типов.

Необходимо отметить, что при фрезеровании, в том числе и при зубофрезеровании, на стойкость режущего инструмента оказывает влияние и взаимное направление вращения фрезы и подачи. На рис. 49, б, в стрелками показаны направления вращения фрезы и направления подачи в процессе фрезерования. В первом случае (рис. 49, б) направление подачи идет против направления вращения фрезы (встречное фрезерование), а во

**Стойкость и допустимые величины износа (затупления)
зуборезного инструмента**

Инструмент	Модуль наре- заемого зуб- чатого колеса, мм	Стойкость, час, при обработке		Величина износа (за- тупления), мм, при обработке	
		чер- новой	чис- товой	черновой	чистой
Фрезы дисковые модульные	1—8	3	3	0,8	0,3
Фрезы червячные цельные для цилиндрических зубчатых колес	1—6	4—12	4—8	0,5—0,8	0,2—0,4
Фрезы червячные сборные для цилиндрических зубчатых колес	6—26	8—32	4—18	0,5—0,8	0,2—0,4
Долбяки зуборезные диско- вые $\frac{1}{2}$ и чашечные прямозубые с номинальным делительным диаметром, равным 75 и 100 мм, и хвостовые	1—7	5—7	4	0,6—1,0	0,06—0,12
Резцы зубострогальные для конических колес с прямым зубом	1,25—20	3	3	0,8—1,2	0,2—0,4

втором случае (рис. 49, в) фреза вращается в противоположную сторону и подача идет по направлению вращения фрезы.

Фрезерование, при котором подача идет навстречу вращению фрезы, называется фрезерованием против подачи. Фрезерование, при котором направления подачи и вращения фрезы совпадают, называется попутным фрезерованием.

При фрезеровании против подачи (рис. 49, б) зуб фрезы начинает резание в точке А. Какую-то часть пути зуб скользит по поверхности, обработанной предыдущим зубом, пока в зависимости от величины пружинения оправки, величины деформации обрабатываемого металла и остроты режущей кромки зуба толщина слоя становится достаточной, чтобы зуб не мог дальше проскальзывать. С этого момента начинается образование стружки. Возникающая в процессе скольжения зуба теплота, а следовательно, и износ задней поверхности зуба еще до того, как он начнет резание, является большим недостатком этого метода фрезерования.

При фрезеровании по подаче (рис. 49, в) зуб начинает резание в точке Б, т. е. в точке наибольшей толщины стружки, и заканчивает резание в точке А, т. е. в точке наименьшей толщины, так что зуб сразу, не скользя, врезается в

обрабатываемую поверхность. При этом методе теплоты возникает меньше, износ задней поверхности происходит в меньшей степени, что позволяет вести фрезерование с большими скоростями резания.

Фрезерование по подаче является более передовым методом обработки, однако его можно применять лишь при отсутствии зазоров в механизме перемещения стола и только при жестком, надежном креплении детали.

Для повышения стойкости инструмента или для повышения скорости резания при данной стойкости при нарезании зубчатых колес применяют смазочно-охлаждающие жидкости.

Смазочно-охлаждающая жидкость охлаждает инструмент, смазывает трущиеся поверхности инструмента и заготовки и тем самым уменьшает трение. Кроме этого, смазочно-охлаждающая жидкость, подаваемая в зону резания под давлением, вымывает стружку из впадин между зубьями фрезы, облегчая условия работы инструмента. Применение смазочно-охлаждающей жидкости облегчает отделение срезаемого слоя и обычно улучшает чистоту обрабатываемой поверхности.

Выбор смазочно-охлаждающей жидкости производится в зависимости от обрабатываемого металла и характера обработки. При нарезании стальных зубчатых колес в качестве смазочно-охлаждающей жидкости применяют осерненное минеральное масло — сульфозрезол, имеющий состав (%):

Масло веретенное	80—78
Нигрол	18—20
Сера	1,7—2

Сульфозрезол образует прочную масляную пленку, которая не разрушается при высоких давлениях и температуре и тем самым обеспечивает значительное уменьшение трения, а следовательно, и снижение температуры нагрева инструмента.

Кроме сульфозрезола, в качестве смазочно-охлаждающей жидкости применяют масляные эмульсии, которые представляют собой 6-процентный раствор эмульсола. Эмульсол состоит из 70—80% минерального масла, 18—20% мыла, 2,5—5% спирта и 4—5% воды. Масляные эмульсии применяют для более легких зуборезных работ и в основном при получистовой и чистой обработке.

При нарезании зубчатых колес из чугуна, бронзы, меди, алюминия, дюралюминия, силумина и цинка смазочно-охлаждающие жидкости не применяют.

КОНТРОЛЬ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

§ 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ И О СИСТЕМЕ ДОПУСКОВ

Изготовить деталь машины абсолютно точно невозможно, так как на точность обработки влияют неточность и износ механизмов станка, износ режущего инструмента, неточности установки и закрепления заготовки и другие факторы. Как правило, обработанные детали имеют отклонения от заданных размеров и формы. Размер действительный, полученный непосредственным измерением детали после ее обработки, всегда несколько больше или меньше размера номинального, указанного на чертеже.

Номинальным называется основной расчетный размер. Чтобы знать, с какой точностью следует произвести обработку, на чертежах указывают не один размер (номинальный), а два размера, которые называются предельными размерами. Предельными называются размеры, между которыми может колебаться действительный размер, полученный после обработки. Один из них называется *наибольшим предельным* размером, а другой — *наименьшим предельным*.

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется *допуском* размеров, а разность между предельным и номинальным размером — *отклонением*. Разность между наибольшим предельным и номинальным размером называется *верхним предельным отклонением*, а разность между наименьшим предельным и номинальным размером — *нижним предельным отклонением*.

На рис. 50 графически показаны наибольшие и наименьшие предельные размеры, верхние и нижние предельные отклонения и допуск размера. По схеме, изображенной на рис. 50, а, действительный размер изделий, полученный после обработки, может быть несколько больше или меньше номинального размера, но он не должен быть больше наибольшего предельного размера и меньше наименьшего предельного размера.

На чертеже детали указывается номинальный (расчетный) размер с верхним и нижним предельными отклонениями. Например, если необходимо обработать деталь с номинальным размером 100 мм, с верхним предельным отклонением 0,15 мм и нижним предельным отклонением — 0,1 мм, то на чертеже указывают размер $100^{+0,15}_{-0,10}$. Наибольший предельный размер равен $100 + 0,15 = 100,15$ мм, наименьший предельный размер равен $100 - 0,10 = 99,9$ мм, а допуск $100,15 - 99,9 = 0,25$ мм. Это значит, что действительный размер, полученный после обработки, должен быть не больше 100,15 и не меньше 99,9 мм.

Если требуется обеспечить сопряжение двух деталей (брусок и паз), входящих одна в другую с зазором, брусок или вал обрабатывается с наибольшим предельным размером, несколько меньшим номинального размера, или же паз (отверстие) обрабатывается с наименьшим предельным размером, несколько большим номинального размера. На рис. 50, б показана схема расположения верхнего и нижнего предельных отклонений размера бруска, обеспечивающая зазор в сопряжении с пазом. Например, если необходимо обработать деталь с номинальным размером 100 мм, верхним отклонением — 0,10 мм и нижним отклонением — 0,15 мм, то на чертеже указывают размер $100^{-0,10}_{-0,15}$. Здесь наибольший предельный размер будет $100 - 0,10 = 99,9$ мм, т. е. меньше номинального, и наименьший предельный размер будет $100 - 0,15 = 99,85$ мм, т. е. также меньше номинального.

Точность изготовления деталей характеризуется величиной предельных отклонений от заданных (номинальных) размеров и формы. Для разных машин требуются детали с различной точностью обработки. Например, детали большинства сельскохозяйственных машин могут быть обработаны с меньшей точностью, чем детали металлорежущих станков или измерительных при-

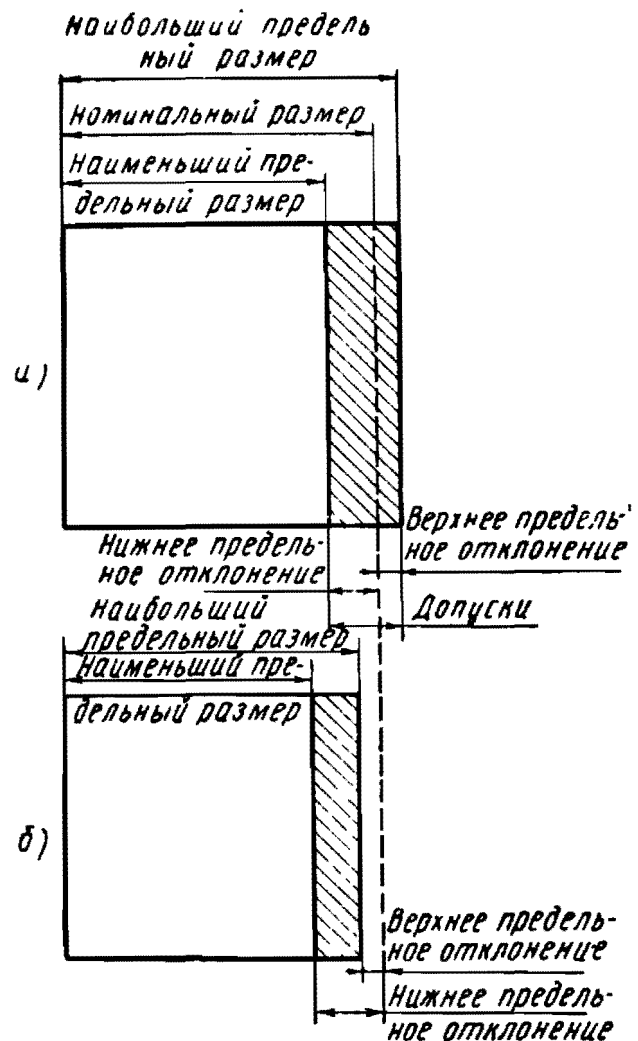


Рис. 50. Схема расположения предельных размеров, верхних и нижних отклонений и допусков размера

боров. Было бы неправильно изготавливать детали с излишней точностью там, где это не требуется, так как повышение точности деталей требует более точного оборудования, инструмента, приспособлений и более квалифицированных рабочих, вследствие чего удорожается стоимость изготовления деталей и изделий в целом. В связи с этим в машиностроении детали разных машин изготавливают по разным классам точности.

В СССР приняты десять классов точности изготовления деталей (1, 2, 2а, 3-й и т. д.), обозначаемые в порядке убывания точности.

Зубчатые колеса, так же как и другие детали машин, нарезать абсолютно точно невозможно. Точность нарезания зубчатых колес зависит от способа их нарезания, точности режущего инструмента и станка, точности установки нарезаемой заготовки и режущего инструмента, степени нагрева нарезаемого колеса во время обработки. Для различных машин и механизмов применяют колеса неодинаковой точности. Например, для подъемных машин и различного рода транспортирующих устройств зубчатые колеса могут быть обработаны с меньшей точностью, чем для автомобилей, турбин и станков или делительных механизмов.

ГОСТ 1643—56 установлено двенадцать степеней точности цилиндрических зубчатых колес, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 и 12. Первая и вторая степени точности предназначаются для сверхточных колес. Двенадцатая степень точности предусматривается для механически необработанных колес. Остальные девять степеней точности позволяют достаточно правильно выбирать необходимую точность колес в зависимости от их назначения. ГОСТ 1643—56 охватывает цилиндрические колеса с внешними и внутренними прямыми, винтовыми и шевронными зубьями с диаметром делительной окружности до 5000 мм, модулем от 1 до 50 мм и с углом зацепления $\alpha = 20^\circ$.

Каждая степень точности характеризуется величиной допусков и предельных отклонений размеров зубчатых колес. Допуски и предельные отклонения размеров зубчатых колес делятся на три группы, характеризующие:

- 1) кинематическую точность колеса;
- 2) плавность работы колеса;
- 3) контакт зубьев.

Кинематическая точность зубчатого колеса характеризуется погрешностью (неточностью) угла поворота колеса за один оборот и может быть выражена величиной накопленной погрешности шага зубьев колеса.

Кинематическая точность особенно важна для передач, применяемых в точных кинематических цепях, например в делительных механизмах станков, в приборах и т. д. Для зубчатых колес,

точность которых невелика (колеса 10 и 11-й степени точности), проверку кинематической точности можно ограничить измерением радиального биения зубчатого венца.

Плавность работы колеса характеризуется спокойной и бесшумной передачей движений, определяется она величиной погрешности изготовления профиля зуба (отклонением профиля нарезанного зуба от теоретического профиля) и величиной погрешности основного шага. Если у нарезанных зубчатых колес зубья имеют профиль, соответствующий теоретическому (расчетному), то такие колеса будут работать значительно спокойнее и меньше изнашиваться по сравнению с зубчатыми колесами, у которых профиль зубьев отклоняется от теоретического, т. е. выполнен с погрешностью. Если все зубья данной пары зубчатых колес изготовлены с одинаковым шагом, то передача будет плавной, безударной, а следовательно и бесшумной. Для неточных зубчатых колес (с 7 по 11-ю степень точности) проверка плавности работы колеса может быть заменена проверкой предельного отклонения основного шага. Требование плавности работы колес имеет наибольшее значение для силовых передач, работающих на больших скоростях, поскольку неточность профиля и погрешности основного шага являются источником ударов, приводящих к появлению шума и вибраций.

Контакт зубьев в передаче обеспечивает долговечность работы зубчатых колес. Он определяется величиной поверхности касания зубьев сопрягаемых колес, т. е. полнотой контакта поверхностей этих зубьев. Контакт зубьев имеет особо важное значение для передач, с помощью которых передаются большие нагрузки, так как точность контакта влияет на прочность и долговечность работы передачи.

В практике редки случаи, когда все три рассмотренные группы допусков и предельных отклонений должны одинаково влиять на работу передачи. Чаще всего один или два показателя точности являются основными, а остальные менее важны. Например, для зубчатых передач в делительных механизмах, где требуется передавать движения с высокой точностью, но при малых скоростях и нагрузках, первостепенное значение имеют кинематическая точность и плавность работы зубчатых колес и второстепенное — контакт зубьев колес. И наоборот, для зубчатых передач подъемно-транспортных машин, где требуется передавать большие нагрузки без высоких требований к точности передаваемых движений и к плавности работы передач, первостепенное значение имеет контакт зубьев и второстепенное — кинематическая точность и плавность работы передач. Поэтому в тех случаях, когда по эксплуатационным требованиям необходимо выделить какие-либо свойства колес, ГОСТ разрешается комбинировать степени точности для различных групп допусков и предельных отклонений, т. е. для кинематической точности,

плавности работы передач и контакта зубьев колес принимаются разные степени точности.

Наряду с кинематической точностью, плавностью работы и полнотой контакта качественная работа зубчатой передачи зависит от бокового зазора между зубьями колес, находящихся в зацеплении.

В зависимости от условий эксплуатации предъявляются различные требования к зубчатой передаче в отношении бокового зазора. Так, для точных реверсивных передач при нормальных условиях работы требуются малые боковые зазоры. В то же время для очень точных турбинных передач, работающих в условиях повышенной температуры, необходимы относительно большие боковые зазоры. Одинаково точно изготовленные зубчатые передачи (по кинематической точности, по плавности работы и полноте контакта), работающие в разных условиях, должны иметь разные величины боковых зазоров.

Исходя из условий эксплуатации зубчатых передач, независимо от степени точности колес, предусмотрены четыре вида сопряжений, определяющих величины гарантированного (минимально необходимого) бокового зазора, которые имеют следующие буквенные обозначения:

С — сопряжение с нулевым гарантированным зазором;

Д — сопряжение с уменьшенным гарантированным зазором;

Х — сопряжение с нормальным гарантированным зазором;

Ш — сопряжение с увеличенным гарантированным зазором.

Нормирование гарантированного зазора вызвано тем, что минимально необходимый зазор устраняет заклинивание передач при нагреве и обеспечивает нормальные условия смазки.

Принятые конструктором степени точности изготовления зубчатых колес и вид их сопряжения указываются в рабочих чертежах в виде условного обозначения. Например, Ст. 8-Х ГОСТ 1643—56 означает, что колесо должно быть изготовлено по 8-й степени точности, а толщина зубьев должна быть такой, чтобы обеспечивалось сопряжение с нормальным гарантированным боковым зазором. В тех случаях, когда принята комбинированная степень точности изготовления колеса, в обозначении на чертеже последовательно указываются принятые степени для кинематической точности, плавности работы и полноты контакта. Например, обозначение Ст. 9-8-7-Д ГОСТ 1643—56 указывает, что для колеса принята кинематическая точность по девятой степени, плавность работы по восьмой степени и полнота контакта зубьев по седьмой степени точности, при сопряжении с уменьшенным гарантированным зазором. Если величина гарантированного зазора принята не по стандарту, то буква, указывающая вид сопряжения, в обозначении не приводится, например Ст. 8 ГОСТ 1643—56.

При контроле зубчатых колес необходимо иметь в виду, что ГОСТ 1643—56 даются допуски и отклонения для прямозубых и узких винтовых колес и отдельно для широких винтовых и шевронных колес. Узкими винтовыми колесами в стандарте считаются те, у которых ширина зубчатого венца не превышает 1,25 осевого шага.

Для конических зубчатых колес допуски и предельные отклонения даны в ГОСТ 1758—56. Этот ГОСТ охватывает зубчатые колеса с модулем от 1 до 30 мм, с диаметром делительной окружности до 2000 мм и углом зацепления $\alpha=20^\circ$. ГОСТ 1758—56 установлено 12 степеней точности, однако в связи с большой сложностью изготовления точных конических передач допуски и отклонения для 1, 2, 3 и 4-й степеней точности еще не определены. Для каждой степени точности допуски и предельные отклонения размеров конических колес также разделены на три группы, характеризующие кинематическую точность колеса, плавность работы колеса и контакт зубьев в передаче. Предусмотрено также комбинирование степеней точности по этим трем группам допусков и отклонений размеров в зависимости от назначения конической передачи.

Проверка качества нарезаемых зубчатых колес осуществляется двумя видами контроля: технологическим и окончательным.

При технологическом контроле зубчатые колеса измеряют в процессе изготовления с целью оперативного наблюдения за точностью выполнения технологического процесса. При таком виде контроля измеряют отдельные элементы нарезанного зубчатого колеса непосредственно на зуборезном станке. Такой контроль обязателен после каждой переналадки зуборезного станка, переточки и смены режущего инструмента.

При окончательном контроле зубчатых колес выявляют их эксплуатационные показатели: кинематическую точность, плавность работы и полноту контакта зубьев колес. Средства измерения, применяемые при окончательном контроле, должны быть простыми в эксплуатации и производительными. Этому требованию наилучшим образом отвечают комплексные средства измерения (приборы), выявляющие погрешности, которые сказываются на указанных выше эксплуатационных показателях.

§ 2. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ КИНЕМАТИЧЕСКУЮ ТОЧНОСТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Как уже указывалось выше, кинематическая точность колеса характеризуется кинематической его погрешностью и накопленной погрешностью окружного шага.

Средства и методы определения кинематической погрешности колеса. Наиболее полно кинематическая погрешность опреде-

ляется при комплексном однопрофильном контроле на приборе, принципиальная схема которого показана на рис. 51. На шпинделе 3 закрепляется эталонное колесо 4 и фрикционный диск 5, а на шпинделе 2 закрепляется проверяемое колесо 1. Шпиндель 2 концентрично смонтирован внутри шпинделя 10, на котором закрепляется второй фрикционный диск 9. Диаметры фрикционных дисков равны диаметрам начальных окружностей зацепляющихся эталонного и проверяемого колес. Таким образом, в данном приборе имеется кинематическая цепь, состоящая из эталонного и проверяемого колес и двух фрикционных дисков. При вращении эталонного колеса вращается диск 5 и соединенный с ним диск 9 вместе со шпинделем 10. При этом вращается и проверяемое колесо 1, сцепленное с эталонным колесом. Если проверяемое колесо имеет кинематическую погрешность, то происходит рассогласование вращений шпинделей 2 и 10, т. е. поворот шпинделя 2 относительно шпинделя 10. Это рассогласование отмечается отсчетным устройством 6, которое приводится в действие рычагами 7 и 8.

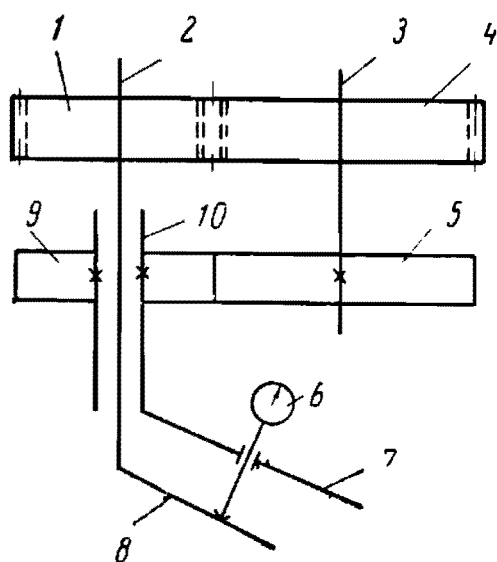


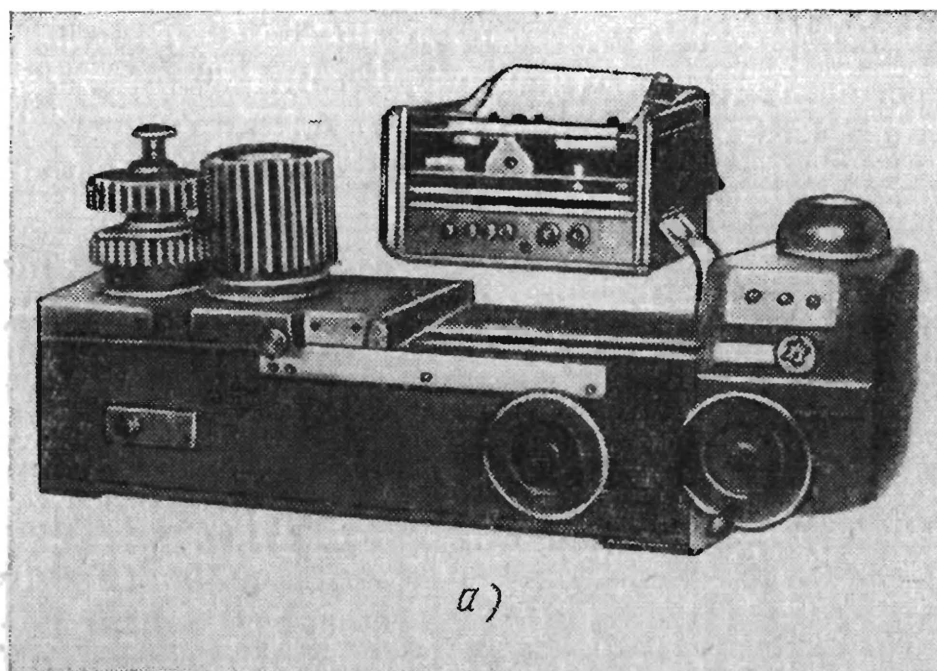
Рис. 51. Принципиальная схема прибора с фрикционными дисками для комплексного однопрофильного контроля зубчатых колес

Рис. 51. Принципиальная схема прибора с фрикционными дисками для комплексного однопрофильного контроля зубчатых колес

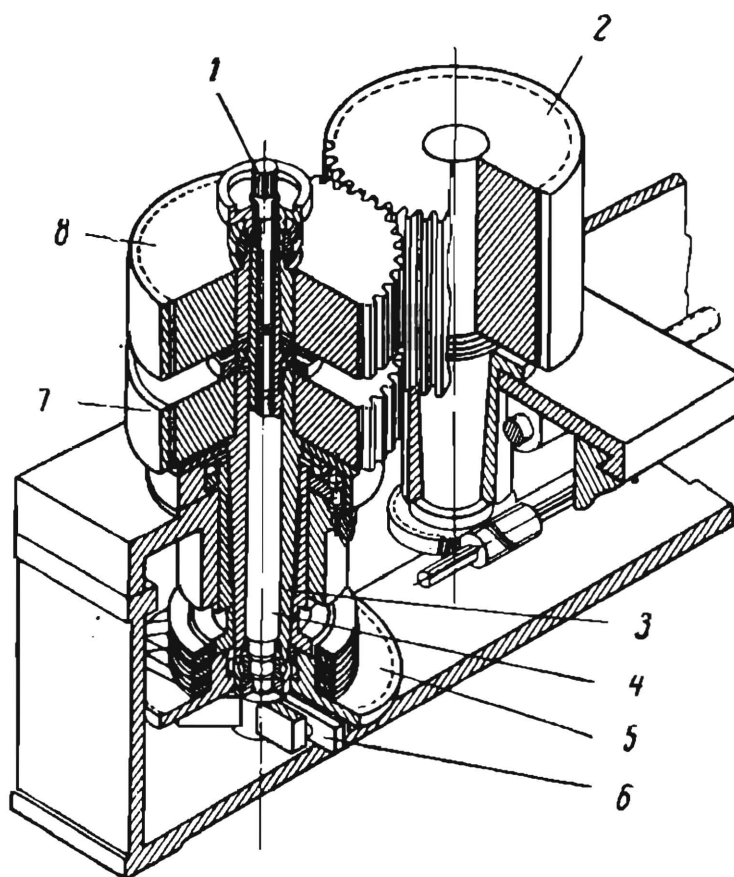
Приборы, построенные по принципу рассмотренной схемы, просты по конструкции, но имеют эксплуатационные недостатки: требуется большое количество сменных дисков и, кроме того, трудно обеспечить вращение этих дисков без проскальзывания.

В настоящее время отечественной промышленностью создан и Московским инструментальным заводом (МИЗ) выпускается прибор БВ-608К, близкий по принципу работы к рассмотренному дисковому, но не имеющий фрикционной передачи.

На рис. 52 показаны общий вид и схема этого прибора, в котором вместо двух фрикционных дисков имеется удлиненное промежуточное колесо 2, создающее замкнутую кинематическую цепь. В этом приборе параллельно шпинделю промежуточного колеса имеется составной шпиндель 1, состоящий из внутреннего 4 и наружного 3. На внутреннем шпинделе устанавливается проверяемое колесо 8, а на наружном шпинделе — эталонное колесо 7. При вращении промежуточного колеса будут одновременно вращаться проверяемое и эталонное колеса. Если проверяемое колесо имеет кинематическую погрешность, то



а)



б)

Рис. 52. Прибор БВ-608К для комплексного однопрофильного контроля зубчатых колес:
 а — общий вид, б — схема

происходит рассогласование вращений шпинделей 3 и 4, т. е. поворот шпинделя 4 проверяемого колеса относительно шпинделя 3 эталонного колеса. Регистрация рассогласования, т. е. кинематической погрешности проверяемого колеса, производится индуктивным датчиком, состоящим из катушек 5, якоря 6 и записывающего устройства или стрелочного показывающего устройства.

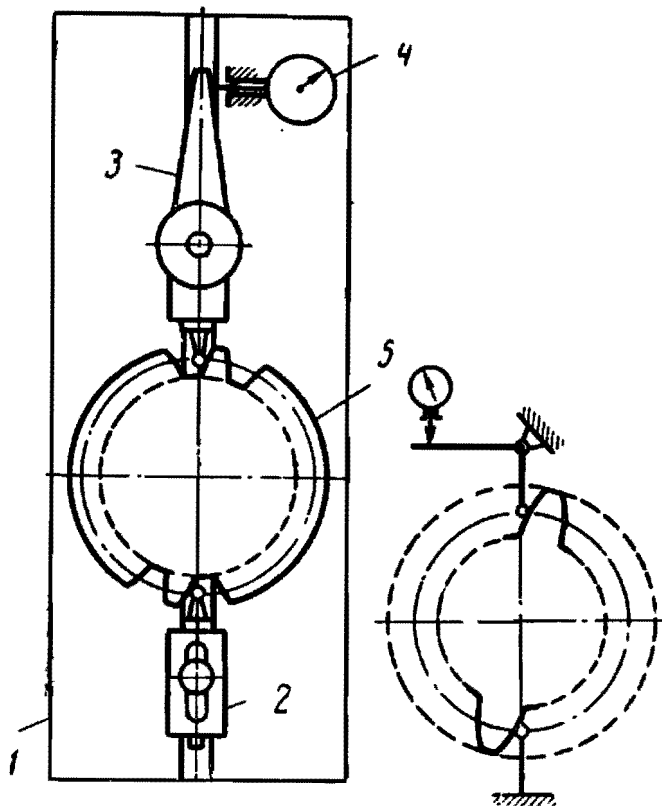


Рис. 53. Схема измерительного приспособления для измерения накопленной погрешности окружного шага на угле 180°

Рассмотренный прибор применяют при окончательном контроле, т. е. после полной обработки зубчатого колеса.

Средства и методы определения накопленной погрешности окружного шага.

Под накопленной погрешностью окружного шага понимается наибольшая погрешность во взаимном расположении любых двух одноименных (правых или левых) профилей зубьев при измерении по одной окружности колеса.

Большое применение в производственной практике, особенно в мелкосерийном и серийном про-

изводстве, имеет метод определения накопленной ошибки окружного шага колеса с помощью довольно простого приспособления, схема которого показана на рис. 53. Приспособление состоит из двух смонтированных на плите 1 измерительных наконечников 2 и 3, расположенных друг относительно друга под углом 180° . Один из этих наконечников неподвижный, а другой при повороте вокруг своей оси действует на индикатор 4. Крепление проверяемого зубчатого колеса 5 на приспособлении производится с помощью точной цилиндрической оправки, установленной в конусном отверстии плиты.

Измеряют погрешности окружного шага с помощью данного приспособления следующим образом. На приспособление устанавливают проверяемое зубчатое колесо, которое приводится в контакт с измерительными наконечниками так, чтобы наконечники касались диаметрально противоположных одноименных боковых поверхностей зубьев; при этом стрелка индикато-

ра должна быть совмещена с нулевым штрихом шкалы. Если измеряемое зубчатое колесо повернуть вокруг оси на 180° , а затем опять привести его в контакт с измерительными наконечниками, то стрелка индикатора покажет двойную накопленную погрешность окружного шага колеса на угле 180° . Таким образом, половина показания индикатора (при двух положениях колеса) соответствует накопленной погрешности окружного шага на угле 180° , т. е. на половине оборота. Поворачивая колесо от зуба к зубу, находят по индикатору наибольшее отклонение, половину которого и принимают за накопленную ошибку окружного шага данного колеса. Для проверки по другим сторонам профиля зубьев колесо поворачивают на обратную сторону.

При определении этим методом накопленной ошибки окружного шага у колеса с нечетным числом зубьев измерительные наконечники будут располагаться под углом несколько меньшим, чем 180° . Однако в этом случае ошибка измерения будет настолько мала, что ею можно пренебречь.

§ 3. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПЛАВНОСТЬ ИХ РАБОТЫ

Плавность работы зубчатого колеса характеризуется местными скачками, возникающими в работе зубчатого зацепления, и определяется величиной погрешности профиля зуба и основного шага.

Средства и методы определения погрешностей профиля зуба. Для проверки профиля зубьев эвольвентных колес применяют приборы, называемые эвольвентомерами. На рис. 54 показаны общий вид и принципиальная схема работы одного из эвольвентомеров, выпускаемого Московским инструментальным заводом.

Эвольвентомер имеет следующую конструкцию. На основании 8 прибора (рис. 54, а) установлены продольные и поперечные салазки. На продольных салазках укреплена вращающаяся на шариковых подшипниках оправка, на которой установлен соответствующий проверяемому колесу диск 7. На эту же оправку при помощи промежуточной втулки устанавливается и проверяемое колесо 6. Для определения угла развернутости контролируемого профиля к продольным салазкам прикреплено приспособление 9. На поперечных салазках 1 укреплены линейка обката 10 и два индикатора часового типа 3 и 4, служащие для проверки боковой поверхности зуба по левым и правым боковым поверхностям. При продвижении поперечных салазок с помощью маховичка 2 линейка обката передвигается

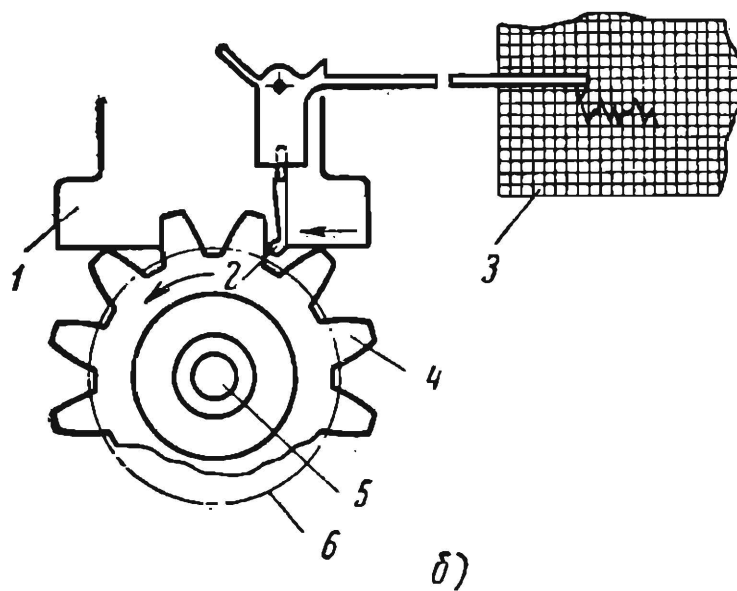
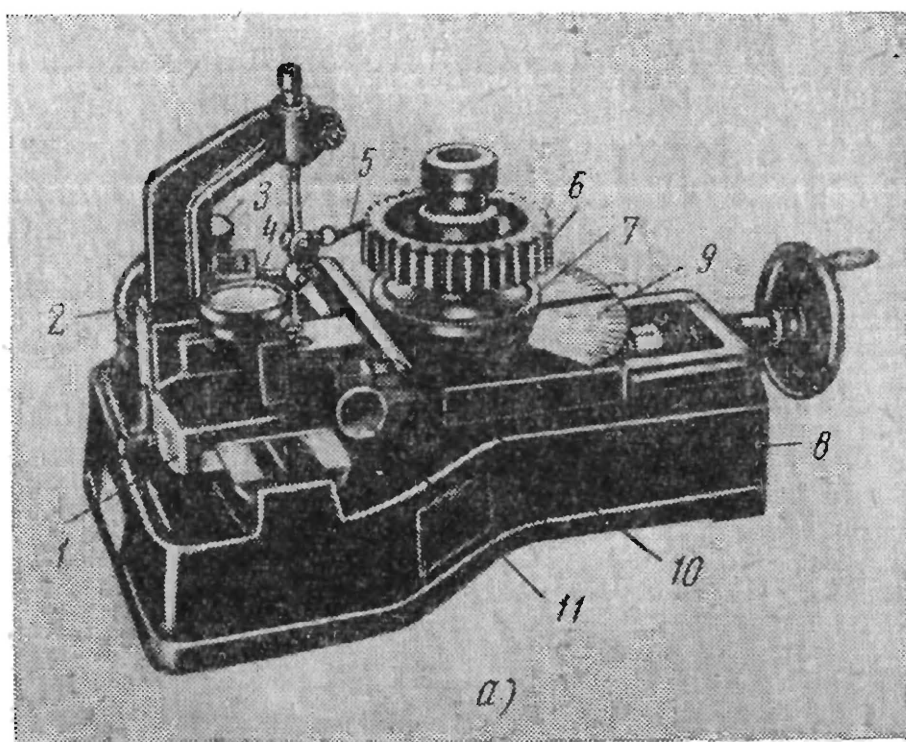


Рис. 54. Эвольвентомер со сменными дисками обката:

а — общий вид, б — принципиальная схема работы

относительно диска; кроме того, линейка обката может быть передвинута независимо от салазок при помощи винта 11, причем предварительно измерительный наконечник 5 поворачивают на 180° рабочей стороной к проверяемому профилю и устанавливают по указанному выше способу. Обкатка диска линейкой 10 в данном случае производится в сторону, противоположную той, в какую она производилась при проверке первой стороны профиля, а ошибка боковой поверхности зуба определяется по второму индикатору.

Рассмотренный эвольвентомер имеет следующую схему работы. Проверяемое колесо 4 (рис. 54, б) вместе с диском 6, диаметр которого равен диаметру основной окружности зубчатого колеса, укрепляется на общей оси 5. С диском 6 приводится в соприкосновение линейка 1 с измерительным наконечником 2. При поступательном перемещении линейки по направлению стрелки диск 6 вместе с проверяемым зубчатым колесом 4 будет вращаться без скольжения, а измерительный наконечник 2, связанный с линейкой и перемещающийся вместе с последней, опишет правильную эвольвенту.

Если профиль зуба, ощупываемый измерительным наконечником, выполнен точно, без погрешностей, то регистрирующая (показывающая) часть прибора при движении линейки 1 не покажет никакого отклонения (если эвольвентомер снабжен самописцем 3, то последний в этом случае прочерчивает прямую линию). В случаях неточной обработки профиля зуба все погрешности будут действовать на наконечник, ощупывающий данную поверхность зуба, смещая его в ту или другую сторону. Насколько проверяемая боковая поверхность зуба отклоняется от теоретической эвольвенты, можно будет видеть по колебанию в показаниях индикатора или по кривой на диаграмме, вычерчиваемой самописцем.

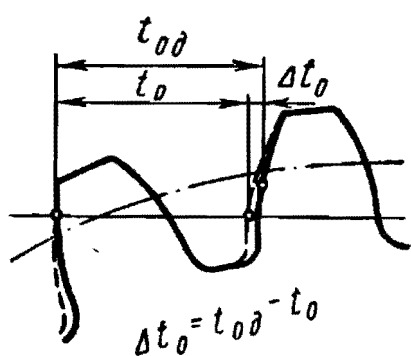


Рис. 56. Основной шаг зубчатого колеса:

t_0 — основной шаг (расчетный), $t_{0д}$ — основной шаг действительный, Δt_0 — погрешность основного шага

(рис. 55). Если зубья обработаны правильно, то при совмещении основания шаблона с поверхностью выступов зубьев внутренние очертания шаблона всеми своими точками будут касаться боковых профилей зубьев таким образом, что между шаблоном и зубьями не будет просвета.

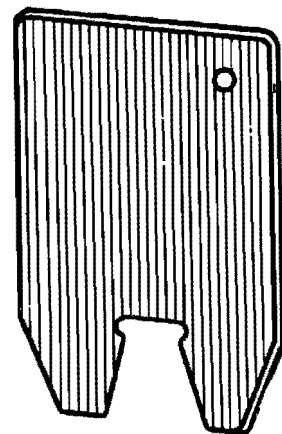


Рис. 55. Шаблон для контроля профиля зубьев

Средства и методы определения погрешностей основного шага зубчатого колеса. Расстояние между двумя взаимно параллельными касательными к двум соседним одноименным (правым или левым) профилям зубьев называется основным ша-

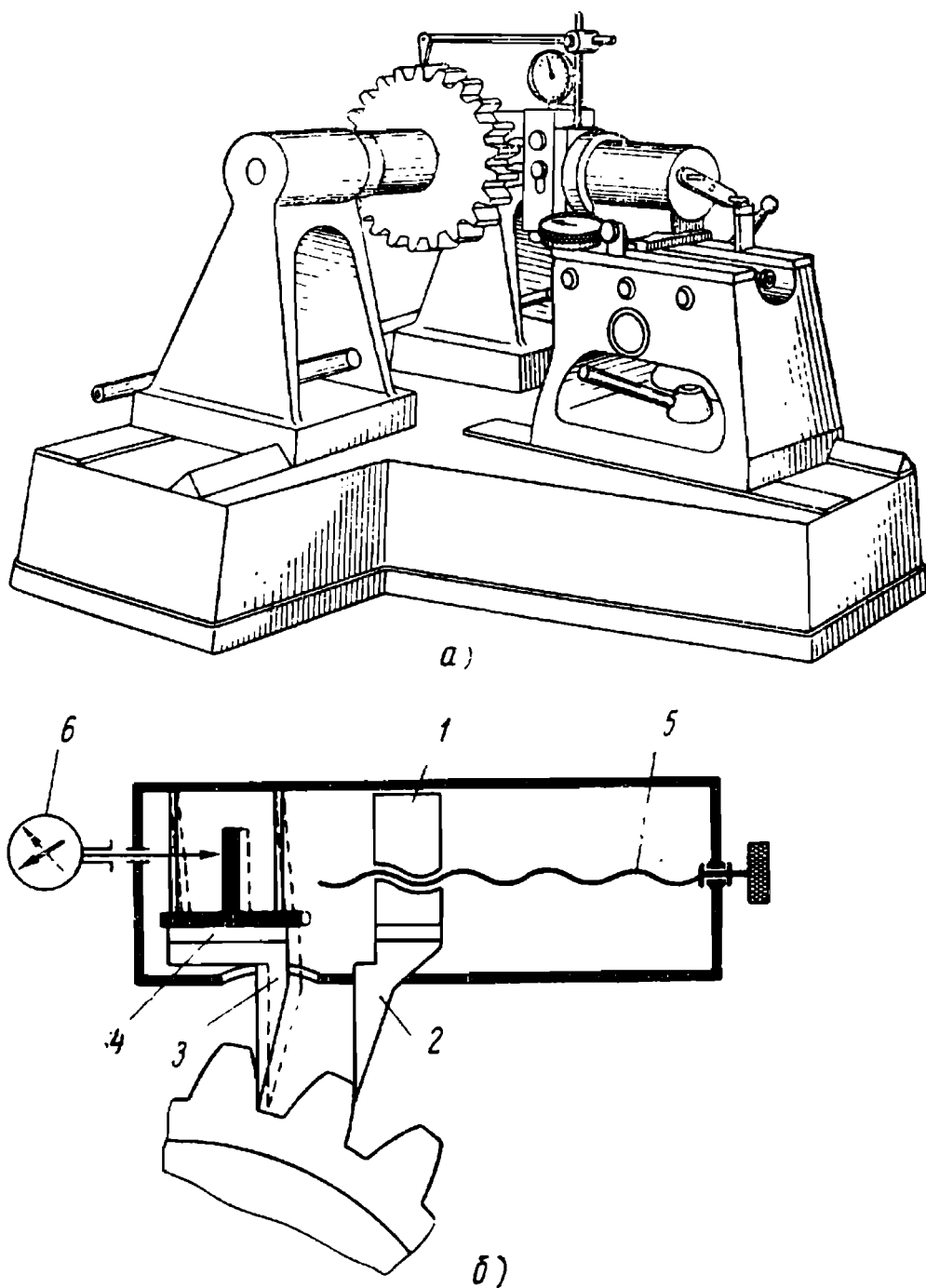


Рис. 57. Универсальный зубомерный прибор МИЗ:
a — общий вид, *б* — схема измерения основного шага зубчатого колеса

гом (рис. 56). Чем меньше будут отклонения основного шага, тем более плавно будет работать зубчатая передача.

На рис. 57 показаны общий вид (*a*) универсального зубомерного прибора Московского инструментального завода и схе-

ма измерения (б) основного шага зубчатого колеса. Измерительный наконечник 2 (рис. 57, б), связанный с гайкой 1, может устанавливаться в требуемом положении винтом 5, другой измерительный наконечник 3 через каретку 4 соединен с индикатором 6. При измерении основного шага измерительные наконечники должны быть предварительно установлены на определенный размер, при котором расстояние между параллельно расположенными рабочими гранями наконечников было бы равно теоретической величине основного шага в нормальном сечении колеса. Основной шаг определяется по формуле

$$t_o = \pi \cdot m_n \cdot \cos \alpha,$$

где m_n — модуль колеса в нормальном его сечении;
 α — угол зацепления передач.

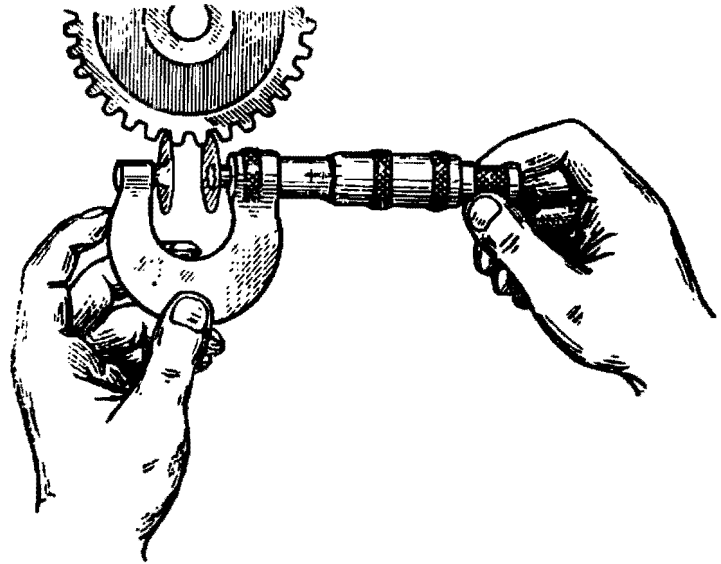


Рис. 58. Зубомерный микрометр

При стандартном угле зацепления $\alpha = 20^\circ$ основной шаг будет равен:

$$t_o = 2,9521 \cdot m_n.$$

Настройка измерительных наконечников на требуемую величину производится с помощью концевых мер и специальных боковичков, прилагаемых к прибору.

Универсальным зубомерным прибором можно измерять также окружной шаг, радиальное биение и другие параметры зубчатого колеса.

Основной шаг можно измерить и зубомерным микрометром, показанным на рис. 58. В отличие от обычного, зубомерный микрометр имеет измерительные губки в виде дисков. Для определения основного шага измеряют сначала длину общей нормали*, например между пятью зубьями, а затем между шестью зубьями.

Разность между двумя этими измерениями и будет равна основному шагу зубчатого колеса (на рис. 58 показано измерение общей нормали между двумя зубьями).

* Общей нормалью зубчатого колеса называется прямая, соединяющая точки касания двух разноименных профилей с параллельными касательными к ним плоскостями.

§ 4. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ КОНТАКТ ЗУБЬЕВ

Комплексным (наиболее полным) показателем полноты контакта зубчатых колес при их зацеплении является пятно контакта. Пятном контакта называется часть боковой поверхности зуба колеса, на которой располагаются следы прилегания

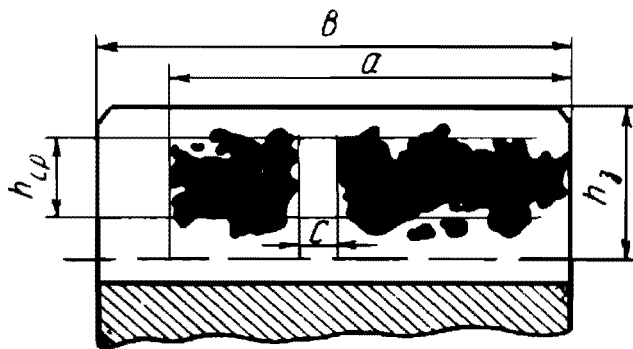


Рис. 59. Пятно контакта

его к зубьям парного (сцепленного с ним) колеса после вращения собранной передачи при легком торможении (рис. 59). Полнота контакта зубьев колеса определяется относительными размерами контактного пятна по длине и высоте (в процентах).

По длине зуба контакт определяется отношением расстояния a между крайними точками следов прилегания за вычетом разрывов c к полной длине зуба B .

$$\frac{a - c}{B} \cdot 100\%.$$

Например, если полная длина зуба $B = 50$ мм, расстояние между крайними точками следов прилегания $a = 40$ мм и разрыв между пятнами $c = 10$ мм, то контакт по длине зуба будет:

$$\frac{40 - 10}{50} \cdot 100 = 60\%.$$

По высоте зуба контакт определяется отношением средней высоты $h_{ср}$ пятна прилегания по всей длине зуба к рабочей высоте зуба $h_з$.

$$\frac{h_{ср}}{h_з} \cdot 100\%.$$

Например, если средняя высота пятна прилегания по всей длине зуба $h_{ср} = 9$ мм, а рабочая высота зуба $h_з = 12$ мм, то контакт по высоте зуба будет:

$$\frac{9}{12} \cdot 100 = 75\%.$$

Рассматривая поверхность прилегания зубьев после кратковременной совместной работы пары колес, можно контролировать пятно контакта. Но такая проверка занимает много времени.

Более производительным методом проверки контакта зубчатых колес является проверка на краску. Этот метод проверки контакта зубчатых колес заключается в том, что проверяемое зубчатое колесо сцепляют с другим точным колесом меньшего диаметра, боковые поверхности зубьев которого покрывают тонким слоем лазури, и после обката колес определяют степень прилегания сопрягаемых поверхностей зубьев. Контролируемые поверхности зубьев должны быть обезжирены, и краску следует наносить слоем не больше 4—6 мк. Чтобы получить такой тонкий слой на поверхности зубьев, краску заворачивают в плотную ткань и через нее наносят на поверхность. Контроль по пятну контакта является надежным и весьма простым методом контроля, доступным на любом производстве.

Нормы по контакту зубчатых колес определены ГОСТ 1643—56 (табл. 16).

Таблица 16

Нормы по контакту зубчатых колес

Степень точности зубчатого колеса	Контакт по длине зуба, % (не менее)	Контакт по высоте зуба, % (не менее)
3	95	65
4	90	60
5	80	55
6	70	50
7	60	45
8	50	40
9	40	30
10	30	25
11	25	20

§ 5. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ БОКОВОЙ ЗАЗОР В ПЕРЕДАЧЕ

Как уже говорилось выше, величина наименьшего (минимально необходимого для полноценной работы передачи) бокового зазора между зубьями в передаче определяется эксплуатационными условиями работы передачи и не зависит от точности изготовления зубчатой передачи.

Чтобы обеспечить нормальную работу передачи в заданных условиях, ГОСТ 1643—56 дает допустимые отклонения на ряд элементов, влияющих на величину гарантированного бокового зазора. Если эти элементы будут по своим размерам соответствовать требованиям стандарта, то величина бокового зазора будет не меньше определенной величины, необходимой для нормальной работы в заданных условиях.

Одним из показателей, характеризующих боковой зазор, является смещение исходного контура, которое контролируют тангенциальным зубомером.

Помимо контроля смещения исходного контура, величина бокового зазора может быть найдена непосредственным контро-

лем толщины зуба или измерением бокового зазора в передаче.

Контроль смещения исходного контура. Исходным контуром эвольвентного зубчатого колеса является рейка данного модуля и угла зацепления, имеющая прямолинейные боковые стороны. Радиальное положение этой рейки относительно оси проверяемого колеса полностью определяет толщину нарезаемого зуба колеса, т. е. элемента, оказывающего основное влияние на величину бокового зазора. При приближении рейки к оси колеса его зубья становятся тоньше, а при удалении рейки от оси колеса — толще.

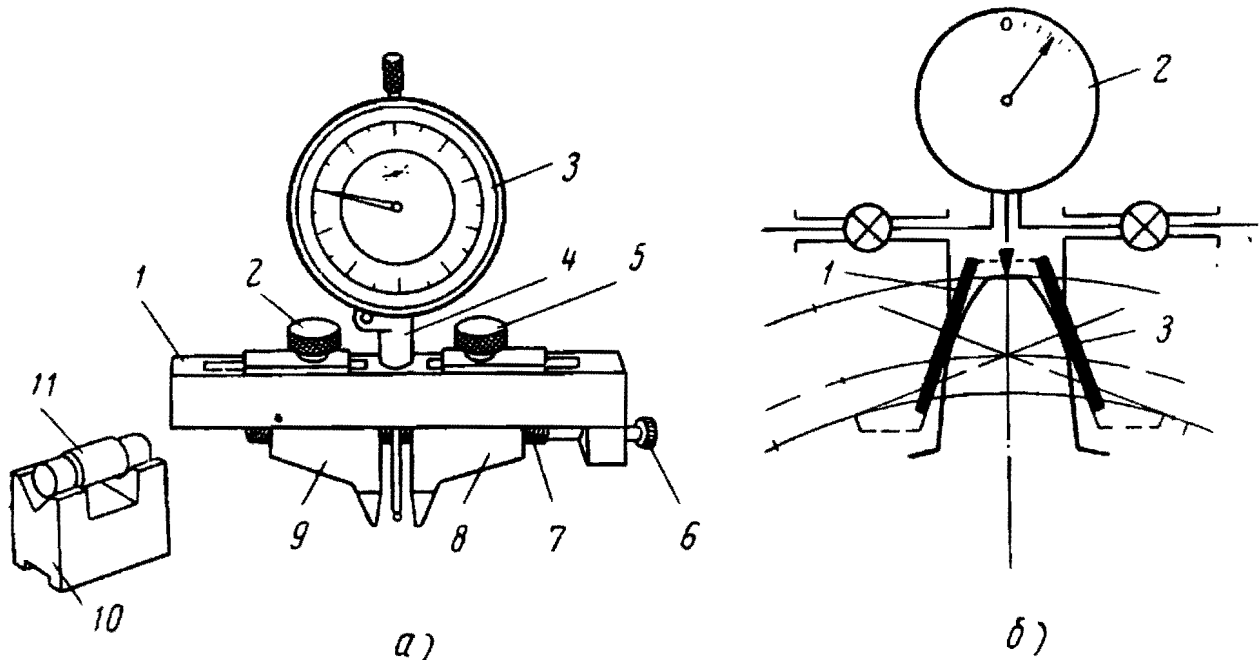


Рис. 60. Тангенциальный зубомер:
а — общий вид, б — схема измерения

Для определения смещения исходного контура зубчатых цилиндрических прямозубых и косозубых колес применяют тангенциальный зубомер, общий вид и схема измерения которого показаны на рис. 60.

Тангенциальный зубомер имеет следующее устройство. К корпусу 1 зубомера (рис. 60, а) прикреплена втулка 4 для закрепления индикатора 3 с удлиненным наконечником. Измерительные губки 8 и 9 могут сдвигаться или раздвигаться с помощью винта 7, имеющего правую и левую резьбу. Поворотом головки 6 винта 7 измерительные губки устанавливаются в требуемое положение и фиксируются стопорами 2 и 5. Для измерения смещения исходного контура зубомер устанавливается на требуемый размер по установочному образцу, в качестве которого обычно применяют калиброванные ролики определенного диаметра. Для этой цели к зубомеру прилагается комплект роликов, диаметр каждого из них зависит от модуля и угла исходного контура.

Для установки на требуемый размер зубомер своими измерительными губками устанавливается поверх калиброванного ролика 11, уложенного на измерительной подставке 10. При касании губок цилиндрической поверхности ролика индикатор устанавливается в нулевое положение.

Измерительные губки тангенциального зубомера выполнены в виде двух опорных призм 1 и 3 (рис. 60, б), образующих между собой угол, равный углу исходного контура рейки, т. е. 40° .

Таким образом, стороны измерительных губок зубомера представляют собой профиль зубчатой рейки. При наложении зубомера на зуб проверяемого колеса точки контакта будут располагаться на линиях зацепления точно так же, как при беззазорном зацеплении рейки с колесом. Величина радиального смещения контура проверяемого зуба от исходного контура

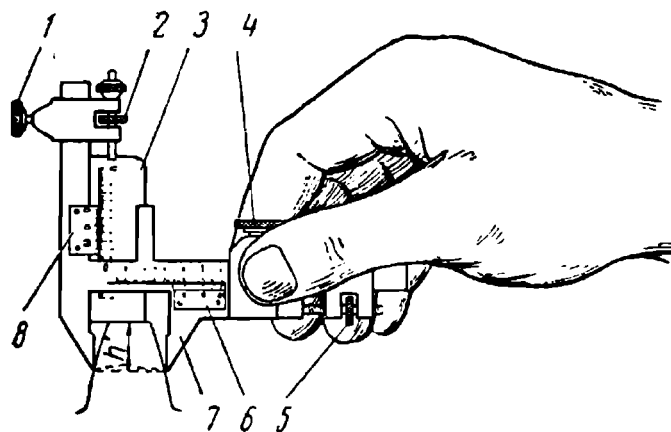


Рис. 61. Специальный штангензубомер для измерения толщины зуба

измеряется индикатором 2, измерительный стержень которого опирается на наружный диаметр колеса. Так как рейка может сцепляться с колесами данного модуля, имеющими любое число зубьев, то такие зубомеры пригодны для проверки любых колес одного модуля независимо от числа зубьев.

При измерении зубомер устанавливается на зуб проверяемого колеса и сдвиг всего зубомера к оси колеса или от оси колеса (т. е. смещение исходного контура) определяется по индикатору, стержни которого контактуется с наружным цилиндром колеса.

Контроль толщины зуба колес. Величину бокового зазора колес нередко определяют непосредственным измерением толщины зуба специальным штангензубомером (рис. 61). Штангензубомером измеряют толщину зуба по хорде, а не по окружности и на заданном расстоянии от окружности выступов. В отличие от обычного штангенциркуля этот инструмент имеет удлиненную неподвижную губку 7, вдоль которой перемещается опорная линейка 3. Опорная линейка дает возможность измерять толщину зуба на определенном расстоянии от окружности выступов и величина ее перемещения определяется нониусом 8. Для установки опорной линейки на заданное расстояние закрепляют винт 1, действуют микрометрическим винтом 2 и ведут отсчет по линейке 3 и нониусу 8. Затем надевают штангензубомер на зуб проверяемого колеса, подводят подвижную губку 7 к зубу и, действуя микрометрическим винтом 5, обеспечивают плотное

прилегание губок к зубу. Закрепив винтом 4 подвижную губку, отсчитывают по линейке и нониусу 6 фактическую толщину зуба. Расстояние h' от окружности выступов до хорды для зубчатых колес со стандартным углом зацепления $\alpha = 20^\circ$ определяется по формуле

$$h' = 0,748 \cdot m,$$

где m — модуль зубчатого колеса; для косозубых колес берется нормальный модуль m_n взамен модуля m_s .

Теоретическая толщина зуба по хорде на расстоянии h' от окружности выступов определяется для колес со стандартным углом зацепления $\alpha = 20^\circ$ по формуле

$$s = 1,387 \cdot m,$$

где m — модуль зубчатого колеса; для косозубых колес берется нормальный модуль m_n взамен модуля m_s .

Разность между толщиной зуба, полученной измерением ($s'_{\text{изм}}$) и теоретической толщиной зуба ($s'_{\text{теорет}}$), представляет собой действительное отклонение этого размера. На рабочем чертеже зубчатого колеса конструктор проставляет теоретическую толщину зуба по хорде с допустимыми минимальными и максимальными отклонениями этого размера при нарезании колеса с учетом обеспечения необходимого бокового зазора в передаче. Зубчатое колесо будет качественно нарезано в том случае, если измеренная толщина зуба будет находиться в пределах этих допустимых отклонений.

Например, если на чертеже указана толщина зуба $s_{\text{теорет}} = 15,7 \begin{smallmatrix} -0,10 \\ -0,20 \end{smallmatrix}$, то это значит, что измеренная толщина зуба должна быть меньше $15,7 - 0,10 = 15,6$ мм и больше $15,7 - 0,20 = 15,5$ мм.

Основным недостатком штангензубомеров является зависимость результатов измерения толщины зуба от точности размера наружного диаметра проверяемого колеса (наружного диаметра выступов). Поэтому штангензубомеры применяют в основном при измерении толщины зубьев колес больших размеров и грубых степеней точности.

Контроль бокового зазора в передаче. Боковой зазор можно контролировать непосредственным его измерением в собранной передаче. Простейшим методом такого контроля является определение зазора с помощью щупа. Для этого между нерабочими профилями зубьев, т. е. профилями, которые не соприкасаются друг с другом, вставляют поочередно щупы различной толщины. Величина бокового зазора передачи будет равна толщине щупа, плотно вышедшего между нерабочими профилями зубьев.

Величину бокового зазора можно определить и с помощью свинцовой проволоки. При повороте пары колес проволоку закладывают со стороны нерабочих поверхностей зубьев. В момент

прохождения зубьев через зону зацепления проволока обжимается и делается равной боковому зазору. Измерив сплюсненную проволоку микрометром, определяют боковой зазор.

§ 6. КОНТРОЛЬ КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

В конических зубчатых колесах проверяют почти все те же параметры, что и в цилиндрических, однако из-за отсутствия приборов для контроля методы проверки менее разнообразны. Технологический контроль в цехе осуществляют в основном по радиальному биению зубчатого венца и толщине зубьев. Измерение обычно производят в плоскости, перпендикулярной образующей делительного конуса конического колеса.

Контроль радиального биения зубчатого венца.

Радиальным биением зубчатого венца (l_0) называется наибольшее колебание расстояния от постоянных хорд зубьев (или впадин) колеса до оси его вращения. Это биение определяется по разности радиального заглубления во впадины зубьев конусного наконечника, имеющего форму зуба рейки. Такая форма измерительного наконечника обеспечивает касание его в точках постоянной хорды впадины. На рис. 62 показана схема проверки конического колеса на биение зубчатого венца на приборе МИЗ, называемом биенимером, и форма измерительного наконечника этого прибора. В впадины проверяемого колеса 1, установленного в центрах, поочередно вводится измерительный наконечник 2, колебания расстояния от постоянных хорд зубьев до оси вращения колеса показываются индикатором 3.

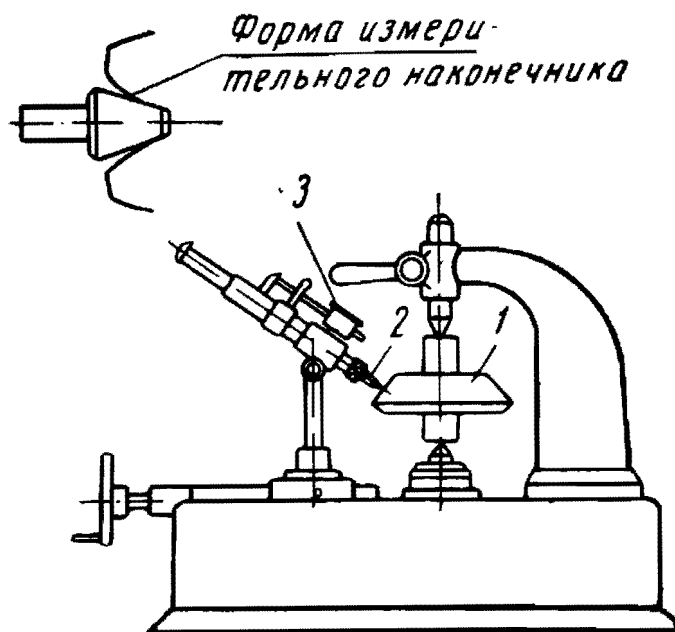


Рис. 62. Схема проверки конического колеса на биение на биенимере МИЗ

Контроль радиального биения зубчатого венца. Радиальным биением зубчатого венца (l_0) называется наибольшее колебание расстояния от постоянных хорд зубьев (или впадин) колеса до оси его вращения. Это биение определяется по разности радиального заглубления во впадины зубьев конусного наконечника, имеющего форму зуба рейки. Такая форма измерительного наконечника обеспечивает касание его в точках постоянной хорды впадины. На рис. 62 показана схема проверки конического колеса на биение зубчатого венца на приборе МИЗ, называемом биенимером, и форма измерительного наконечника этого прибора. В впадины проверяемого колеса 1, установленного в центрах, поочередно вводится измерительный наконечник 2, колебания расстояния от постоянных хорд зубьев до оси вращения колеса показываются индикатором 3.

Контроль толщины зубьев. Толщина зубьев конических колес проверяется обычно у большего основания, т. е. внешнего дополнительного конуса или на заданном расстоянии от внешнего конуса. Проверяют толщину зубьев прямозубых конических колес обычно штангензубомерами, применяемыми для контроля цилиндрических колес, и шаблонами во время наладки технологического процесса зубонарезания.

Измерение толщины зубьев конических колес штангензубомером производится так же, как и у цилиндрических колес.

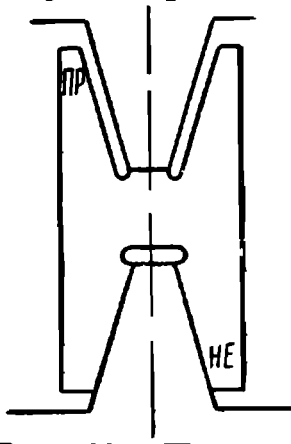


Рис. 63. Предельный шаблон для контроля толщины зуба

Определение теоретической толщины зубьев конических колес s' производится так же, как и у цилиндрических колес, по постоянной хорде на расстоянии h' от окружности выступов по следующим формулам:

$$s' = 1,387 \cdot m_s; \quad h' = 0,748 \cdot m_s,$$

где m_s — торцовый модуль конического зубчатого колеса.

Для контроля толщины зубьев конических колес на рабочем месте применяют предельные шаблоны (рис. 63).

ГЛАВА VI

НАРЕЗАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС НА ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫХ И УНИВЕРСАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

На горизонтально-фрезерных и универсально-фрезерных станках зубчатые колеса нарезают методом фасонного зубофрезерования (методом копирования). Как указывалось выше, этот метод нарезания зубчатых колес не является совершенным, тем не менее в цехах, где нет специальных зуборезных станков, он применяется достаточно широко. На этих станках нарезают цилиндрические зубчатые колеса с прямыми и винтовыми зубьями, а также червячные колеса.

На рис. 64, *а* показана схема нарезания зубчатого колеса на горизонтально-фрезерном станке. Заготовка 3 зубчатого колеса, закрепленная на оправке 2, устанавливается в центрах делительной головки 5 и задней бабки 1. Модульная дисковая фреза 4, установленная на оправке в шпинделе станка, вращается по направлению стрелки *υ* (главное рабочее движение), а заготовка получает движение подачи *z* путем перемещения стола станка. По окончании фрезерования первой впадины колеса стол возвращается в исходное положение. Далее при помощи делительной головки заготовка поворачивается на один шаг (на один зуб), включается подача и фрезеруется вторая впадина зуба и т. д.

На рис. 64, *б* показано нарезание зубчатого колеса пальцевой модульной фрезой 6, которая имеет главное рабочее движение по направлению стрелки *υ* и движение подачи нарезаемого колеса по направлению стрелки *z*.

С помощью делительной головки, обеспечивающей поворот обрабатываемой заготовки на требуемую часть оборота, можно не только нарезать зубчатые колеса, но и обрабатывать множество других деталей типа валиков с канавками и шлицами, детали с шестигранными и квадратными головками, фрезы, развертки и др. (рис. 65).

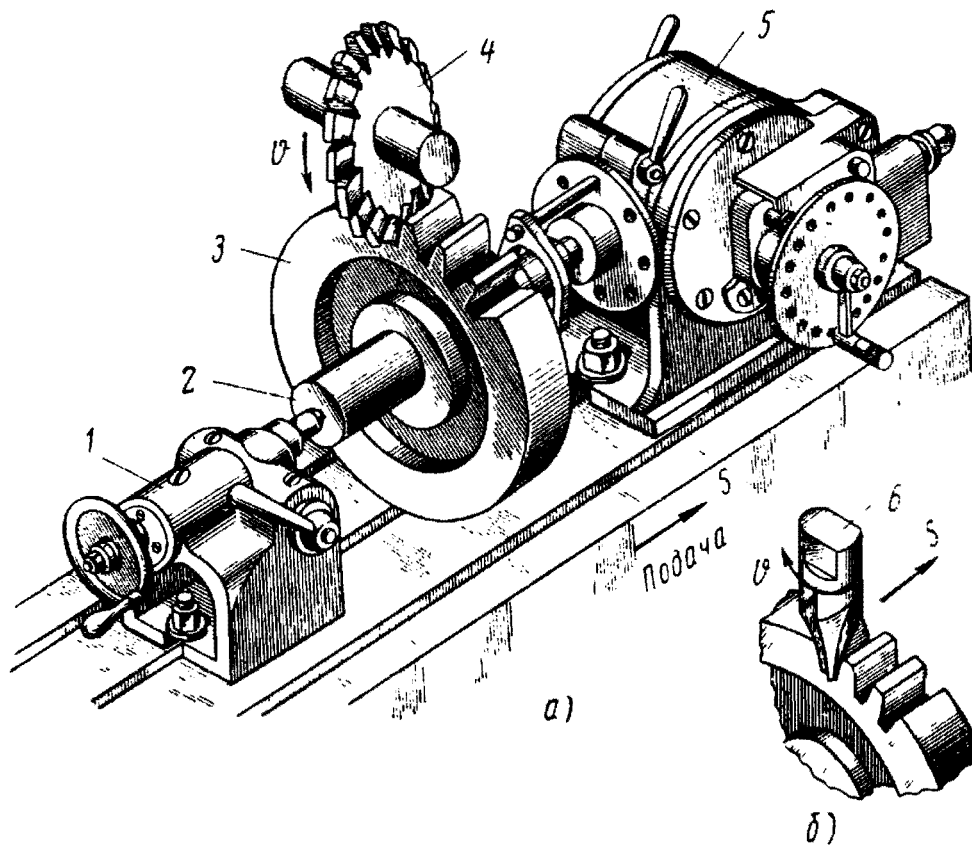


Рис. 64. Схема нарезания зубчатого колеса на горизонтально-фрезерном станке:
 а — дисковой фрезой, б — пальцевой фрезой

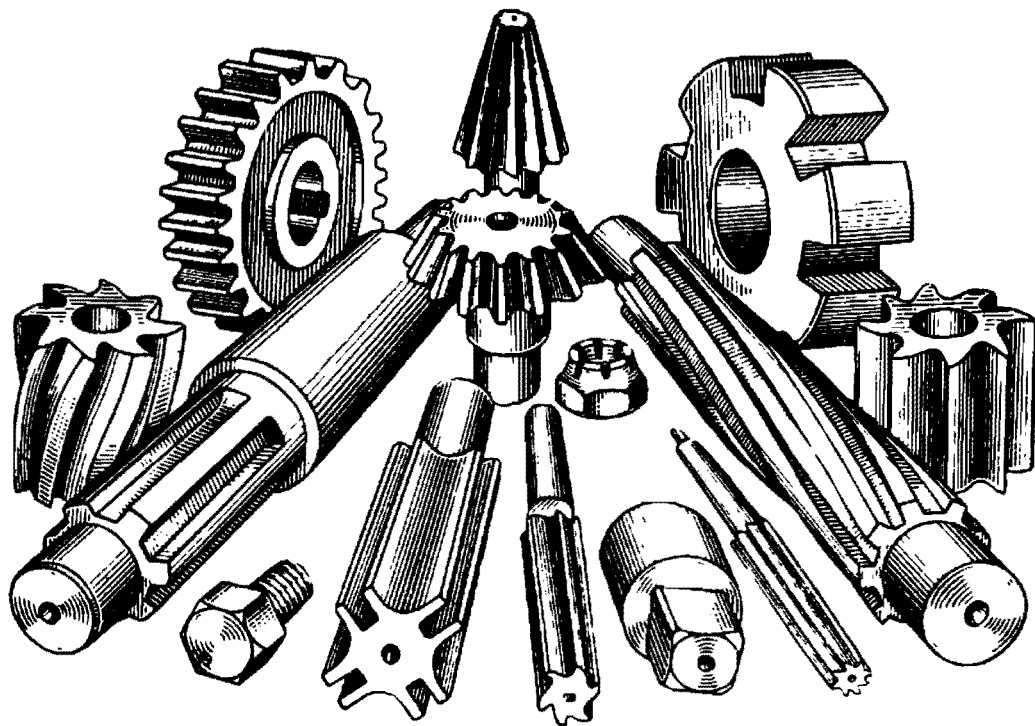


Рис. 65. Детали, обрабатываемые с применением делительных головок

Познакомимся с устройством делительных головок и порядком работы при нарезании зубчатых колес на горизонтально-фрезерных и универсально-фрезерных станках.

§ 1. ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ

Все делительные головки можно разделить на универсальные и специальные.

Универсальные головки обеспечивают деление заготовок на разное число частей и используются для обработки различных деталей.

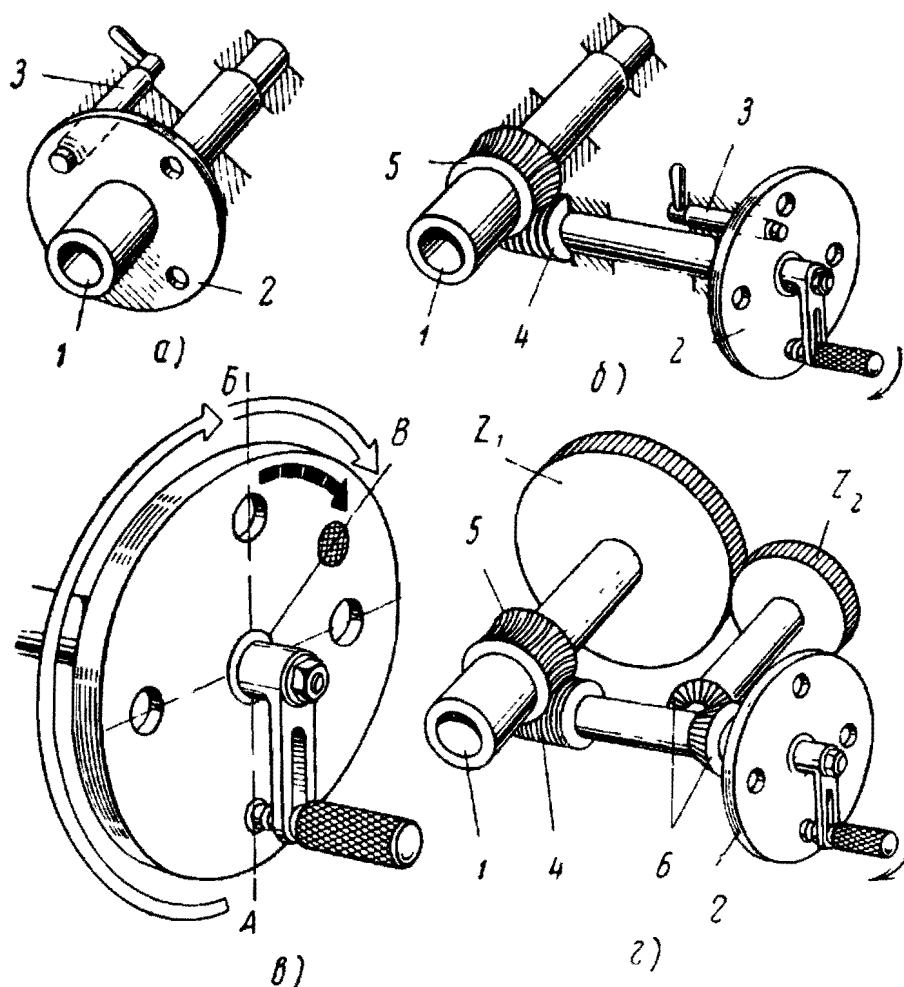


Рис. 66. Схемы делительных головок

Специальные головки обеспечивают деление заготовки на одно определенное число частей и предназначаются для обработки одной детали.

Наибольшее применение имеют универсальные делительные головки. На рис. 66 приведены принципиальные схемы делительных головок.

В корпусе простейшей делительной головки (рис. 66, а) помещен шпиндель 1, на котором устанавливается обрабатываемая

деталь. На конце шпинделя закреплен делительный диск 2 с отверстиями, которые служат для деления. Диск устанавливается в неподвижном положении фиксатором 3, который вводится в отверстие диска и тем самым соединяет его с корпусом. При четырех отверстиях в делительном диске, расположенных на равном расстоянии по окружности, делительная головка позволяет произвести деление на четыре и на две части (поворотом диска на одно или два отверстия). При десяти отверстиях в диске можно разделить окружность на десять, пять и две части и т. д.

В таких головках производится непосредственное деление, так как делительный диск закреплен на шпинделе и вращается вместе с ним. Головки просты по конструкции, но имеют недостатки: одним делительным диском можно получить сравнительно немного различных делений и с невысокой точностью, так как неточность расположения отверстий на делительном диске полностью переносится на обрабатываемую деталь.

Подобных недостатков лишены делительные головки простого и дифференциального деления.

В делительной головке простого деления (рис. 66, б) на шпинделе 1 закреплено червячное зубчатое колесо 5, сцепленное с червяком 4 валика, который является ведущим и поворачивается с помощью специальной рукоятки. На конце ведущего валика свободно сидит делительный диск 2, который удерживается в неподвижном состоянии фиксатором 3, прикрепленным к корпусу головки. Рукоятка имеет пружинный фиксатор, который после поворота ведущего валика на нужный угол вводится в отверстие неподвижного делительного диска. В большей части делительных головок передача от ведущего валика к шпинделю осуществляется однозаходным червяком и червячным колесом с 40 зубьями. При такой передаче за один оборот ведущего валика шпиндель поворачивается на $1/40$ часть оборота, а для поворота шпинделя на полный оборот необходимо ведущему валику сделать 40 оборотов. Если передача состоит из однозаходного червяка и червячного колеса с 60 зубьями, то для полного оборота шпинделя потребуется 60 оборотов ведущего валика. Число оборотов ведущего валика, необходимое для полного оборота шпинделя, называется характеристикой делительной головки.

Делительные головки с червячной передачей имеют более широкие возможности, так как они обеспечивают деление обрабатываемых деталей на различное число частей. Это объясняется следующим. При непосредственном делении делительным диском с четырьмя отверстиями можно разделить обрабатываемую деталь на четыре и две равные части поворотом диска на одно или два отверстия (рис. 66, а), а диском с десятью отверстиями можно разделить на десять, пять и две части и т. д. При наличии в делительной головке червячной передачи за один обо-

рот рукоятки ведущего валика шпindelъ повернется на $\frac{1}{40}$ часть оборота, за два оборота — на $\frac{1}{20}$ часть оборота, за четыре оборота — на $\frac{1}{10}$ часть оборота и т. д. Таким образом, за счет червячной передачи можно получить целый ряд различных делений. Например, сделав рукояткой десять оборотов, разделим окружность на четыре равные части; при пяти оборотах — на восемь частей; при четырех оборотах — на десять частей и т. д. Наличие червячной передачи в делительной головке увеличивает точность деления, так как ошибки в расположении отверстий на делительном диске, вызывающие неточность деления, будут в 40 раз (или в 60 раз при другой характеристике головки) меньше, чем при непосредственном делении.

Делительные головки, у которых шпindelъ вращается через червячную передачу, а делительный диск остается при делении неподвижным, называются головками для простого деления.

Необходимое число оборотов рукоятки для деления на таких головках определяют исходя из следующих соображений. Для поворота шпindelя, а следовательно, и обрабатываемой детали на полный оборот необходимо сделать N оборотов рукояткой (при характеристике головки N), а чтобы разделить оборот шпindelя на z частей, потребуется сделать рукояткой оборотов в z раз меньше.

$$n = \frac{N}{z}, \quad (7)$$

где n — число оборотов рукоятки;

N — характеристика делительной головки;

z — заданное число делений шпindelя (обрабатываемой детали).

Например, при нарезании зубчатого колеса с числом зубьев $z=20$ для поворота заготовки на один шаг (на один зуб) делительной головки с характеристикой 40 число оборотов рукоятки ведущего валика будет:

$$n = \frac{40}{20} = 2.$$

В практике нарезания зубчатых колес часто требуется для деления заготовки поворачивать рукоятку ведущего валика на нецелое число оборотов. Например, требуется повернуть рукоятку на $2\frac{1}{3}$, $2\frac{4}{9}$, $2\frac{2}{3}$, $4\frac{1}{3}$ и другие нецелые числа оборотов. Для поворота рукоятки на нецелые числа оборотов на делительном диске расположены концентрические окружности с различными числами отверстий.

На рис. 67 показан делительный диск, у которого с одной стороны по концентрическим окружностям последовательно расположены 24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42 и 43 отверстия, а с дру-

гой стороны — 46, 47, 49, 51, 53; 54, 57, 58, 59, 62 и 66 отверстий. Эти концентричные окружности с отверстиями принято называть кругами, и когда для деления выбирают окружность, например, с числом отверстий 54, говорят: «Берем круг 54». Для облегчения отсчета отверстий при диске имеется раздвижной сектор, который состоит из двух колец с планками А и Б, поворачивающихся вокруг оси диска.

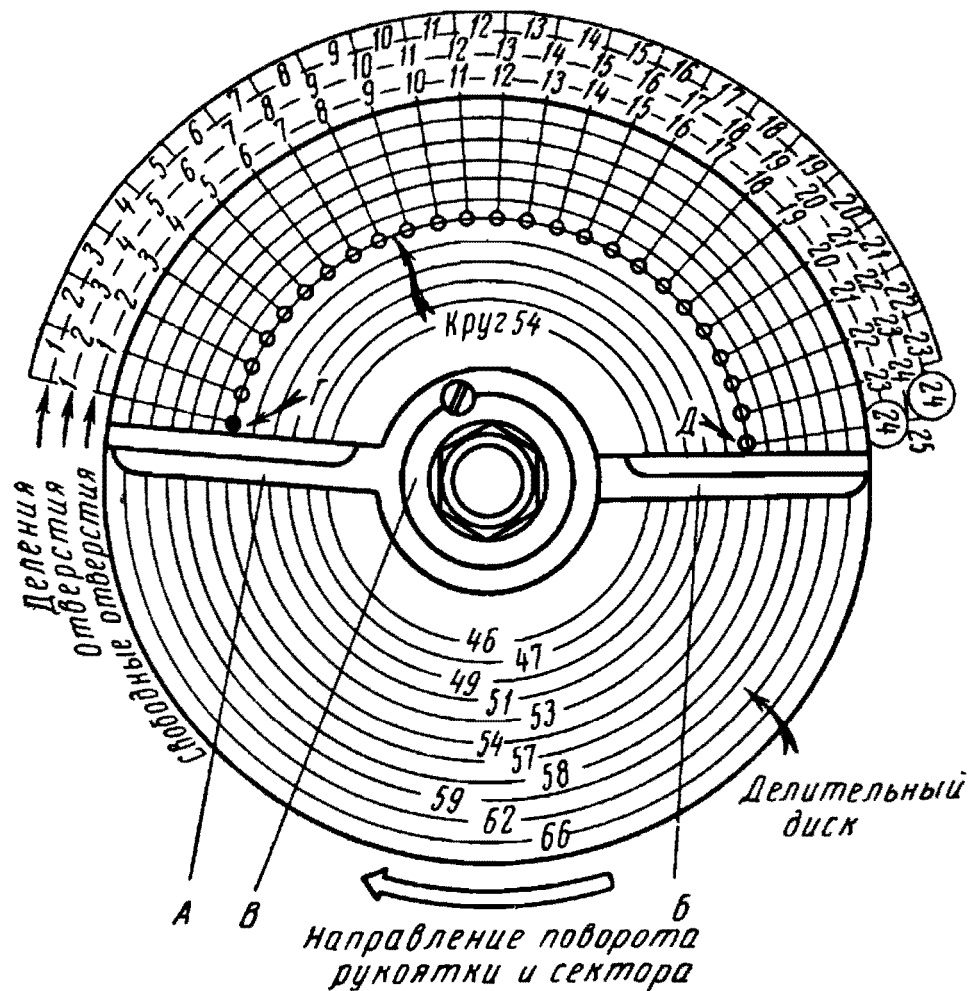


Рис. 67. Делительный диск делительной головки

Планки раздвигаются на угол, соответствующий требуемой части оборота рукоятки, и закрепляются винтом В. Пользование сектором поясним на конкретном примере. Предположим, что нам нужно нарезать зубчатое колесо с числом зубьев $z=90$. Число оборотов рукоятки делительной головки с характеристикой 40, будет:

$$n = \frac{40}{90} = \frac{4}{9} .$$

Таким образом, чтобы заготовку зубчатого колеса повернуть на один шаг (на один зуб), необходимо рукоятку повернуть на $\frac{4}{9}$ части оборота. Теперь нам нужно найти «круг 9». Но такого

круга на делительном диске нет, поэтому числитель и знаменатель дроби нужно умножить на такое число, чтобы знаменатель соответствовал числу отверстий какого-либо имеющегося на диске круга. Для этого умножим числитель и знаменатель на шесть и тогда получим:

$$\frac{4}{9} \cdot \frac{6}{6} = \frac{24}{54}.$$

Теперь берем имеющийся на диске «круг 54» и для поворота заготовки на один шаг, т. е. на $\frac{1}{90}$ часть оборота, повернем рукоятку на 24 деления на круге 54. Планки *A* и *B* сектора устанавливаются в требуемое положение следующим образом. Освобождается винт *B* и подводится планка *A* вплотную к штифту фиксатора рукоятки (к точке *Г* на рисунке), а затем отсчитываются по «кругу 54» 24 деления (деление — это расстояние между соседними отверстиями), которые располагаются между 25 отверстиями (как показано на рисунке). Это значит, что фиксатор рукоятки передвигается из 1 в 25-е отверстие (точка *Д* на рисунке). Если отсчет числа отверстий начинать с первого свободного отверстия, т. е. со следующего за тем, в которое вставлен фиксатор, то число отверстий и делений совпадет. Затем подведем к точке *Д* планку *B* сектора и закрепляем обе планки винтом *B*. Перед началом второго деления необходимо сектор повернуть так, чтобы планка *A* подошла к точке *Д* сверху, и затем снова повернуть рукоятку на 24 деления (на рисунке для простоты показана только часть отверстий круга).

Рассмотренный способ простого деления все же не дает возможности получить любое число делений. Например, при нарезании зубчатого колеса с числом зубьев $z=71$ требуется разделить заготовку на 71 равную часть по окружности. Требуемое число оборотов рукоятки будет:

$$n = \frac{40}{71}.$$

Таким образом, для поворота заготовки на один зуб, т. е. на $\frac{1}{71}$ часть оборота, требуется сделать рукояткой $\frac{40}{71}$ часть оборота. Для поворота заготовки на $\frac{40}{71}$ часть окружности необходимо на круге 71 переместить рукоятку на 40 делений. Но такого круга на делительном диске нет. В таких случаях деление осуществляют дифференциальным способом.

Возьмем ближайшее число делений, которое можно получить простым делением, например 80 делений. Для деления обрабаты-

ваемой детали на 80 равных частей потребуется число оборотов рукоятки.

$$\frac{40}{80} = \frac{1}{2}.$$

Чтобы разделить деталь на 71 часть, нужно сделать пол-оборота и еще повернуть рукоятку дополнительно на $\frac{40}{71} - \frac{40}{80} = \frac{9}{142}$ часть оборота.

Повернуть рукоятку на такую часть оборота невозможно, так как такого круга у делительного диска нет. Но можно сделать так, что за время вращения рукоятки на пол-оборота делительный диск повернется на $\frac{9}{142}$ часть оборота (участок *БВ* на рис. 66, *в*). Для этого необходимо, во-первых, чтобы делительный диск не был прикреплен к корпусу головки и мог свободно вращаться на ведущем валике, и, во-вторых, чтобы делительный диск кинематически был связан со шпинделем головки. Кинематическая связь делительного диска со шпинделем осуществляется конической зубчатой передачей (рис. 66, *г*, позиция *б*) и цилиндрическими зубчатыми колесами z_1 и z_2 (рис. 66, *г*). Коническая передача служит только для передачи вращения под углом 90° , а зубчатые колеса z_1 и z_2 являются сменными и обеспечивают нужный поворот делительного диска. Соотношение чисел зубьев этих колес $z_1 : z_2$ (передаточное отношение) выбирается в зависимости от того, на какую часть оборота нужно повернуть делительный диск.

Это передаточное отношение определяется по формуле

$$i = \frac{N(z_1 - z)}{z_1},$$

где i — требуемое передаточное отношение сменных колес;

N — характеристика делительной головки;

z_1 — число делений, близкое к заданному, которое можно получить способом простого деления;

z — заданное число делений (число частей, на которое нужно разделить оборот обрабатываемой детали).

При z_1 больше z передаточное отношение будет отрицательным и делительный диск будет поворачиваться обратно по отношению к направлению вращения рукоятки.

Наиболее широко применяются универсальные делительные головки отечественного производства УДГ-100, УДГ-135 и УДГ-160, которые обеспечивают непосредственное, простое и дифференциальное деление заготовок зубчатых колес. Цифры 100, 135 и 160 обозначают высоту центров головки.

На рис. 68 показана универсальная делительная головка, установленная на столе горизонтально-фрезерного станка. Универ-

сальная делительная головка имеет червячную передачу и кинематическую связь (коническую передачу и сменные колеса) шпинделя с делительным диском. Головка имеет лобовой делительный диск 1, который установлен на шпинделе и угол поворота которого соответствует углу поворота шпинделя. Лобовой делительный диск служит для непосредственного деления, подобно делительной головке, показанной на рис. 66, а. Головка

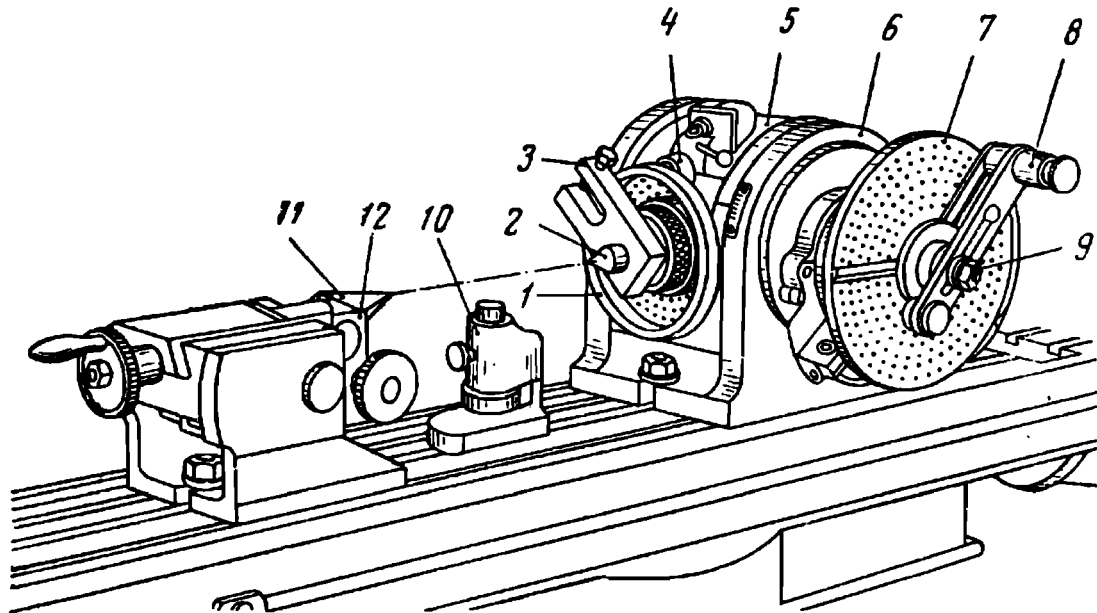


Рис. 68. Универсальная делительная головка

УДГ-100 имеет 24 отверстия на лобовом диске и позволяет производить деление на 2, 3, 4, 6, 12 и 24 частей; головка УДГ-160 имеет на лобовом диске три ряда отверстий: 24, 30 и 36 и дает возможность производить деление на 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 24, 30 и 36 частей. Число промежутков между отверстиями выбранного круга («круг 24», «круг 30» или «круг 36»), на которое поворачивается лобовой делительный диск, определяется по формуле

$$n = \frac{a}{z},$$

где a — число отверстий выбранного круга лобового диска;
 z — заданное число делений.

Головка УДГ-135 имеет лобовой диск, градуированный на 360° . Угол поворота лобового диска при заданном числе делений определяется по формуле

$$\alpha = \frac{360^\circ}{z},$$

где α — угол поворота лобового диска;
 z — заданное число делений.

После поворота на заданный угол лобовой диск удерживается в неподвижном состоянии фиксатором 4.

Кроме лобового диска, делительная головка имеет боковой делительный диск 7, с помощью которого производится простое и дифференциальное деление. Боковой делительный диск (см. рис. 67) имеет концентричные окружности (круги) с отверстиями. Головки УДГ-135 и УДГ-160 имеют по одному боковому делительному диску, у которого с обеих сторон расположено по одиннадцати кругов с отверстиями. С одной стороны диска расположены круги, имеющие 25, 24, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42 и 43 отверстия, а с другой стороны — 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62 и 66 отверстий. Головка УДГ-100 имеет два делительных диска, у каждого из которых также с обеих сторон расположены отверстия.

На переднем конце шпинделя головки имеется коническое гнездо для установки переднего центра 2 и наружная резьба для навинчивания поводка 3 или трехкулачкового патрона.

Шпиндель может устанавливаться поворотом колодки 5 в корпусе 6 головки под углом от 0 до 10° вниз и от 0 до 90° вверх.

Ведущий валик поворачивается рукояткой 8, которая имеет запорный штифт, входящий в отверстие делительной головки. Положение штифта относительно кругов с отверстиями регулируется перестановкой рукоятки по прорези и закреплением ее в требуемом положении гайкой 9.

Центр 11 задней бабки с помощью колодки 12 может перемещаться в вертикальном направлении.

При нарезании зубьев на тонких валиках применяют домкрат 10, который поддерживает обрабатываемую деталь.

Пример 1. Сколько оборотов рукоятки делительной головки с характеристикой $N=40$ требуется сделать при повороте на один шаг (зуб) заготовки нарезаемого колеса с числом зубьев $z=30$.

По формуле (7) находим

$$n = \frac{N}{z} = \frac{40}{30} = 1 \frac{1}{3} .$$

Таким образом, для поворота заготовки на один шаг (зуб) требуется сделать один полный оборот рукоятки и еще на круге 30 переместить ее на 10 делений.

Пример 2. Определить число оборотов рукоятки делительной головки с характеристикой $N=40$ для поворота на один зуб заготовки нарезаемого колеса с числом зубьев $z=111$.

Разделить заготовку на 111 частей простым делением не удастся, так как делительный диск не имеет круга 111. Поэтому необходимо производить деление дифференциальным методом.

Выбираем ближайшее число делений $z=120$, которое можно получить простым делением, и определяем число оборотов рукоятки для деления заготовки на принятое число делений.

$$n = \frac{40}{120} = \frac{1}{3} .$$

Приняв для деления «круг 42», получим:

$$n = \frac{1}{3} \cdot \frac{14}{14} = \frac{14}{42},$$

т. е. по кругу 42 требуется переместить рукоятку на 14 делений.

Для деления заготовки на 111 частей требуется еще повернуть делительный диск относительно рукоятки зубчатыми колесами с передаточным отношением:

$$i = \frac{N(z_1 - z)}{z_1} = \frac{40(120 - 111)}{120} = \frac{40 \cdot 9}{120} = \frac{3}{1} = \frac{3000}{1000} = \frac{60 \cdot 50}{25 \cdot 40}.$$

Таким образом, сменные колеса имеют числа зубьев 60, 50, 25 и 40. На шпиндельном валике поставим колеса с $z_1=60$, на промежуточном валике гитары — колеса с $z_2=25$ и $z_3=50$ и на валике конической шестерни — колеса с $z_4=40$. Положительное значение передаточного отношения свидетельствует о том, что рукоятка и диск должны вращаться в одну сторону. Настройка делительной головки показана на рис. 69, а.

Пример 3. Определить число оборотов рукоятки делительной головки с характеристикой $N=40$ для поворота на один зуб заготовки нарезаемого колеса с числом зубьев $z=61$.

Разделить заготовку на 61 часть простым делением не удастся, так как делительный диск не имеет круга 61. Поэтому необходимо производить деление дифференциальным способом. Выбираем ближайшее число делений $z=60$, которое можно получить простым делением, и определяем число оборотов рукоятки для деления заготовки на принятое число делений.

$$n = \frac{40}{60} = \frac{2}{3}.$$

Принимая для деления «круг 66», получим:

$$n = \frac{2}{3} \cdot \frac{22}{22} = \frac{44}{66},$$

т. е. по «кругу 66» требуется переместить рукоятку на 44 деления. Для деления заготовки на 61 часть требуется повернуть делительный диск относительно рукоятки сменными зубчатыми колесами с передаточным отношением.

$$i = \frac{N(z_1 - z)}{z_1} = \frac{40(60 - 61)}{60} = \frac{40}{60}.$$

На шпиндельный валик поставим колесо с $z=40$, а на валик конической шестерни колесо с $z=60$. Ввиду того что передаточное отношение получилось отрицательным (со знаками минус), то в передачу вводим два паразитных колеса. На рис. 69, б показана эта настройка делительной головки.

Пример 4. Требуется нарезать колесо с 107 зубьями (рис. 69, в). Определить число оборотов рукоятки делительной головки с характеристикой $N=40$ для поворота на один зуб заготовки нарезаемого колеса с числом зубьев $z=107$.

Так же как и в предыдущих примерах, разделить заготовку на 107 частей простым делением невозможно. Поэтому необходимо настроить делительную головку на дифференциальное деление. Выбираем ближайшее число делений $z=100$, которое можно получить простым делением, и определяем число оборотов рукоятки для деления заготовки на принятое число делений.

$$n = \frac{40}{100} = \frac{2}{5}.$$

Принимая для деления «круг 30», получим:

$$n = \frac{2}{5} \cdot \frac{6}{6} = \frac{12}{30},$$

т. е. по «кругу «30» требуется переместить рукоятку на 12 делений.

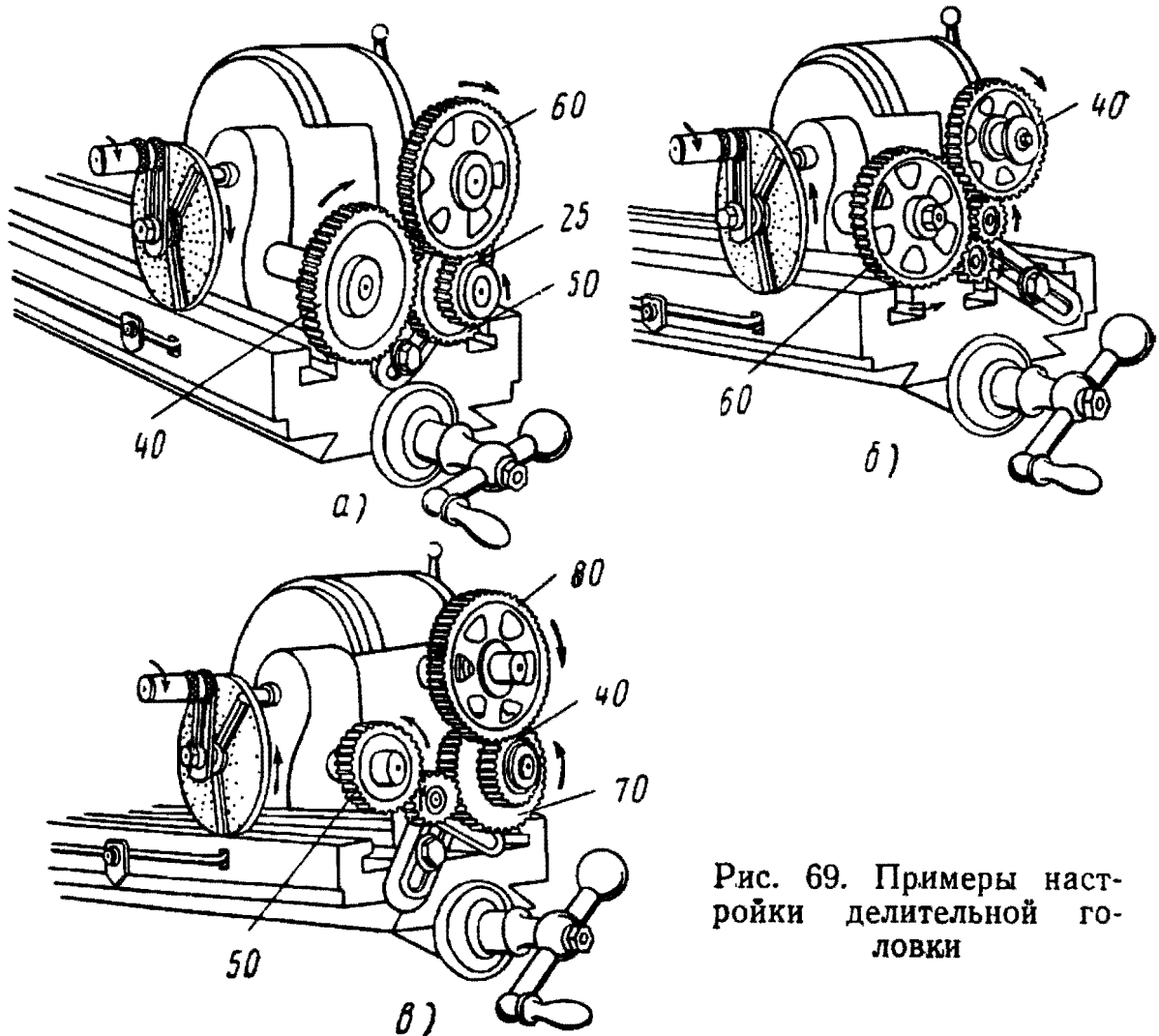


Рис. 69. Примеры настройки делительной головки

Для деления заготовки на 107 частей требуется еще повернуть делительный диск относительно рукоятки сменными зубчатыми колесами с передаточным отношением.

$$i = \frac{40(100 - 107)}{100} = \frac{40(-7)}{100} = \frac{-14}{5} = \frac{-2 \cdot 7}{1 \cdot 5} =$$

$$= \frac{-2 \cdot 40}{1 \cdot 40} \cdot \frac{-7 \cdot 10}{5 \cdot 10} = \frac{-80 \cdot 70}{40 \cdot 50}.$$

Таким образом, поворот делительного диска обеспечат сменные колеса с числом зубьев 80; 70, 50 и 40. Передаточное отношение отрицательное и поэтому в передачу необходимо ввести паразитное колесо.

§ 2. НАРЕЗАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С ПРЯМЫМИ ЗУБЬЯМИ

Установка и закрепление заготовки зубчатого колеса. Заготовки со сквозными отверстиями обычно устанавливают и закрепляют на оправке гайкой или другими средствами зажима.

На рис. 70, а показана заготовка 3 на оправке 1, закрепленная с помощью шайбы 4 и гайки 5, прижимающей заготовку к буртику 2 оправки. Оправка имеет центровые отверстия, которыми она вместе с заготовкой устанавливается в центрах делительной головки и задней бабки. В зависимости от характера установки и закрепления заготовки применяют различные оправки.

На рис. 70, б приведены три разновидности оправок. Оправка I представляет собой гладкий стержень, средняя часть которого выполнена с небольшим конусом. Заготовка, насаженная на такую оправку, удерживается на ней только силой трения. Оправку с заготовкой следует располагать между центрами так, чтобы уширенная часть конуса была обращена к делительной головке. В противном случае усилие резания будет ослаблять посадку заготовки на оправку.

Оправка II не имеет конуса, но имеет буртик 1, шпоночную канавку 2 и гайку 4. Заготовка надевается на гладкую часть 3 оправки, выполненной по скользящей посадке (скользящая посадка обеспечивает установку заготовки на оправку без зазора), и закрепляется гайкой 4.

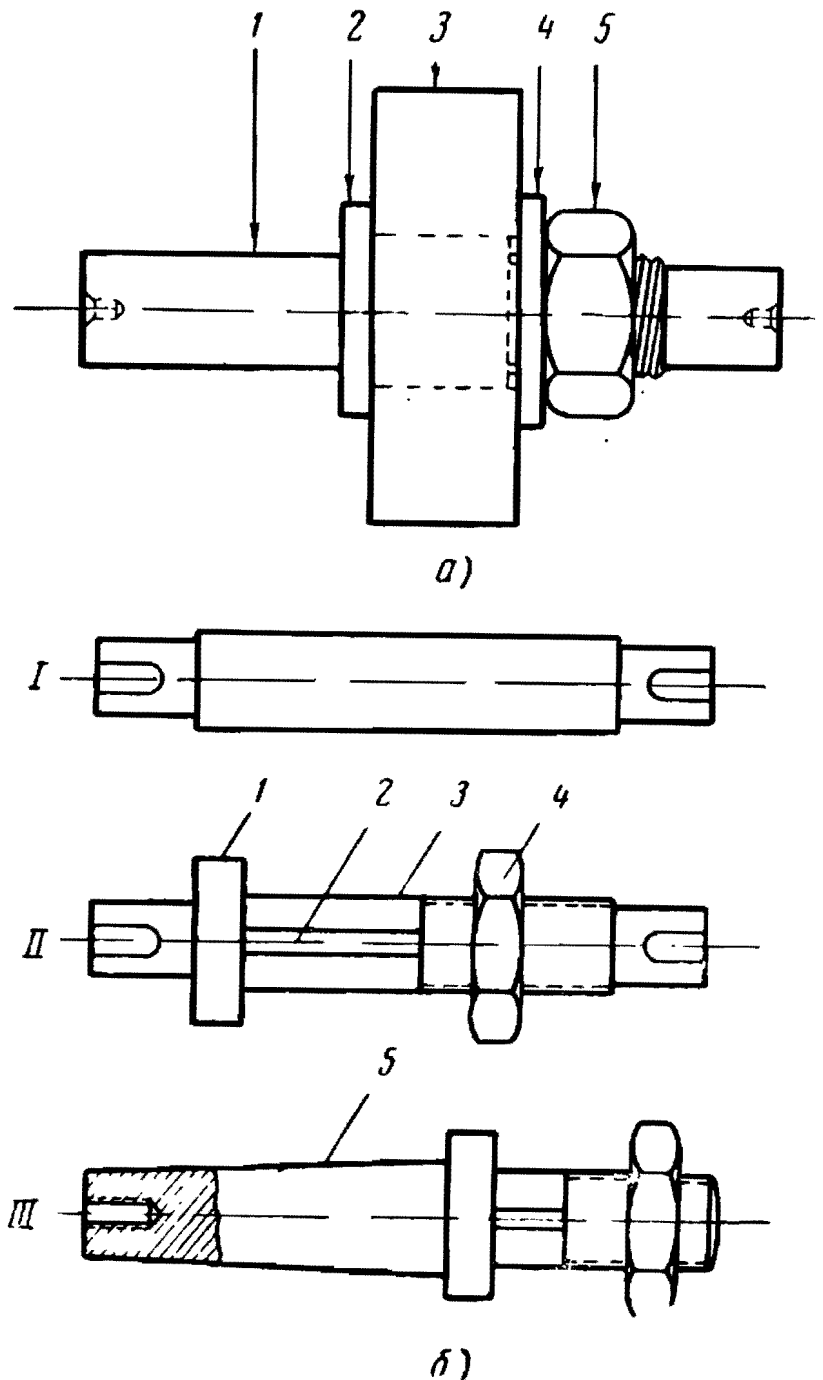


Рис. 70. Установка и закрепление заготовки зубчатого колеса (а) и оправки для установки и закрепления заготовки зубчатого колеса (б)

При наличии в отверстии заготовки шпоночной канавки ее можно поставить на шпонке. Оправка *III* вместе с заготовкой устанавливается коническим хвостовиком *5* в гнездо шпинделя делительной головки. Кроме рассмотренных жестких оправок, для нарезания зубчатых колес применяют и разжимные оправки. В тех случаях, когда конфигурация заготовки не позволяет устанавливать ее на оправке, применяют трехкулачковый патрон обычной конструкции.

Для повышения производительности обработки рекомендуется устанавливать и закреплять на оправке не одну, а две, три и больше нарезаемых заготовок.

Если радиус заготовки больше высоты центров делительной головки, заготовку устанавливают на вертикально установленном шпинделе делительной головки или на круглом столе с делительным устройством.

На рис. 71, *а* показана установка заготовки *2* большого диаметра в делительной головке, шпиндель которой повернут под углом 90° . Фреза *1* имеет главное движение по направлению стрелки *5*, а движение подачи направлено снизу вверх по стрелке *4*. Для предотвращения прогиба заготовка опирается на домкрат *3*.

Нарезание зубчатого колеса большого диаметра показано на рис. 71, *б, в*. Нарезаемое колесо (рис. 71, *б*) укреплено на планшайбе *2* и имеет в центре отверстие для установки хвостовой оправки, центрирующей заготовку на планшайбе. Корпус *3* круглого стола закрепляется на столе станка болтами, вводимыми в Т-образные пазы стола. Снизу планшайбы укреплено червячное колесо *1* (рис. 71, *в*), сцепленное с червяком *2*. На конце валика червяка жестко закреплена рукоятка *5*, с помощью которой вращается червяк и червячное колесо, а следовательно, и обрабатываемая заготовка. Деление окружности заготовки на равные части осуществляется с помощью делительного диска *4*, свободно надетого на валик червяка. Делительный диск удерживается в неподвижном состоянии стопором *3*. Аналогично делительным головкам число оборотов рукоятки для поворота заготовки на один зуб определяется по формуле

$$n = \frac{N}{z},$$

где N — характеристика делительного устройства круглого стола (обычно $N=90$);

z — число зубьев нарезаемого колеса.

Наладка делительной головки. Делительную головку и заднюю бабку устанавливают на столе станка так, чтобы их центры находились на одной прямой линии, поворотную часть стола устанавливают в нулевое положение. Затем делительную головку настраивают для деления заготовки на заданное число зубьев.

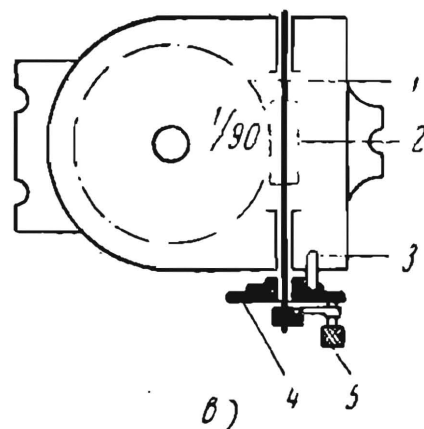
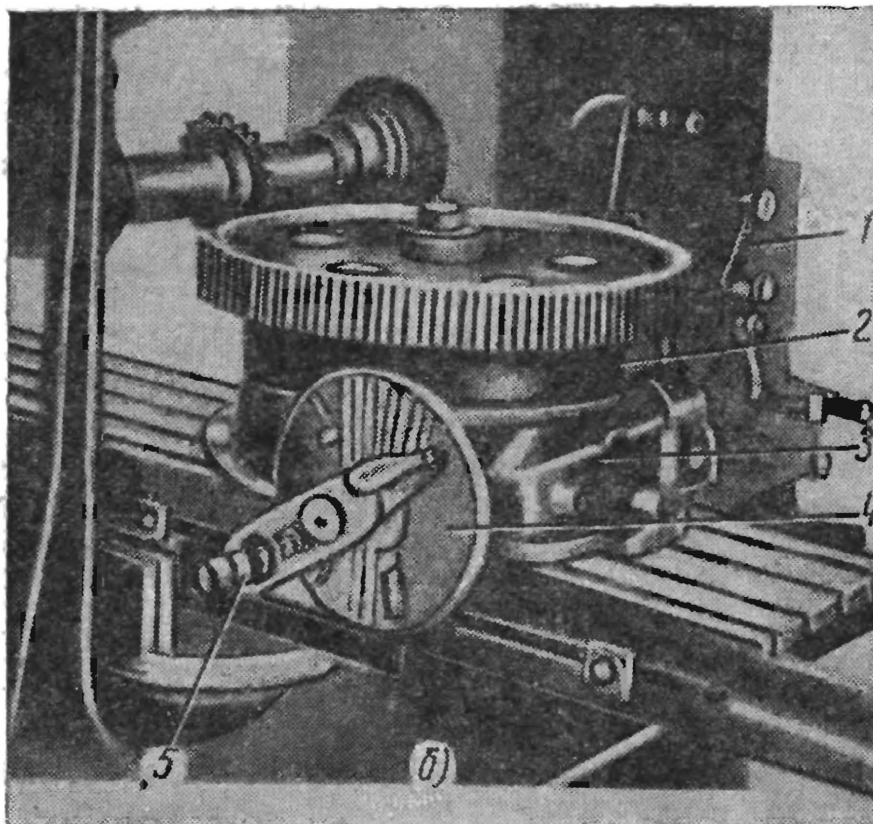
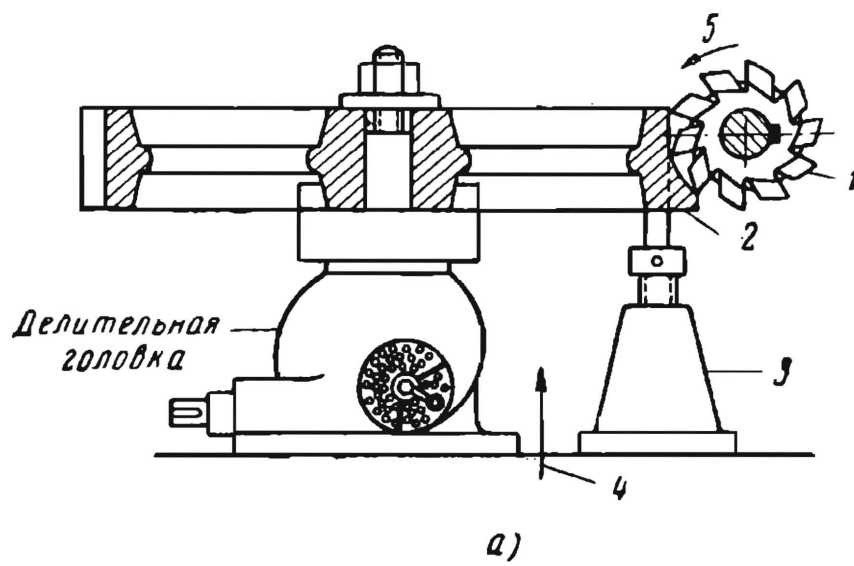


Рис. 71. Установка заготовки большого диаметра:
 а — в делительной головке, шпиндель которой повернут на 90° , б — на круглом столе, в — схема круглого стола

Подбор и установка модульной фрезы. В соответствии с заданным модулем и числом зубьев нарезаемого колеса подбирают модульную фрезу из 8- или 15-штучного набора модульных фрез. Подбранную модульную фрезу надевают на установленную в шпиндель станка предварительно протертую оправку и зажимают между кольцами. Свободный конец оправки смазывают маслом и вставляют в хобот станка, который поддерживает оправку с фрезой и тем самым предотвращает ее прогиб в процессе зубонарезания.

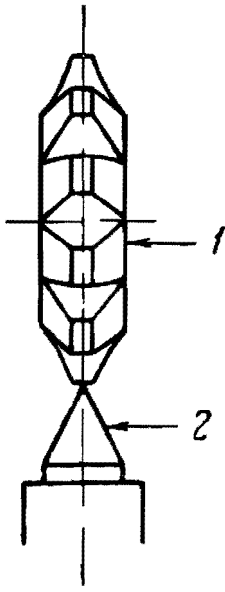


Рис. 72. Установка модульной дисковой фрезы

Затем необходимо установить модульную фрезу «по центру». Для этого стол станка поднимают и одновременно перемещают поперечные салазки до совпадения плоскости вращения фрезы 1 (рис. 72) с центром задней бабки 2. После этого поперечные салазки стопорятся и стол станка опускается вниз, чтобы фреза не мешала установить в центрах заготовку.

Установка фрезы на глубину резания. Включив вращение фрезы, поднимают стол станка вверх, пока фреза не сделает на заготовке царапину. После этого лимб вертикальной подачи устанавливают «на нуль», а потом

продольным перемещением стола выводят заготовку из-под фрезы. Затем поднимают стол станка вверх на требуемую по чертежу глубину нарезания и начинают зубонарезание.

Нарезание первого зуба. После установки глубины резания по табл. 17 выбирают подачу и скорость резания, а затем настраивают станок (коробка подач и коробка скоростей) на выбранный режим резания. Для автоматического выключения подачи на столе станка устанавливают упоры таким образом, чтобы они выключали самоход после того, как центр фрезы выйдет за край (торец) заготовки. По окончании фрезерования первой впадины и после выключения самохода стол станка возвращается в исходное положение с выводом фрезы из заготовки, а затем заготовка с помощью делительной головки поворачивается на один зуб, и стол станка механизмом ручной продольной подачи снова подается до соприкосновения заготовки с фрезой. При этом включается самоход и фрезеруется вторая впадина (второй зуб). Далее процесс повторяется до полного нарезания колеса.

Для нарезания колеса в соответствии с требованиями чертежа следует проверить глубину впадины и толщину первого зуба по делительной окружности.

Если после проверки первый зуб окажется нормальных размеров, то нарезают остальные зубья.

**Режимы резания для черного нарезания цилиндрических колес
дисковыми модульными фрезами
(по нормативам ВПТИ Мосгорсовнархоза)**

Модуль нарезаемого колеса, мм	Число проходов	Марки сталей				Чугун НВ 180—200	
		Ст. 5 40	Ст. 45 20Х	Ст. 40Х		<i>s</i> , мм/мин	<i>v</i> , м/мин
		<i>s</i> , мм/мин	<i>v</i> , м/мин	<i>s</i> , мм/мин	<i>v</i> , м/мин		
2	1	240	28	190	23	240	23
3	1	240	33	190	26	240	26
4	1	190	30	150	24	190	24
5	1	150	30	120	27	190	27
6	1	120	30	96	24	150	24
7	1	96	32	75	22	150	25
8	2	96	33	75	21	120	26
10	2	60	28	60	23	96	23
12	2	60	34	60	27	96	27
16	3	48	33	48	26	75	26
18	3	48	33	48	26	75	26
20	3	38	28	38	28	60	22
26	3	30	34	30	27	48	27
30	3	30	30	24	24	38	24

При каждом повороте заготовки на следующий зуб необходимо иметь в виду, что между червяком и червячным колесом делительной головки всегда имеется люфт (слабина). Чтобы этот люфт не оказывал влияния на точность нарезаемого колеса, рукоятку делительной головки необходимо вращать в одном направлении. В тех случаях, когда по ошибке рукоятка оказывается повернутой на большее число отверстий, чем требуется, необходимо поступить следующим образом: повернуть рукоятку в обратном направлении настолько, чтобы фиксатор (штифт) повернулся обратно на $\frac{1}{4}$ оборота от требуемого отверстия, а затем, поворачивая рукоятку в прямом направлении, завести фиксатор (штифт) в требуемое отверстие.

§ 3. НАРЕЗАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС С ВИНТОВЫМИ ЗУБЬЯМИ

Выбор и установка фрезы. Для заданного числа зубьев нарезаемого колеса и угла наклона зубьев определяют фиктивное число зубьев, согласно которому подбирают модульную фрезу (см. гл. IV). Выбранную фрезу устанавливают на оправку, вставленную в шпиндель станка, и надежно закрепляют между кольцами. Свободный конец оправки смазывают маслом и встав-

ляют в хобот станка, который поддерживает оправку с фрезой и тем самым предотвращает ее прогиб в процессе зубонарезания. Устанавливают фрезу на глубину резания так же, как и при нарезании зубчатых колес с прямыми зубьями.

Установка заготовки с делительной головкой и стола станка относительно фрезы. При нарезании винтовых колес плоскость,

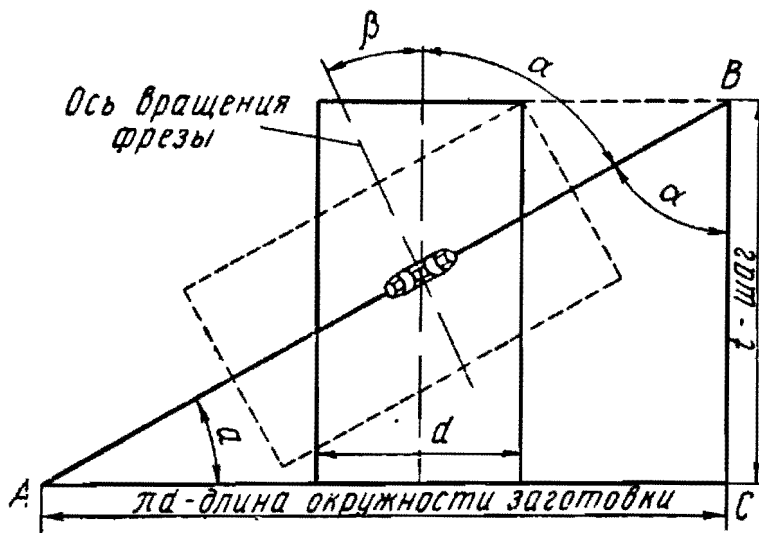


Рис. 73. Схема установки стола станка с заготовкой винтового колеса

в которой вращается фреза, должна совпадать с направлением винтового зуба. Следовательно, стол станка вместе с заготовкой должен быть повернут на угол α — угол наклона винтового зуба (рис. 73). Из рис. 73 следует, что при фрезеровании канавки зуба с углом подъема β необходимо стол станка (ось заготовки) повернуть на угол наклона

канавки α , т. е. заготовку из положения, показанного штриховыми линиями, поставить в положение, показанное сплошными линиями. Угол подъема винтового зуба обычно указывается на чертеже, а угол наклона равен:

$$\alpha = 90^\circ - \beta.$$

В тех случаях, когда на чертеже углы α и β не указаны, но даны диаметр заготовки d и шаг зубьев t , угол наклона канавки (угол поворота стола) определяется из следующего тригонометрического соотношения:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\pi \cdot d}{t}.$$

Например, если в чертеже указан диаметр заготовки колеса $d = 100$ мм и шаг канавки зуба $t = 500$ мм, то угол наклона канавки будет

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\pi \cdot d}{t} = \frac{3,14 \cdot 100}{500} = 0,628.$$

По величине $\operatorname{tg} \alpha = 0,628$ в таблице тригонометрических функций находим, что $\alpha = 32^\circ$, следовательно, стол станка необходимо повернуть на 32° .

При повороте стола станка на угол β необходимо учитывать, что при нарезании правых винтовых зубьев стол станка поворачивается против часовой стрелки (рис. 74, а), а при нареза-

нии левых винтовых зубьев — по часовой стрелке (рис. 74, б). В связи с необходимостью поворота стола нарезание винтовых колес возможно только на универсально-фрезерных станках.

Настройка делительной головки. Для поворота заготовки на один шаг (на один зуб) делительную головку настраивают так же, как и при нарезании прямозубых колес. При нарезании колес с винтовыми зубьями заготовка должна не только перемещаться вдоль своей оси, но и непрерывно поворачиваться в про-

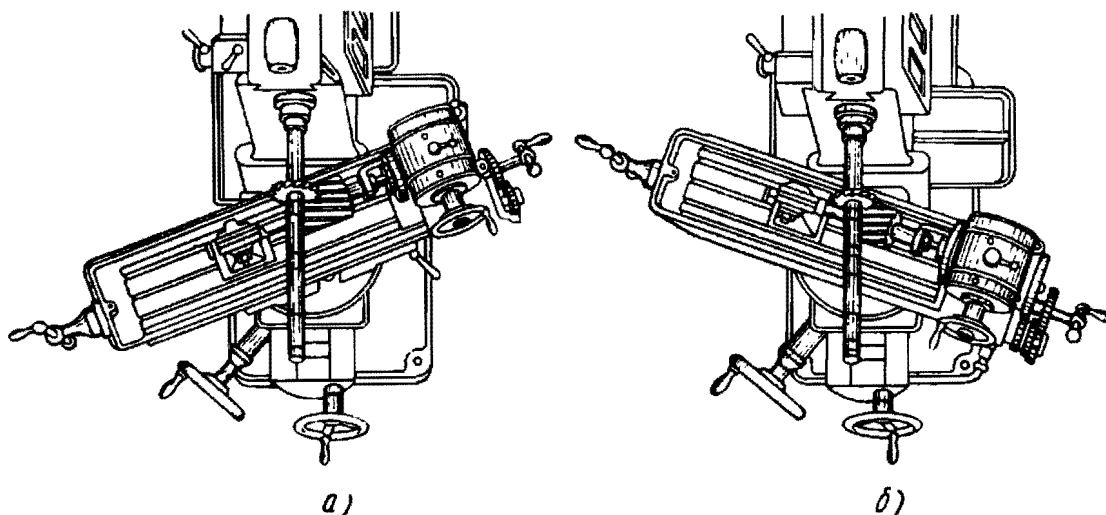


Рис. 74. Направление поворота стола при фрезеровании:
а — правой винтовой канавки, б — левой винтовой канавки

цессе обработки канавки. За один оборот заготовки стол станка должен передвинуться вдоль оси заготовки на величину шага винтовой линии. Для поворота заготовки в процессе резания используют делительную головку. Для этого ведущий валик делительной головки соединяется сменными колесами с винтом продольной подачи стола. Передаточное отношение сменных колес определяется по формуле

$$i = \frac{N \cdot s}{t}, \quad (8)$$

где i — передаточное отношение сменных колес, соединяющих ведущий валик делительной головки с ходовым винтом продольной подачи стола;

N — характеристика делительной головки;

s — шаг ходового винта продольной подачи стола станка;

t — шаг нарезаемой канавки (впадины винтового зуба).

На рис. 75 показан пример настройки делительной головки для нарезания винтовых зубьев. Колеса z_1 , z_2 , z_3 и z_4 сменные, а колеса $z=24$, $z=38$ и $z=40$ — постоянные (колеса $z=24$ и $z=40$ — паразитные).

Необходимо иметь в виду, что при нарезании колес с винтовыми зубьями применять метод дифференциального деления для

поворота заготовки на один шаг (на один зуб) невозможно, так как ведущий валик занят кинематической связью с ходовым винтом. Поэтому для нарезания колес с нечетным числом винтовых зубьев применяют новый способ, предложенный фрезеровщиком-новатором П. С. Гуцул.

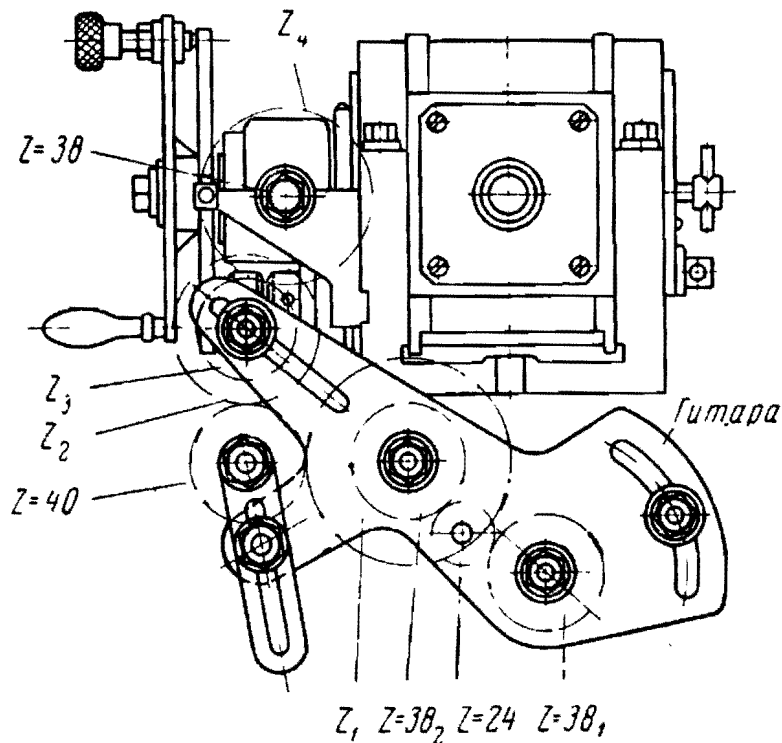


Рис. 75. Пример настройки делительной головки для нарезания винтовых зубьев

Сущность этого способа заключается в следующем. Число отверстий делительного диска круга, на которое необходимо повернуть рукоятку, определяется по формуле

$$n_1 = \frac{N}{z} x,$$

где n_1 — нужное число отверстий;

N — характеристика делительной головки;

x — число отверстий выбранного нами круга диска;

z — число зубьев нарезаемого колеса.

Например, для нарезания колеса с числом зубьев $z=63$ выберем на делительном диске «круг 25» и определим число отверстий, на которое необходимо повернуть рукоятку головки с характеристикой $N=40$.

$$n_1 = \frac{N}{z} x = \frac{40}{63} \cdot 25 = 15,873.$$

Число отверстий получилось дробным и такой поворот рукоятки сделать практически невозможно. Подберем вспомогательное число, при умножении на которое дробного числа получим целое (или очень близкое к целому) число отверстий диска. Возьмем число 8.

Числа оборотов рукоятки и последовательность деления при нарезании зубчатых колес с нечетным числом винтовых зубьев.

Число зубьев нарезанного зубчатого колеса	Число оборотов рукоятки делительной головки с $N=40$	Число отверстий круга делительного диска	Последовательность деления (число пропускаемых зубьев)	Число зубьев нарезанного зубчатого колеса	Число оборотов рукоятки делительной головки с $N=40$	Число отверстий круга делительного диска	Последовательность деления (число пропускаемых зубьев)
61	$4 \frac{33}{39}$	39	7	107	$2 \frac{4}{37}$	37	6
63	$5 \frac{2}{25}$	25	8	109	$2 \frac{10}{57}$	57	6
67	$2 \frac{65}{66}$	66	5	111	$3 \frac{32}{53}$	53	10
69	$2 \frac{53}{59}$	59	5	113	$7 \frac{2}{25}$	25	20
71	$3 \frac{50}{53}$	53	7	117	$2 \frac{25}{34}$	34	8
73	$2 \frac{9}{47}$	47	4	119	$2 \frac{1}{59}$	59	6
77	$5 \frac{8}{41}$	41	10	121	$1 \frac{32}{49}$	49	5
79	$1 \frac{1}{39}$	39	4	123	$4 \frac{21}{38}$	38	14
81	$1 \frac{40}{41}$	41	4	127	$3 \frac{18}{38}$	38	11
83	$2 \frac{41}{46}$	46	6	129	$2 \frac{7}{41}$	41	7
87	$3 \frac{19}{28}$	28	8	131	$2 \frac{7}{51}$	51	7
89	$3 \frac{28}{47}$	47	8	133	$6 \frac{1}{66}$	66	20
91	$1 \frac{47}{62}$	62	4	137	$2 \frac{23}{25}$	25	10
93	$3 \frac{15}{34}$	34	8	139	$2 \frac{13}{43}$	43	8
97	$2 \frac{47}{53}$	53	7	141	$2 \frac{41}{49}$	49	10
99	$3 \frac{10}{43}$	43	8	143	$4 \frac{37}{49}$	49	17
101	$1 \frac{50}{51}$	51	5	147	$2 \frac{31}{43}$	43	10
103	$3 \frac{38}{43}$	43	10	149	$4 \frac{1}{37}$	37	15

Тогда

$$n_2 = 15,873 \cdot 8 = 126,98400.$$

Это число очень близко к 127 и с достаточной для практики точностью можно нарезать колесо, поворачивая рукоятку головки по «кругу 25» на 127 отверстий, т. е. на $\frac{52}{25}$ оборота. Так как необходимое число отверстий было увеличено в восемь раз, то при делении заготовка зубчатого колеса будет каждый раз поворачиваться не на один, а на восемь зубьев и поэтому для обработки всех зубьев она должна сделать не один полный оборот, а восемь оборотов. Так можно подобрать число оборотов рукоятки и для нарезания колес с другим нечетным числом зубьев.

В табл. 18 приведены числа оборотов рукоятки и последовательность деления при нарезании зубчатых колес с нечетным числом винтовых зубьев на делительных головках УДГ-100, УДГ-135, УДГ-160, а также на делительных головках ПБ6 и ПБ.

Таблица позволяет производить деление заготовки на нечетное число винтовых зубьев без каких-либо подсчетов. Например, если требуется нарезать зубчатое колесо с 69 винтовыми зубьями, то по таблице находим, что для деления заготовки необходимо рукоятку повернуть на два полных оборота и еще переместить ее по «кругу 59» на 53 деления. При повороте рукоятки на $2\frac{53}{59}$ оборота заготовка будет каждый раз поворачиваться не на один зуб, а на пять. Поэтому для обработки всех зубьев колеса оно должно сделать не один полный оборот, а пять.

Нарезание первого зуба. После установки фрезы и стола станка по табл. 17 выбирают подачу и скорость резания и станок настраивают на выбранный режим резания.

Для автоматического выключения подачи упоры стола станка устанавливаются таким образом, чтобы они выключали самоход после того, как центр фрезы выйдет за край (торец) заготовки. По окончании фрезерования первой впадины замечаем деление лимба вертикальной подачи и опускаем стол станка вниз до тех пор, пока фреза не выйдет из канавки. Затем стол возвращается в исходное положение и заготовка поворачивается на один зуб. После этого стол поднимается до замеченного деления лимба и затем вращением маховичка ходового винта заготовка подводится к фрезе, включается самоход и фрезеруется вторая впадина зуба и т. д. После нарезания первого зуба его проверяют по высоте, толщине и направлению. Если проверка показала, что зуб нарезан правильно, то можно нарезать все остальные зубья.

§ 4. НАРЕЗАНИЕ ЧЕРВЯЧНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Если в цехе нет специальных зуборезных станков, червячные колеса нарезают на универсальных горизонтально-фрезерных станках. На таких станках червячные колеса нарезают за два

приема. Вначале дисковой модульной фрезой предварительно нарезают требуемое число зубьев с некоторым припуском для их чистового (окончательного) нарезания, затем фрезу снимают с оправки и на ее место устанавливают червячную фрезу, которая методом обкатки придает зубьям окончательный профиль. Чистовое нарезание производится методом радиальной подачи — снизу вверх.

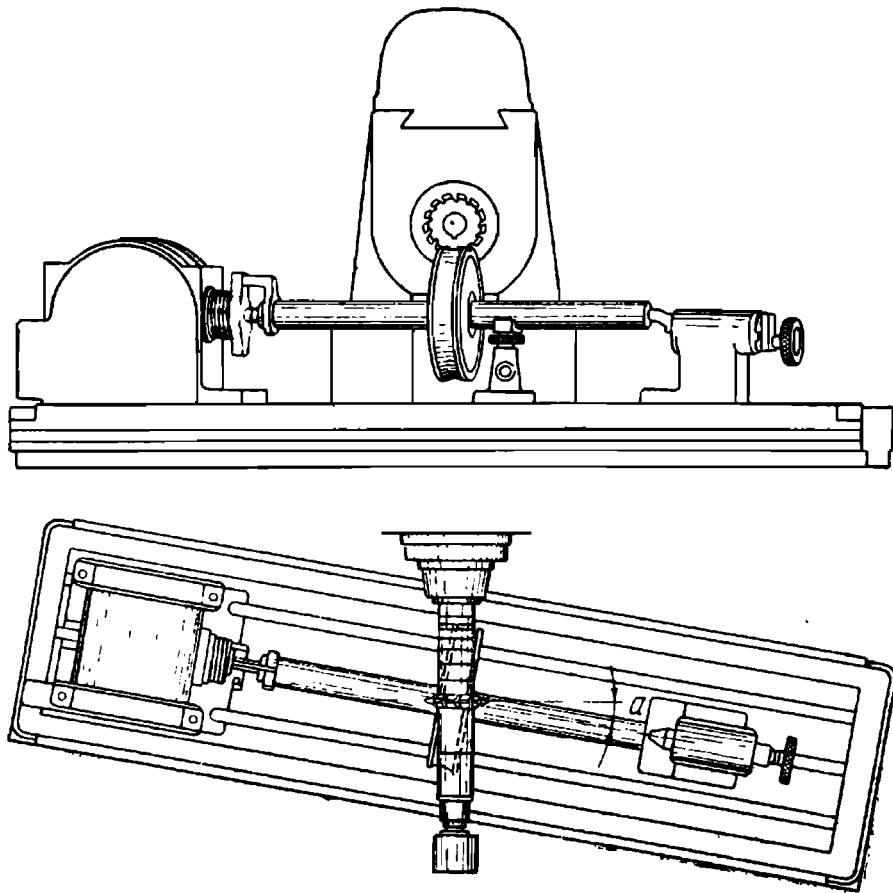


Рис. 76. Установка стола станка при предварительном нарезании червячного колеса

Предварительное нарезание червячного колеса. Для предварительного нарезания червячного колеса на оправку надевают модульную фрезу диаметром, равным наружному диаметру того червяка, который будет сцепляться с нарезаемым колесом. Заготовку для червячного колеса устанавливают на оправку и жестко закрепляют гайкой. Затем делительную головку настраивают для деления заготовки на требуемое число зубьев.

Стол станка вместе с заготовкой поворачивается на угол α подъема витков червяка (рис. 76), который обычно указывается на чертежах. При повороте стола станка необходимо учитывать следующее: если нарезаемое червячное колесо предназначено для сцепления с правым червяком, то стол станка поворачивают против часовой стрелки; если нарезаемое червячное колесо предназначено для сцепления с левым червяком, то стол станка поворачивают по часовой стрелке.

В тех случаях, когда угол подъема витков червяка в чертежах не указан, его определяют по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t_s}{\pi \cdot d_H} \quad \text{или} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{m_s}{d_H},$$

где t_s — торцовый шаг червячного колеса;
 d_H — диаметр начальной окружности червячного колеса;
 m_s — торцовый модуль червячного колеса.

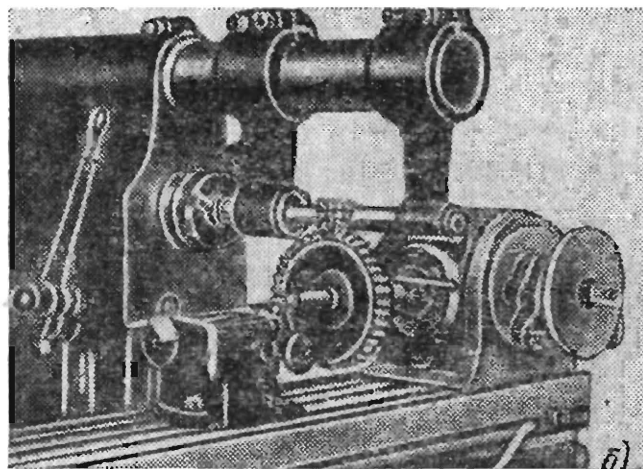
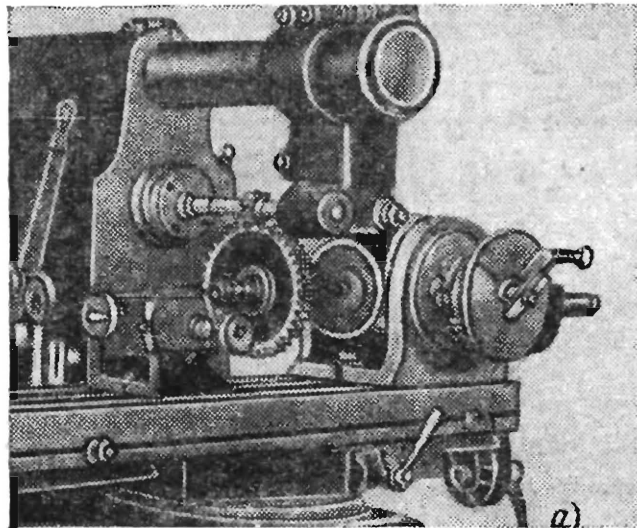


Рис. 77. Нарезание червячного колеса:
 а — предварительное, б — окончательное

Пример. На какой угол требуется повернуть стол станка при нарезании червячного колеса с торцовым шагом $t_s = 25$ мм и диаметром начальной окружности $d_H = 75$ мм. Угол поворота стола будет:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t_s}{\pi \cdot d_H} = \frac{25}{3,14 \cdot 75} = 0,106.$$

Для $\operatorname{tg} \alpha = 0,106$ в таблице тригонометрических функций находим, что угол $\alpha = 6^\circ$.

После установки стола в требуемое положение включают вращение фрезы и вертикальную подачу для фрезерования впадины зуба. По окончании фрезерования впадины на требуемую глубину стол станка опускается вниз до полного выхода фрезы из впадины, а затем заготовка с помощью делительной головки поворачивается на один зуб, включается подача и фрезеруется следующая впадина зуба. На рис. 77, а показано предварительное нарезание червячного колеса модульной фрезой.

Окончательное нарезание червячного колеса. Окончательное (чистовое) нарезание колеса производится специальной червячной фрезой. Предварительно нарезанное колесо с оправкой свободно устанавливают в центрах делительной головки и задней бабки, а стол станка устанавливают в нулевое положение. Заготовку устанавливают по отношению к червячной фрезе таким образом, чтобы витки фрезы совпали с ранее профрезерованными впадинами. После установки заготовки начинают обкатывание при радиальной подаче снизу вверх, т. е. так же, как и при предварительном нарезании зубьев модульной фрезой.

В процессе обкатывания станок время от времени останавливают и проверяют глубиномером глубину впадины (высоту зуба) нарезаемого колеса. На рис. 77, б показано окончательное нарезание червячного колеса червячной фрезой.

НАРЕЗАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС НА ЗУБОРЕЗНЫХ СТАНКАХ

§ 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗУБОРЕЗНЫХ СТАНКОВ

На зуборезных станках зубчатые колеса нарезают в основном методом обкатки (огибания) и только в отдельных случаях методом копирования.

Для повышения производительности и обеспечения точности обработки зубчатые колеса нарезают в большинстве случаев за два приема — путем предварительной и окончательной (чистой) обработки. Причем на одних станках стараются производить только предварительную обработку, а на других — только окончательную обработку. При предварительной обработке снимается 80—85% припуска и для повышения производительности нарезание колес ведется при большой глубине и подаче с максимально допустимой скоростью резания. Ввиду различных условий работы и различных требований предварительная и окончательная обработка производится режущими инструментами разной геометрии, а иногда и на станках разных типов. Предварительная обработка ведется на наиболее производительных и менее точных станках, а окончательная — на более точных станках.

Парк металлорежущих станков, в том числе и зуборезных, имеет большое количество типов станков. По принятой в СССР классификации все станки разделяются на девять групп (токарные, сверлильные, фрезерные, зубообрабатывающие и т. п.). Каждая группа станков разделяется на типы, а каждый тип станков разделяется по размерам станков или по размерам обрабатываемых деталей. Зуборезные станки относятся к 5-й группе.

В зависимости от применяемого режущего инструмента зуборезные станки разделяются на следующие типы:

- тип 1 — зубодолбежные станки;
- тип 2 — зубострогальные станки;
- тип 3 — зубофрезерные станки;

- тип 4 — станки для нарезания червячных пар;
- тип 5 — станки зубозакругляющие для обработки торцов зубьев;
- тип 6 — резбофрезерные станки;
- тип 7 — зубоотделочные и проверочные станки;
- тип 8 — зубошлифовальные станки;
- тип 9 — разные зубообрабатывающие станки.

Наибольшее распространение в промышленности имеют станки:

а) **зубофрезерные**, нарезающие зубчатые колеса червячной фрезой. На этих станках нарезают цилиндрические колеса внешнего зацепления с прямым и винтовым зубом, червячные колеса, а также шлицевые валики и др.;

б) **зубодолбежные**, нарезающие зубчатые колеса долбяком. На этих станках нарезают цилиндрические колеса с прямым и винтовым зубом наружного и внутреннего зацепления, блоки зубчатых колес, рейки, храповые колеса и др.;

в) **зубострогальные**, нарезающие конические колеса одним или двумя резцами.

Зуборезные станки, так же как и все металлорежущие станки, обозначают номерами из трех или четырех цифр, а иногда — из цифр в сочетании с буквами. Первая цифра показывает номер группы общей классификации металлорежущих станков; вторая — тип станка в данной группе; третья или третья и четвертая, вместе взятые, указывают размер или другой признак станка. Буква, стоящая после первой цифры, означает, что данная модель станка реконструирована, улучшена или модернизирована. Если буква стоит после цифр, то это значит, что на базе основной модели станка изготовлен станок с небольшими изменениями, приспособляющими этот станок к какому-либо определенному виду работ. О таких станках говорят, что они являются модификацией основной (базовой) модели станка. Зуборезные станки, относящиеся к пятой группе в общей классификации станков, вначале имеют цифру 5.

Зубодолбежным станкам присвоена цифра 1, зубострогальным — цифра 2 и зубофрезерным — цифра 3. Таким образом, по первой и второй цифрам всегда можно определить группу и тип станка. Например, станки 5301, 5321, 5330, 5332 относятся к зубофрезерным станкам. Что касается габаритов обрабатываемых на них деталей, то первый станок предназначен для обработки колес диаметром до 100 мм, второй — диаметром до 750 мм, третий — до 1500 мм и четвертый — до 3000 мм.

Несмотря на внешнее различие и на различие в типоразмерах, принцип работы зуборезных станков одного типа одинаков; станки имеют сходную кинематику и одинаковую методику наладки. Так сходны между собой по принципу работы, кинематике и настройке зубофрезерные станки 5Б32, 5Д32, 5Е32, 5К32.

То же самое можно сказать о зубодолбежных станках 512, 5А12, 514, 516 и т. д.

Поэтому наладку зуборезных станков для нарезания зубчатых колес рассмотрим на примере только одного станка из каждого типа станков.

А. Нарезание зубчатых колес на зубофрезерных станках

Зубофрезерные станки разделяются на вертикальные и горизонтальные. На вертикальных станках ось оправки, на которую устанавливается заготовка нарезаемого колеса, расположена вертикально, а в горизонтальных — горизонтально. Наибольшее распространение в промышленности имеют вертикальные зуборезные станки, которые бывают двух исполнений: а) с подвижным столом и неподвижной стойкой и б) с подвижной стойкой и неподвижным столом.

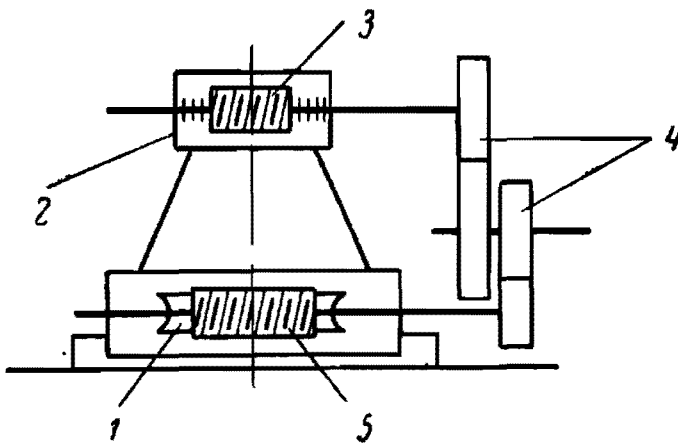


Рис. 78. Принципиальная схема зубофрезерного станка:

1 — делительное червячное колесо, 2 — заготовка, 3 — червячная фреза, 4 — сменные колеса, 5 — делительный червяк

При нарезании зубчатых колес на зубофрезерных станках червячной фрезе и заготовке сообщается такое вращательное движение, которое выполнялось бы червячной передачей, состоящей из червяка и червячного колеса. На рис. 78 приведена принципиальная схема зубофрезерного станка. Заготовка 2 жестко связана с делительным червячным колесом 1, получающим вращение от делительного червяка 5, который сменными колесами кинематически связан с червячной фрезой 3. Соотношение чисел оборотов червячной фрезы и нарезаемого колеса определяется передаточным отношением набора сменных колес 4. Это передаточное отношение для данной схемы должно равняться:

$$i = \frac{k}{z},$$

где k — число заходов червячной фрезы;
 z — число зубьев нарезаемого колеса.

При однозаходной фрезе за один оборот фрезы заготовка должна повернуться на $\frac{1}{z}$ часть оборота, т. е. на один зуб.

Кроме рассмотренного движения обката, фреза получает движение подачи вдоль оси заготовки вниз при нарезании прямозубых колес. При нарезании червячных колес движение подачи осуществляется радиальным перемещением суппортной стойки с фрезой к заготовке (радиальная подача) или же перемещением фрезы по касательной к заготовке (тангенциальная подача). На рис. 79 приведены схемы рабочих движений фрезы и заготовки. При нарезании цилиндрических колес (рис. 79, а) фреза имеет главное вращательное движение 1 и движение подачи 3, а заготовка — вращательное движение 2. При нарезании червячных колес с радиальной подачей (рис. 79, б) фреза имеет главное

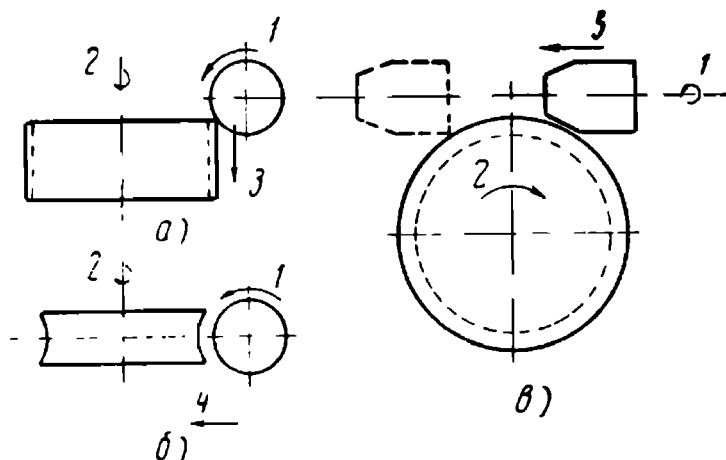


Рис. 79. Схемы рабочих движений фрезы и заготовки

вращательное движение 1 и движение подачи 4. При нарезании червячных колес с тангенциальной подачей (рис. 79, в) фреза устанавливается сразу на полную глубину фрезерования и получает движение подачи 5 вдоль собственной оси.

При нарезании колес с винтовым зубом заготовка получает дополнительное движение в ту или другую сторону в зависимости от угла наклона зубьев.

Согласованность всех рассмотренных движений станка осуществляется настройкой следующих его кинематических цепей:

а) скоростной цепи, устанавливающей числа оборотов фрезы согласно выбранной скорости резания;

б) цепи деления, обеспечивающей вращение фрезы и заготовки;

в) цепи подач, определяющей величину подачи фрезы;

г) цепи дифференциала, обеспечивающей дополнительное вращение заготовки относительно вращения фрезы при нарезании косозубых цилиндрических колес.

Большим преимуществом зубофрезерных станков является их широкая универсальность. Зубофрезерные станки могут нарезать цилиндрические прямозубые и косозубые колеса, червячные колеса и обрабатывать другие детали.

Несмотря на большое разнообразие типоразмеров зубофрезерных станков как отечественного, так и зарубежного производства, все они работают по одной схеме, имеют сходную кинематику и методику наладки.

Рассмотрим устройство, принцип работы, кинематическую схему и порядок наладки широко распространенного зубофрезерного станка 5Д32 для нарезания зубчатых колес средних размеров.

§ 2. ЗУБОФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК 5Д32

Зубофрезерный станок 5Д32, являющийся дальнейшим усовершенствованием станка 5Б32, также предназначен для нарезания цилиндрических колес с прямыми и винтовыми зубьями и

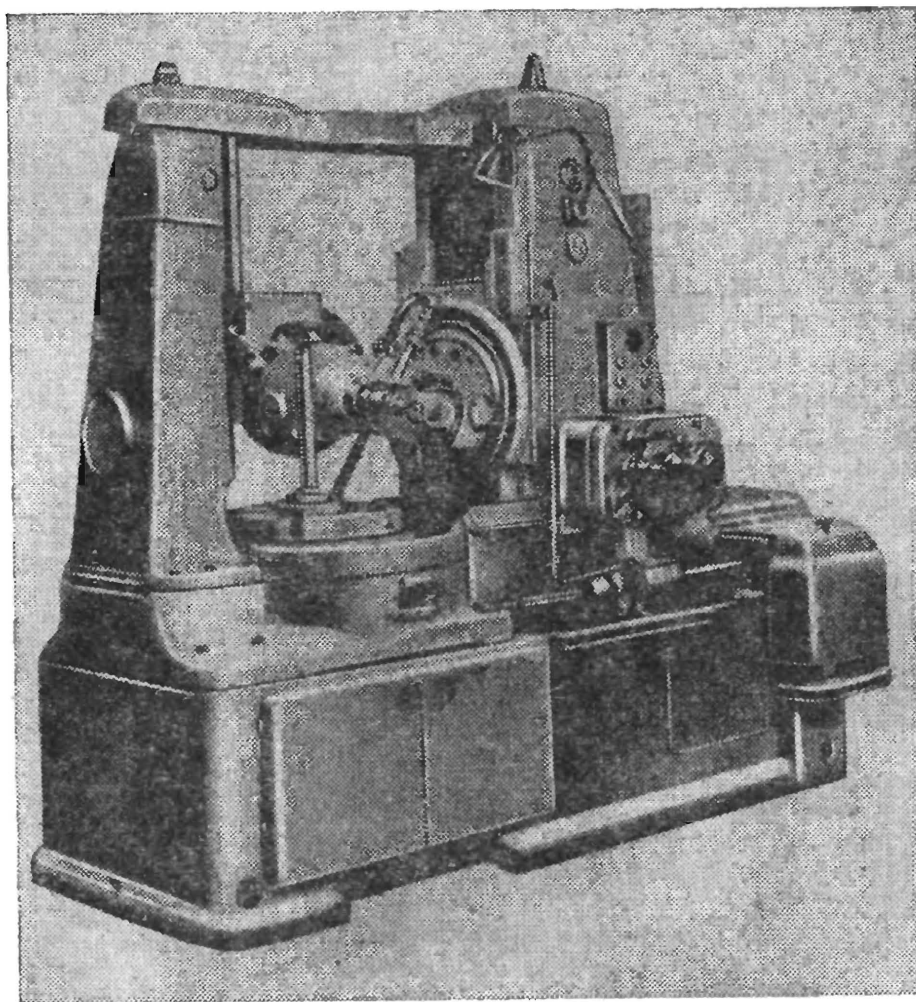


Рис. 80. Общий вид зубофрезерного станка 5Д32

червячных колес с радиальной и тангенциальной подачей. Благодаря специальному гидроустройству для устранения зазоров в винтовой паре фрезерного суппорта на станке можно нарезать колеса с полутной и встречной вертикальной подачей. На рис. 80

показан общий вид, а на рис. 81 — схема устройства этого станка.

По направляющим станины 1 может перемещаться по направлению к столу 2 стойка 8, несущая фрезерный суппорт 7. Фрезерный суппорт, перемещаясь по направляющим 21 стойки, обеспечивает попутную (вверх) или встречную (вниз) подачу фрезы при нарезании колеса. Автоматическое выключение подачи фрезы обеспечивается упором 9, который устанавливается на

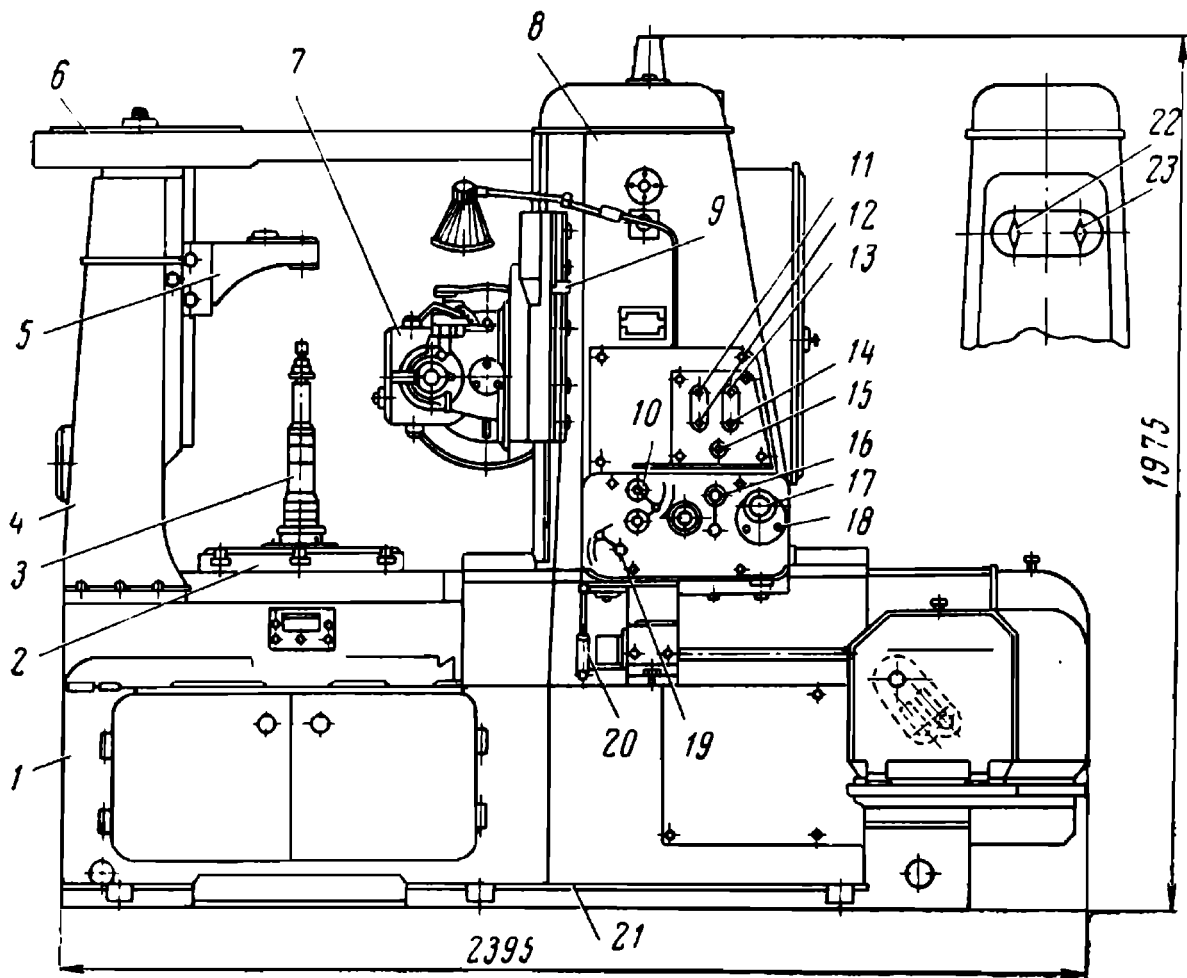


Рис. 81. Схема устройства зубофрезерного станка 5Д32

направляющих стойки в нужном положении при наладке станка. Заготовка устанавливается на оправку 3, которая для большей жесткости своим верхним концом соединяется с хоботом 5, устанавливаемым в требуемом положении на задней стойке 4. Сама стойка 4 (также для большей жесткости) связывается хоботом 6 со стойкой 8.

Пускают и останавливают станок кнопками 11 и 12, а кнопками 13 и 14 включают быстрый ход суппорта 7 вверх и вниз. Включают и выключают вертикальную подачу фрезерного суппорта ручьяткой 10, а автоматическая остановка суппортной стойки при нарезании червячных колес методом радиальной подачи обеспечивается падающим червяком; включают падаю-

щий червяк в цепь подачи рукояткой 16. Ручное перемещение суппортной стойки осуществляется рукояткой 17, надеваемой на квадрат 18. Рядом расположены две рукоятки 19 и 20, первая из которых служит для выключения вертикальной подачи суппорта и радиальной подачи суппортной стойки при работе с тангенциальной подачей салазок специальной фрезерной головки, а вторая — для включения и выключения рабочей подачи суппорта. Полное отключение станка от электросети производится выключателем 22; выключателем 23 включают и выключают насос охлаждения. Выключателем 15 включается и выключается местное освещение станка. Для наблюдения за давлением масла в гидравлическом цилиндре служит манометр М.

Кинематическая схема станка. Рассмотрим настройку кинематических цепей для каждого движения станка (рис. 82). На схеме цифровые обозначения соответствуют числам зубьев колес.

Скоростная цепь (вращение фрезы). Движение от электродвигателя к фрезе связано скоростной цепью и передается в последовательности, которая указывается уравнением перемещений:

$$n_{\text{фр}} = 1420 \cdot \frac{105}{224} \cdot \frac{32}{48} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{16}{64}.$$

При настройке станка на выбранную скорость резания v число оборотов фрезы $n_{\text{фр}}$ определяют по формуле

$$n_{\text{фр}} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}.$$

Подставляя это выражение в уравнение перемещений цепи скоростей и решая это уравнение относительно передаточного отношения сменных колес $\frac{A}{B}$, получим формулу:

$$\frac{A}{B} = 3,41 \frac{v}{d}, \quad (9)$$

где v — скорость резания, *м/мин*;

d — диаметр фрезы, *мм*.

По этой формуле по выбранной скорости резания и диаметру фрезы определяют передаточное отношение сменных колес ($i = \frac{A}{B}$) гитары скоростей. К станку прилагается комплект смен-

ных колес $\frac{A}{B}$ с числом зубьев 18, 22, 25, 28, 32, 35, 38, 42, обеспечивающих возможность получения различных чисел оборотов шпинделя: 47,5; 64; 79; 127; 155; 192 *об/мин*.

Цепь дифференциала. Эту цепь включают при нарезании колес с винтовыми зубьями и червячных колес с осевой подачей. С помощью этой цепи обеспечивается дополнительное

вращение заготовки, чтобы при перемещении суппорта с фрезой на величину шага винтовой линии зуба заготовка дополнительно повернулась на один оборот.

Сущность дополнительного вращения уясняется из следующего: подача фрезы при нарезании прямого зуба происходит вдоль оси заготовки. При этом величина вертикального переме-

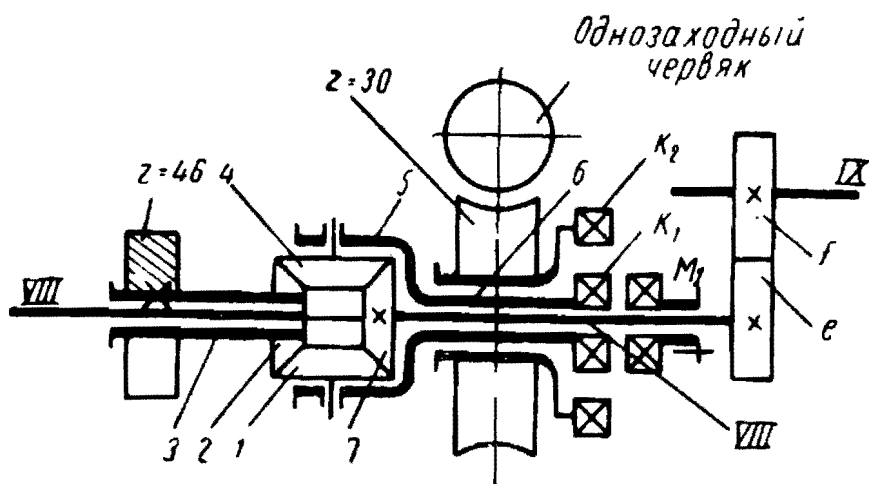


Рис. 83. Схема выключенного дифференциала

щения ее за один оборот заготовки равна вертикальной подаче S_v ; для получения винтового зуба необходимо, чтобы стол станка повернулся за это время еще добавочно на величину $S_v \cdot \operatorname{tg} \beta$ (здесь β — угол наклона винтового зуба). Этот дополнительный поворот производится механизмом станка, называемым дифференциалом.

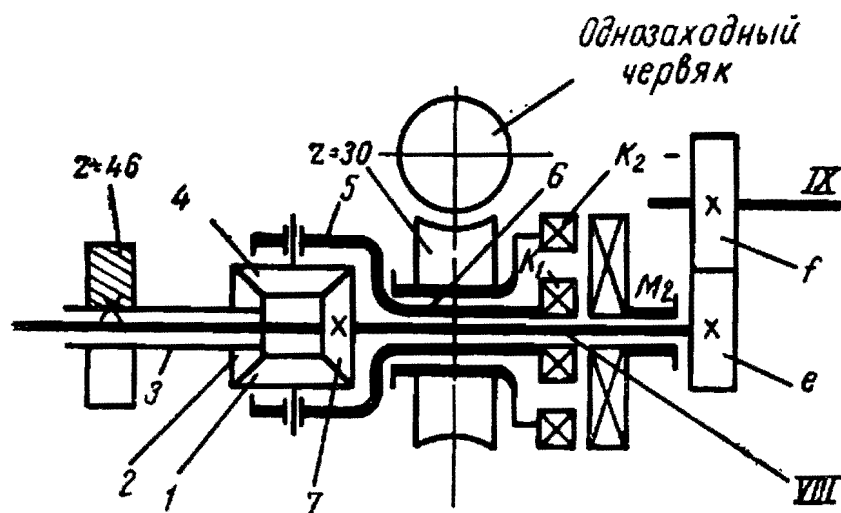


Рис. 84. Схема включенного дифференциала

На рис. 83 показана схема конструкции дифференциала, состоящего из корпуса 5 и четырех одинаковых конических колес 1, 2, 4 и 7 с числом зубьев $z = 30$. На втулке 3 заднего колеса насажено ведущее колесо $z = 46$. Сцепленные с колесом 2 конические колеса 1 и 4 свободно вращаются на крестовине, концы которой входят в пазы корпуса. Корпус соединен с втулкой 6,

имеющей на конце торцовые зубцы — K_1 . На этой втулке свободно сидит червячное колесо 30 , на торце хвостовика которого имеются зубцы K_2 . Сидящая на шпонке вала $VIII$ муфта M_1 соединяется с втулкой 6 . В таком соединении вал $VIII$ работает без участия дифференциала (он заблокирован).

Но если вместо муфты M_1 установим муфту M_2 (рис. 84), то вал $VIII$ получит дополнительное вращение от червячного колеса 30 (дифференциал включен).

В этом случае основное движение происходит по цепи:

$$46—2—1—7 — \text{вал VIII},$$

а дополнительное движение по цепи:

$$30—M_2—6—5—1—7 — \text{вал VIII}.$$

Для уяснения работы дифференциала допустим, что при помощи муфты M_1 (рис. 83) корпус 5 соединен с валом $VIII$. Повернем корпус по часовой стрелке (со стороны муфты) на один оборот. В этом случае конические зубчатые колеса 2 и 7 сделают по одному обороту в том же направлении. Теперь закрепим корпус 5 , сделаем его неподвижным и повернем коническое колесо 7 в обратном направлении, т. е. приведем его к первоначальному положению. Колесо 2 в этом случае сделает еще один оборот в том же направлении. Следовательно, при одном обороте корпуса 5 при неподвижном колесе 7 дифференциала при передаче вращения от червячного колеса 30 через сателлиты $1—4$ к коническому колесу 2 передаточное отношение $i_{\text{диф}} = 2$.

Допустим, что червячное колесо 30 для сообщения дополнительного вращения столу делает n оборотов, а ведущий вал $VIII$ дифференциала, передающий основное вращение, делает n_1 оборотов. Тогда отношение добавочного вращения к основному будет пропорционально числу оборотов червячного колеса 30 к числу оборотов ведущего вала $VIII$, т. е.

$$\frac{s_B \cdot \operatorname{tg} \beta}{\pi \cdot d} = \frac{n}{n_1}.$$

Из схемы (рис. 82) видно, что вал $VIII$ и червячное колесо 30 связаны следующей цепью:

$$\begin{aligned} \text{вал VIII} &— \frac{e}{f} — \text{вал IX} — \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} — \text{вал X} — \frac{2}{24} — \text{вал XI} — \\ &— \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} — \text{вал XII} — \text{муфта } M_3 — \text{вал XIII} — \\ &— \frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3} — \text{вал XIV} — \frac{1}{30}. \end{aligned}$$

Уравнение этой цепи будет:

$$n_1 \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} \cdot \frac{2}{24} \cdot \frac{a_2 \cdot c_2}{b_2 \cdot d_2} \cdot \frac{a_3 \cdot c_3}{b_3 \cdot d_3} \cdot \frac{1}{30} \cdot i_{\text{диф}} = n.$$

В этом уравнении

$$\frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = \frac{24k}{z}; \quad \frac{a_2 \cdot c_2}{b_2 \cdot d_2} = \frac{3}{10} \cdot s_B; \quad \frac{e}{f} = 1; \quad i_{\text{диф}} = 2.$$

Подставив эти значения, получим:

$$\frac{n}{n_1} = \frac{s_B \cdot k}{25z} \cdot \frac{a_3 \cdot c_3}{b_3 \cdot d_3};$$

заменяв $\frac{n}{n_1}$ равным ему выражением $\frac{s_B \cdot \text{tg } \beta}{\pi \cdot d}$ и учтя, что

$$\pi d = z t_s = z \frac{t_n}{\cos \beta} = z \cdot \frac{\pi \cdot m_n}{\cos \beta},$$

получим окончательную формулу для настройки дифференциала:

$$\frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3} = \frac{7,95775 \cdot \sin \alpha}{m_n \cdot k}, \quad (10)$$

где α — угол наклона зуба колеса;

m_n — нормальный модуль нарезаемого винтового колеса;

k — число заходов червячной фрезы.

Пользование формулой представляет известные трудности и практически настройку гитары дифференциала производят с помощью специальных таблиц, прилагаемых к описанию станка.

Цепь деления. Вращение заготовки и фрезы связано цепью деления, звенья которой в последовательном порядке указаны в уравнении перемещений.

$$1_{\text{об.фр}} = \frac{64}{16} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{46}{46} \cdot i_{\text{д}} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{1}{96} = \frac{k}{z},$$

где z — число зубьев нарезаемого колеса;

k — число заходов червячной фрезы.

При нарезании колес с прямым зубом дифференциал выключается и работает как сплошной, а передаточное отношение в этом случае $i_{\text{д}} = 1$.

К станку прилагаются две пары колес $\frac{e}{f}; \frac{36}{36}$ и $\frac{24}{48}$.

Решая уравнение перемещений и последовательно подставляя каждую пару данных колес, получим окончательные формулы

для настройки гитары деления для нарезания прямозубых цилиндрических колес:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{24 \cdot k}{z} \text{ при } \frac{e}{f} = \frac{36}{36}, \quad (11)$$

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{48 \cdot k}{z} \text{ при } \frac{e}{f} = \frac{24}{48}. \quad (11a)$$

Здесь z — число зубьев нарезаемого колеса;

k — число заходов червячной фрезы.

По этим формулам определяют передаточное отношение гитары деления и подбирают сменные колеса. Причем по формуле 11 настраивают гитару деления при нарезании колес с числом зубьев, равным или меньшим 161, а по формуле 11a при нарезании колес с числом зубьев, большим 161.

Цепь подач. *Вертикальную подачу* настраивают с помощью гитары подач по формуле

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{3}{10} \cdot s_{\text{в}}. \quad (12)$$

Радиальную подачу настраивают по формуле

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{5}{4} s_{\text{р}}. \quad (13)$$

Тангенциальную (осевую) подачу настраивают по формуле

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = s_{\text{ос}}. \quad (14)$$

По этим формулам, выбрав величину вертикальной, радиальной или тангенциальной подач, определяют передаточное отношение гитары подач и подбирают сменные колеса.

§ 3. НАЛАДКА ЗУБОФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Наладка зубофрезерных станков производится в следующем порядке:

- 1) установка заготовки на столе, ее выверка и закрепление;
- 2) установка червячной фрезы, ее выверка и закрепление;
- 3) настройка гитары скоростей;
- 4) настройка гитары деления;
- 5) настройка гитары подач;
- 6) настройка гитары дифференциала (если это потребуется);
- 7) установка глубины и высоты фрезерования;
- 8) установка упоров автоматического выключения подачи.

Установка заготовки на столе, выверка и закрепление ее и установка, выверка и закрепление червячной фрезы для всех мо-

делей зубофрезерных станков одинаковы, а настройка гитар скоростей, деления, подач и дифференциала, а также установка глубины фрезерования и установка упоров для автоматического выключения подачи в станках разных моделей имеют свою особенность.

Поэтому установку заготовки на столе станка и установку фрезы рассмотрим безотносительно к модели станка, а наладку гитар, а также установку глубины фрезерования и установку упоров для выключения подачи разберем применительно к современному наиболее распространенному станку 5Д32.

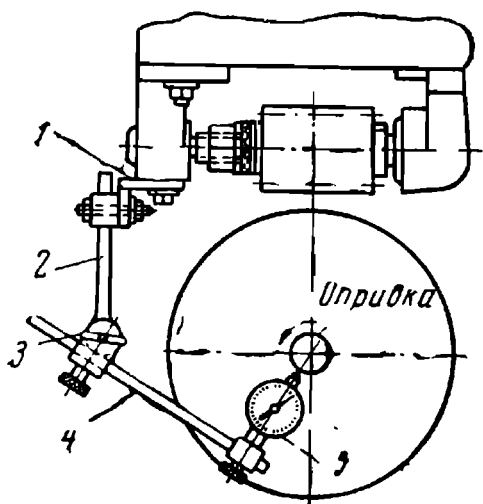


Рис. 85. Проверка оправки на биение индикатором

Точностью установки заготовки на станке в значительной степени определяются кинематическая точность, плавность работы и полнота контакта в зубчатой передаче; точностью установки фрезы в большей мере определяется точность профиля зуба и основного шага нарезаемого колеса. Поэтому в общем комплексе работ по наладке станка для нарезания зубчатых колес установка заготовки и фрезы имеет исключительно большое значение.

Установка заготовки на столе. По размерам заготовки подбирают необходимую оправку, которую устанавливают на стол станка и проверяют на биение индикатором (рис. 85). Индикатор устанавливают на съемном подшипнике фрезерного суппорта с помощью угольника 1, стержней 2 и 4, соединенных в шарнире 3. Для точных колес допустимое биение оправки не должно превышать 0,01 мм. После установки подставки, заготовки и шайб предварительно затянутую заготовку также проверяют на биение по наружному диаметру и торцу. В зависимости от размеров и формы заготовок применяют различные способы крепления их на столе станка. На рис. 86 показаны некоторые способы установки различных заготовок и проверки их на биение, а в табл. 19 приведены допускаемые величины радиального и торцевого биения заготовок.

Окончательное нарезание колес 7-й степени точности необходимо производить по одной штуке.

Установка червячной фрезы, ее выверка и закрепление. Подобрать червячную фрезу, требуемую по величине модуля и углу зацепления, и соответствующую оправку под фрезу, тщательно протирают посадочные места, осматривая их для обнаружения забоин. Соринки и забоины могут явиться причиной перекоса оправки и биения фрезы после затягивания последней. Затем уста-

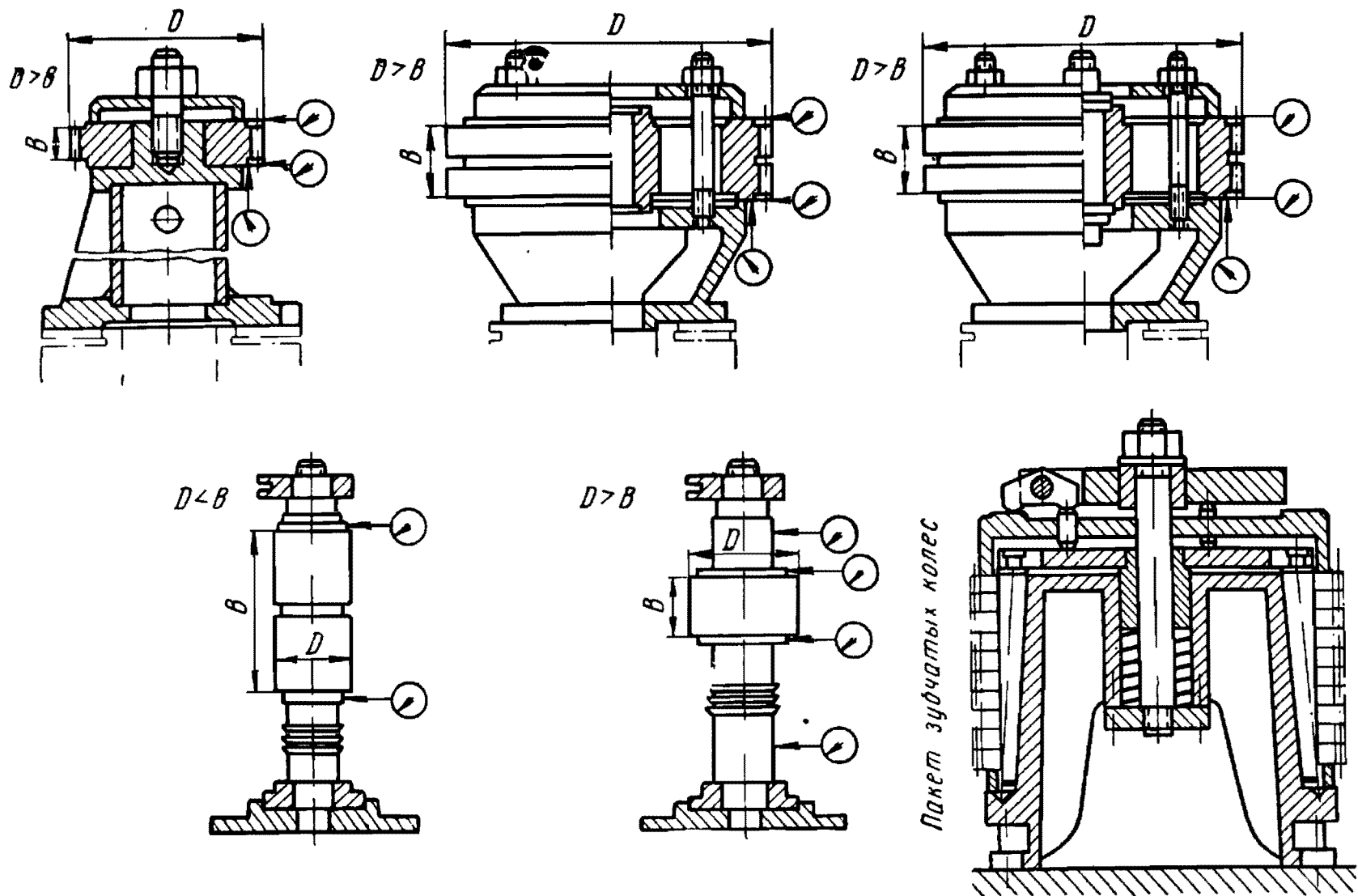


Рис. 86. Схемы установки, крепления и выверки заготовок колес на зубофрезерных станках

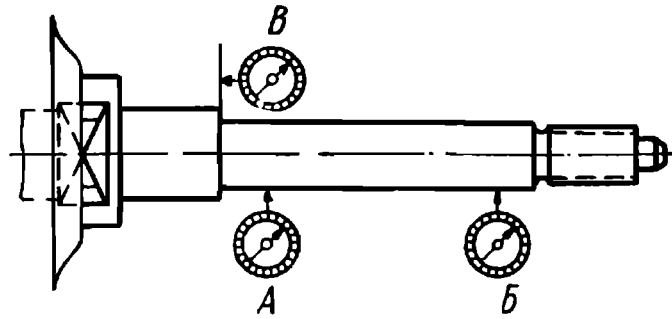
Допустимые величины радиального и торцового биения заготовок

Степень точности		Диаметры зубчатых колес, мм						
		до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 200	св. 200 до 320	св. 320 до 500	св. 500 до 800
		Радиальное биение наружного диаметра заготовок, мк						
7		18	24	28	32	38	45	55
8		28	36	45	55	60	65	80
9		45	60	65	80	100	110	130

Степень точности	Толщина заготовки колеса, мм	Торцовое биение базового торца заготовки, мк						
		до 55	св. 55 до 110	св. 110 до 160	до 55	св. 55 до 110	св. 110 до 160	до 55
7	до 55	13	15	20	32	55	85	135
	св. 55 до 110	—	—	11	18	28	45	70
	св. 110 до 160	—	—	—	13	20	32	50
8	до 55	14	18	26	40	66	105	170
	св. 55 до 110	—	—	14	23	36	56	90
	св. 110 до 160	—	—	—	16	26	40	65
9	до 55	18	24	34	56	90	135	220
	св. 55 до 110	—	—	18	30	50	70	120
	св. 110 до 160	—	—	—	20	30	50	80

новленную оправку проверяют индикатором на биение в одной точке на торце и в двух точках, отстоящих друг от друга, на радиальное биение. В табл. 20 приведены величины допускаемого биения фрезерных оправок.

Для устранения биения иногда приходится вынуть оправку, протереть ее и переставить в новое положение. В целях увеличения жесткости длина оправки должна быть минимальной. Чер-

Допустимые величины биения фрезерных оправок и червячных фрез, *мк*

Проверяемые элементы	Сечения	Степень точности нарезаемых колес		
		7	8	9
Фрезерная оправка (без поддерживающего подшипника)	<i>A</i>	20	25	30
	<i>Б</i>	30	35	45
	<i>б</i>	10	15	20
Червячная фреза	—	30	35	50
Радиальное биение отверстия шпинделя	—	15	20	25
Осевое биение отверстия шпинделя	—	10	15	15
Осевой разбег шпинделя	—	15	20	20

вячную фрезу и установочные кольца надевают на оправку с укрепленной на ней шпонкой. Перед тем, как зажать фрезу, оправку необходимо установить в подшипник поддерживающего кронштейна. При наличии в кронштейне конусной разрезной втулки необходимо выдержать радиальный зазор между поверхностью кольца оправки и подшипниковой втулкой не более 0,01—0,15 мм. После установки поддерживающего подшипника фрезу зажимают ключом. Зажимать фрезу на оправке следует с наименьшим числом установочных колец, так как каждое кольцо является источником погрешностей. При закреплении необходимо следить, чтобы на торцах фрезы, на установочных кольцах и зажимной гайке не было забоин и грязи, которые при затягивании вызывают изгиб фрезерной оправки и являются причиной биения.

В табл. 21 приведены рекомендуемые диаметры червячных фрез и оправок для определенных модулей.

После установки и закрепления фрезы фрезерный суппорт поворачивают на некоторый угол в вертикальной плоскости и уста-

Размеры червячных фрез и оправок

Модуль, мм	Диаметр фрезы, мм		Угол подъема витков фрезы, град		Диаметр оправки, мм		Длина фрезы, мм			Примечание
	Тип I	Тип II	Тип I	Тип II	Тип I	Тип II	Тип I	Тип II		
								короткие	длинные	
2	90	70	1°22'	1°48'	40	27	90	63	90	Тип I — фрезы цельные, прецизионные, класса точности АА, рекомендуемые для колес 7-степени точности Тип II — фрезы цельные, общего назначения, классов точности А и В, рекомендуемые соответственно для колес 8 и 9-й степени точности по ГОСТ 1643—56
2,25	90	70	1°33'	2°02'	40	27	90	63	90	
2,5	100	80	1°33'	1°59'	40	32	100	70	100	
3	112	90	1°40'	2°08'	40	32	112	80	112	
3,5	112	90	1°58'	2°32'	40	32	112	80	112	
4	125	100	2°01'	2°36'	50	32	125	90	125	
4,5	125	100	2°18'	2°58'	50	32	125	90	125	
5	140	112	2°16'	2°57'	50	40	140	100	140	
5,5	140	112	2°32'	3°17'	50	40	140	100	140	
6	160	125	2°24'	3°12'	60	40	155	112	160	
6,5	160	125	2°38'	3°31'	60	40	155	112	160	
7	160	125	2°51'	3°50'	60	40	155	112	160	
8	180	140	2°55'	3°55'	60	40	175	125	180	

навливают так, чтобы направление зубьев фрезы совпадало с направлением зубьев нарезаемого колеса. Это общее правило установки фрезы, которого придерживаются во всех случаях нарезания зубьев на цилиндрических колесах. Если направления зубьев фрезы не будут совпадать с направлением зубьев нарезаемого колеса, то профили обрабатываемых зубьев будут неправильными, искаженными. При слишком большой величине несовпадения этих направлений в процессе резания возникнут отрицательные передние и задние углы. Зубья фрезы будут тереться затылками об обрабатываемые поверхности, что повлечет за собой изготовление некачественного колеса и даже поломку инструмента. Угол подъема витка всегда маркируют на торце фрезы, а угол наклона зуба колеса указывается в чертеже.

Червячные фрезы бывают право- и левозаходными, ими нарезают колеса с прямыми и винтовыми зубьями разного направления. Если помнить правило установки фрезы, то легко установить, в какую сторону нужно повернуть фрезу в каждом случае. На рис. 87 представлены возможные случаи установки фрезы.

При нарезании колес с прямыми зубьями фрезу поворачивают лишь на угол подъема ее витков, причем при правозаходной фрезе поворот производится по часовой стрелке (рис. 87, 1), а при левозаходной фрезе — против часовой стрелки (рис. 87, 2).

При нарезании колес с винтовыми зубьями, имеющими раз-

ноименное направление с витками фрезы, угол поворота фрезы равен сумме угла наклона зуба колеса α и угла подъема витков фрезы β (рис. 87, 3, 6). Если зубья колеса и витки фрезы имеют одинаковое направление, то угол поворота фрезы равен разности между углом наклона зуба колеса α и углом подъема витка фрезы β (рис. 87, 4, 5).

Отсчет угла установка производится по шкале, нанесенной на окружности фрезерного суппорта.

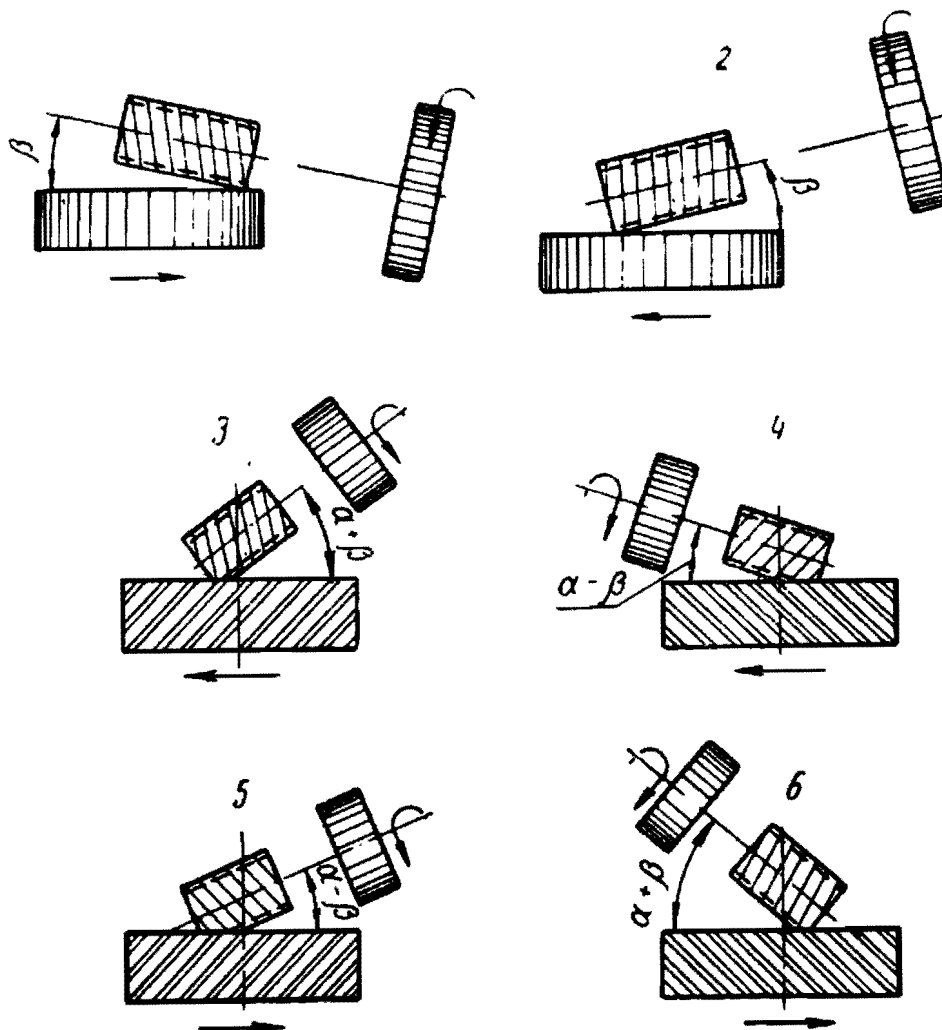


Рис. 87. Установка червячной фрезы относительно заготовки

При нарезании колес с винтовым зубом рекомендуется брать фрезу с тем же направлением винтовой линии зуба, что и нарезаемое колесо. Такой выбор фрез повышает точность зубчатого колеса, так как направление фрезерования противоположно направлению вращения стола, вследствие чего уничтожится зазор в делительной паре, возможный при разноименных направлениях винтовых линий. Если нарезаемое зубчатое колесо имеет большой угол наклона зуба, то червячную фрезу берут с заборным конусом во избежание поломки ее зубьев из-за перегрузки.

При нарезании червячных колес ось червячной фрезы должна быть горизонтальна и находиться в середине плоскости зубьев нарезаемого колеса.

§ 4. НАЛАДКА СТАНКА 5Д32 ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС С ПРЯМЫМИ ЗУБЬЯМИ

Закончив установку заготовки и фрезы, приступают к настройке гитар скоростей деления и подач.

Настройка гитары скоростей. Гитару скоростей настраивают в соответствии с выбранной скоростью резания и диаметром червячной фрезы. Скорость резания обычно выбирают по установленным нормативам рациональных режимов резания в зависимости от материала и модуля нарезаемого колеса, от вида обработки (черновое или чистовое зубофрезерование) и от других факторов. В табл. 22 и 23 приведены режимы резания для зубо-

Таблица 22

Скорости резания при черновом фрезеровании зубьев цилиндрических колес червячной фрезой (по нормативам ВПТИ Мосгорсовнархоза)

Модуль нарезаемого колеса, мм	Число проходов	Скорость резания, м/мин, для сталей марок		
		30; 40; 45; 50;	20Х; 40Х; 12ХН3А и др.	чугуна твердостью НВ ₁₈₀ —200
2,5—3,5	1	36	25	38
4—5,5	1	32	22,5	36
6—7	1	26	18,5	31
8	2	23	18	28
10	2	21	17	26
12	2	18	14	28
16	3	21	16	26
18	3	19	15	25
20	3	20	16	23
26	3	19	15	23
30	3	18	14	23

Таблица 23

Скорость резания при чистовом фрезеровании зубьев цилиндрических колес червячной фрезой

Модуль нарезаемого колеса, мм	Скорость резания, м/мин, для сталей марок		
	30; 35; 40; 45; 50	20Х; 40Х; 12ХН3А и др.	чугуна твердостью НВ 180—200
1,5—2,25	60	42	35
2,5—3,75	60	42	29
4—4,5	48	34	29
6—8	41	29	24,5

фрезерных станков, а в табл. 21 даны размеры червячных фрез в зависимости от модуля нарезаемого колеса.

Для получения числа оборотов шпинделя станка согласно выбранной скорости резания и диаметру фрезы определяем пере-

даточное отношение сменных колес гитары скоростей по формуле

$$\frac{A}{B} = 3,41 \frac{v}{d} .$$

Определив передаточное отношение, подбирают сменные колеса из имеющегося комплекта. Передаточное отношение и смен-

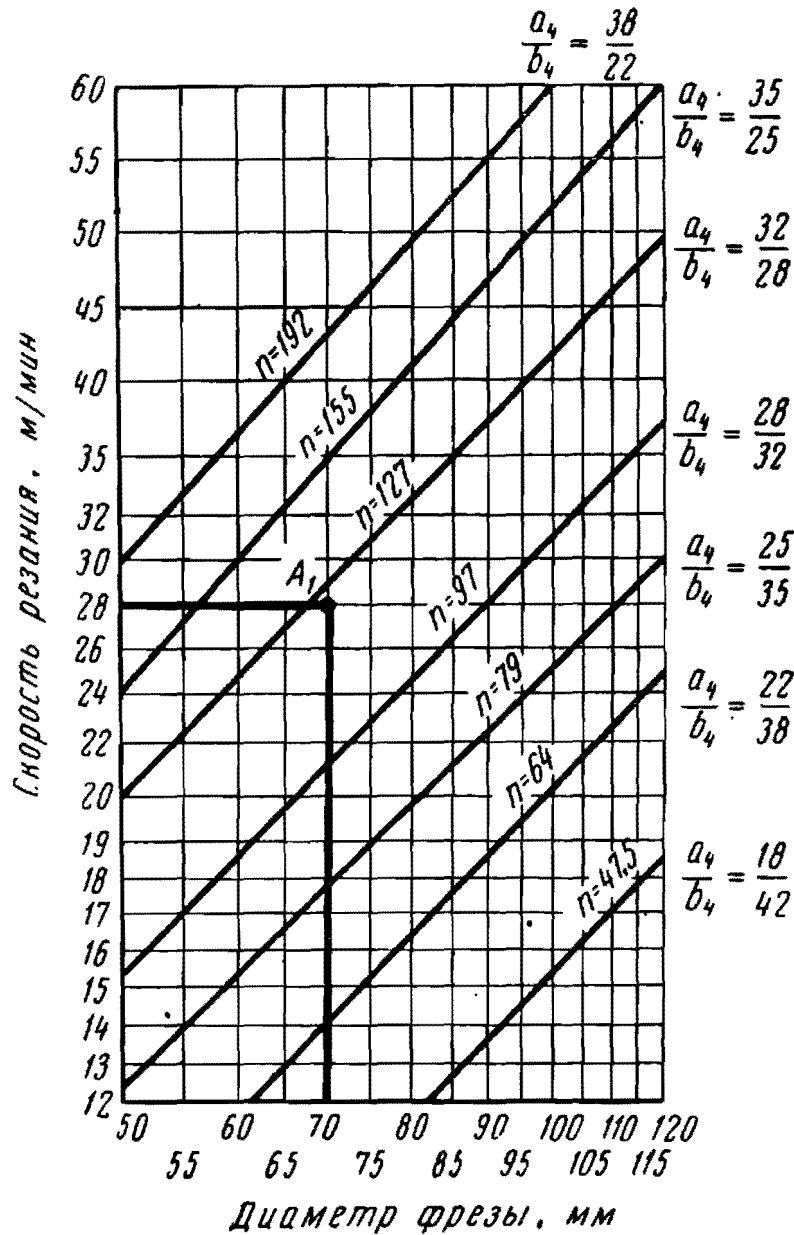


Рис. 88. График для определения числа оборотов фрезы и подбора сменных колес гитары скоростей

ные колеса, а также числа оборотов фрезы можно более просто определить по графику, показанному на рис. 88. На этом графике по вертикали отложены скорости резания (м/мин), а по горизонтали — диаметры фрезы (мм). Если от выбранной скорости провести горизонталь, а от выбранного диаметра фрезы — вертикаль, то точка пересечения укажет число оборотов, а прове-

денная через нее наклонная линия покажет сменные колеса гитары скоростей.

Пример. Требуется настроить гитару скоростей для обработки колеса со скоростью резания $v=28$ м/мин червячной фрезой диаметром $d=70$ мм. На осях графика находим точки, соответствующие выбранной скорости резания и диаметру фрезы. Проводим через эти точки горизонтальную и вертикальную линии, точка A пересечения которых расположена на наклонной линии, соответствующей 127 об/мин. На полях графика у этой линии указаны числа зубьев сменных колес $\frac{a_4}{b_4} = \frac{32}{28}$. Выбранные колеса устанавливаются на гитару скоростей, как показано на рис. 89, а.

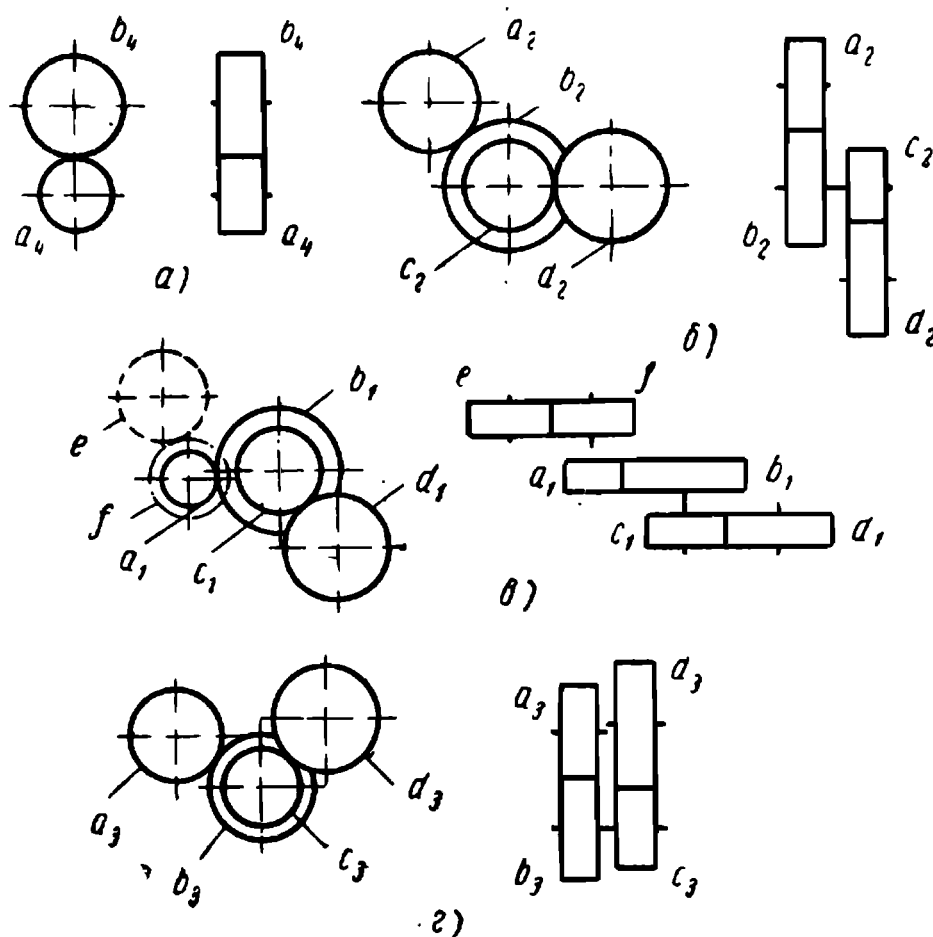


Рис. 89. Эскизы гитар зубофрезерного станка 5Д32 с указанием размещения сменных колес:
 а — гитара скоростей, б — гитара подачи, в — делительная гитара, г — гитара дифференциала

Настройка гитары деления. Определение передаточного отношения гитары деления производится по формулам (11) или (11а), а сменные колеса подбирают из прилагаемого к станку комплекта колес. К станку прилагается единый набор сменных колес для гитары деления, гитары подачи и гитары дифференциала, который состоит из 43 колес с числами зубьев: 20, 20, 23, 24, 25, 25, 30, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 45, 47, 48, 50, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 75, 79, 80, 83, 85, 89, 90, 92, 95, 97, 98, 100.

Сменные колеса для гитары деления при работе однозаходной фрезой на станке 5Д32

Число зубьев	Сменные колеса				Число зубьев	Сменные колеса				Число зубьев	Сменные колеса				Число зубьев	Сменные колеса				Число зубьев	Сменные колеса								
	a_1	b_1	c_1	d_1		a_1	b_1	c_1	d_1		a_1	b_1	c_1	d_1		a_1	b_1	c_1	d_1		a_1	b_1	c_1	d_1	a_1	b_1	c_1	d_1	
20	60	—	—	50	37	24	—	—	37	54	40	—	—	90	71	24	—	—	71	88	30	55	40	80	105	24	70	60	90
21	60	35	50	75	38	60	—	—	95	55	24	—	—	55	72	30	—	—	90	89	24	—	—	89	106	24	53	45	90
22	60	—	—	55	39	40	—	—	65	56	30	—	—	70	73	24	—	—	73	90	24	—	—	90	107	—	—	—	—
23	24	—	—	23	40	30	—	—	50	57	40	—	—	95	74	50	37	24	100	91	30	65	40	70	108	20	—	—	90
24	60	30	40	80	41	24	—	—	41	58	24	—	—	58	75	60	50	24	90	92	24	—	—	92	109	—	—	—	—
25	24	—	—	25	42	40	—	—	70	59	24	—	—	59	76	30	—	—	95	93	24	62	60	90	110	24	55	45	90
26	60	—	—	65	43	24	—	—	43	60	4	—	—	60	77	24	98	70	55	94	45	47	24	90	111	48	37	30	90
27	40	—	—	45	44	30	—	—	55	61	24	—	—	61	78	24	60	50	65	95	24	—	—	95	112	30	70	40	80
28	60	—	—	70	45	24	—	—	45	62	24	—	—	62	79	24	—	—	79	96	30	60	40	80	113	—	—	—	—
29	40	50	60	58	46	60	30	24	92	63	40	70	60	90	80	24	—	—	80	96	24	—	—	97	114	20	—	—	95
30	40	—	—	50	47	24	—	—	47	64	30	—	—	80	81	40	45	30	90	98	24	—	—	98	115	40	50	24	92
31	40	50	60	62	48	25	—	—	50	65	24	—	—	65	82	45	41	24	90	99	40	55	30	90	116	24	58	45	90
32	30	—	—	40	49	60	30	—	98	66	20	—	—	55	83	24	—	—	83	100	24	—	—	100	117	30	65	40	90
33	40	—	—	55	50	24	—	—	50	67	24	—	—	67	84	24	70	50	60	101	—	—	—	—	118	24	59	45	90
34	60	—	—	85	51	40	—	—	85	68	30	—	—	85	85	24	—	—	85	102	20	—	—	85	119	40	70	30	85
35	40	50	60	70	52	30	—	—	65	69	60	45	24	92	86	45	43	24	90	103	—	—	—	—	120	24	60	40	80
36	30	—	—	45	53	24	—	—	53	70	24	—	—	70	87	24	58	60	90	104	30	65	40	40	121	—	—	—	—

Число зубьев	Сменные колеса				Число зубьев	Сменные колеса				Число зубьев	Сменные колеса				Число зубьев	Сменные колеса				Число зубьев	Сменные колеса				Число зубьев	Сменные колеса			
	a_1	b_1	c_1	d_1		a_1	b_1	c_1	d_1		a_1	b_1	c_1	d_1		a_1	b_1	c_1	d_1		a_1	b_1	c_1	d_1		a_1	b_1	c_1	d_1
122	24	61	40	80	141	40	47	20	100	160	24	80	45	90	185	48	37	20	100	212	24	53	45	90	246	20	100	40	41
123	40	41	20	100	142	4	71	40	80	161	24	92	40	70	186	24	62	60	90	213	60	71	24	90	247	30	65	40	95
124	24	62	40	80	143	—	—	—	—	162	40	45	30	90	187	40	55	30	85	215	40	43	24	100	248	24	62	40	80
125	40	50	24	100	144	20	60	45	90	164	45	41	24	90	188	45	47	24	90	216	20	—	—	90	249	24	60	40	83
126	30	70	40	90	145	34	58	24	85	165	40	55	34	85	189	20	90	80	70	219	60	73	24	90	250	24	50	40	100
127	—	—	—	—	146	24	73	40	80	166	24	—	—	83	190	24	—	—	95	220	24	55	45	90	252	30	70	45	90
128	30	80	4	90	147	40	60	24	98	168	24	—	—	84	192	30	60	40	80	222	—	—	—	—	253	24	55	40	92
129	40	43	20	100	148	24	37	25	100	170	24	—	—	85	194	24	—	—	97	224	30	70	40	80	255	24	60	40	85
130	24	65	40	80	149	—	—	—	—	171	30	45	40	95	195	40	65	30	75	225	40	45	24	100	256	30	80	45	90
131	—	—	—	—	150	24	60	34	85	172	45	43	24	90	196	24	—	—	98	228	20	—	—	95	258	40	43	20	100
132	20	55	45	90	151	—	—	—	—	174	24	58	60	90	198	30	55	40	90	230	40	50	24	92	259	—	—	—	—
133	30	70	40	95	152	30	50	24	95	175	80	70	24	100	200	24	—	—	100	232	24	58	40	80	260	24	65	40	80
134	24	67	40	80	153	30	85	40	90	176	60	55	20	80	201	24	67	50	75	234	30	65	40	90	264	20	55	45	90
135	40	60	24	90	154	—	—	—	—	177	24	59	60	90	204	20	—	—	85	235	24	47	40	100	265	24	53	40	100
136	30	85	40	80	155	34	62	24	85	178	24	—	—	89	205	40	41	24	100	236	24	59	40	80	266	30	70	40	95
137	—	—	—	—	156	23	65	40	92	180	24	—	—	90	207	40	45	24	92	237	40	60	24	79	267	24	60	40	89
138	40	60	24	92	157	—	—	—	—	182	40	70	30	65	208	30	65	40	80	238	40	70	30	85	268	24	67	40	80
139	—	—	—	—	158	24	79	40	80	183	24	61	60	90	209	30	55	40	95	240	34	85	45	90					
140	24	70	40	80	159	24	53	30	90	184	24	—	—	92	210	—	—	—	—	244	24	61	40	80					

В производственных условиях более просто и с меньшей затратой времени сменные колеса подбирают по табл. 24, рассчитанной на зубофрезерование однозаходной фрезой. При работе двухзаходной фрезой сменные колеса необходимо выбирать по таблице для колеса с числом зубьев вдвое меньшем, чем нарезаемое колесо. Например, если требуется нарезать колесо с числом зубьев $z = 62$ двухзаходной фрезой, то по таблице находим сменные колеса для нарезанного колеса с 31 зубом: $a_1 = 40$, $b_1 = 50$, $c_1 = 60$, $d_1 = 62$.

Выбранные сменные колеса устанавливаются так, как показано на рис. 89, в, а затем проверяют правильность настройки путем включения цепи обкатывания. При этом фрезу подводят к заготовке до легкого соприкосновения. После поворота стола на один оборот на заготовке должно быть количество следов контакта с фрезой, равное количеству зубьев нарезаемого колеса.

Настройка гитары подач. Для настройки гитары подач определяют набор сменных колес по формуле (12) или по табл. 25 в соответствии с выбранной вертикальной подачей. Выбранные сменные колеса устанавливают на гитаре подач так, как показана

Таблица 25

Настройка гитары подач станка 5Д32

Подача, мм, на один оборот стола			Сменные зубчатые колеса $\frac{z}{m}$			
Вертикальная подача суппорта	Радиальная подача суппорта	Осевая подача фрезы	a_2	b_2	c_2	d_2
0,25	0,06	0,075	20	80	24	79
			20	79	23	75
0,5	0,12	0,150	20	75	45	80
			30	60	24	80
0,75	0,18	0,225	45	50	20	80
			24	40	30	80
1,0	0,24	0,30	20	40	30	50
			30	60	45	75
1,25	0,30	0,37	30	—	—	80
			35	70	60	80
1,5	0,36	0,450	35	50	45	70
			40	50	45	80
1,75	0,42	0,525	35	40	30	50
			35	60	45	50
2,0	0,48	0,60	30	—	—	50
			33	—	—	55
2,5	0,6	0,75	30	—	—	40
			60	40	35	70
3,0	0,72	0,9	60	40	30	50
			45	—	—	50

Вертикальные подачи при нарезании зубьев цилиндрических колес червячными модульными фрезами из стали Р18

Обрабатываемый материал	Мощность станка, <i>квт</i>	Подача s_B на один оборот детали, <i>мм/об</i> , при модуле нарезаемого колеса, <i>мм</i>				
		1,5	2,5	4	6	8
Черновое фрезерование						
Сталь 45 и сталь 40X	1,5—2,8 3—4	0,8—1,2 1,4—1,8	1,2—1,6 2,4—2,8	1,6—2,0 2,6—3,0	1,2—1,4 2,2—2,6	— 2,0—2,2
Для сталей 12ХН3 и 20X применять коэффициент 0,9	5—9	1,6—1,8	2,4—2,8	2,8—3,2	2,4—2,8	2,2—2,6
Чугун серый <i>НВ</i> 170—210	1,5—2,8 3—4 5—9	0,9—1,3 1,6—2,2 1,8—2,2	1,3—1,8 2,6—3,0 2,6—3,0	1,8—2,2 2,8—3,2 3,0—3,5	1,3—1,6 2,4—3,0 2,6—3,0	— 2,2—2,4 2,5—2,8

Чистовое фрезерование

Чистота обработанной поверхности	Подача s_B на один оборот детали, <i>мм/об</i> , при модуле нарезаемого колеса, <i>мм</i>		
	2—4	5—6	7—8
$\nabla 4—\nabla 5$ $\nabla 6$	1,4—1,6 0,85—1	1,3—1,6 0,7—0,85	1,2—1,5 0,65—0,80

Поправочные коэффициенты на подачу при фрезеровании цилиндрических колес с винтовым зубом

Угол наклона зуба, <i>град</i>	0	15	30	45	60
Поправочный коэффициент:					
а) при одинаковом наклоне зуба и фрезы	1,0	0,9	0,8	0,65	0,45
б) при неодинаковом наклоне зуба и фрезы	1,0	0,75	0,65	0,50	0,35

но на рис. 89, б. Величину вертикальной подачи выбирают по табл. 26 в зависимости от модуля нарезаемого колеса, обрабатываемого материала и требуемой чистоты поверхности.

Как уже указывалось выше, конструкция станка 5Д32 допускает нарезание зубьев цилиндрических колес как при встречном, так и при попутном фрезеровании. На рис. 90, а, б изображены схемы движения червячной фрезы при встречной и попутной подаче. При встречном фрезеровании (рис. 90, а) направление движения подачи червячной фрезы совпадает с направлением врезания зубьев инструмента в заготовку, а при попутном фрезеровании (рис. 90, б) направление движения подачи противоположно направлению врезания зубьев в заготовку. Попутное фрезерование дает более высокую чистоту обработанной поверхности и позволяет работать на повышенных скоростях резания.

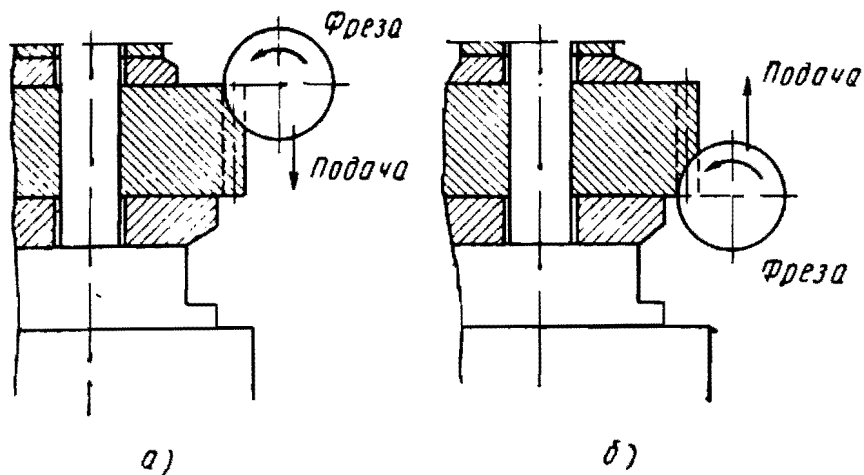


Рис. 90. Схемы движения червячной фрезы:
а — при встречном фрезеровании, б — при попутном фрезеровании

Установка глубины и высоты фрезерования. После закрепления фрезы в суппорте и поворота его на угол установка переходит к установке фрезы в исходное положение по отношению к обрабатываемой заготовке. Для этого необходимо опустить (или поднять) фрезерный суппорт с помощью электродвигателя быстрого хода так, чтобы фреза была подведена до уровня заготовки. Перед этим рабочая подача должна быть выключена поворотом рукоятки 19 (рис. 81) в положение «выключено», а затем нажимают кнопку 13 «вверх» или 14 «вниз». При перемещении суппорта вручную надевают рукоятку на квадрат 18, при этом вращение квадрата 18 по часовой стрелке дает подъем суппорта, а вращение против часовой стрелки — опускание.

Затем отпускают гайки, фиксирующие положение суппортной стойки, и выключают падающий червяк небольшим поворотом рукоятки 16 по часовой стрелке. После этого, надев рукоятку на квадрат 18, подводят суппортную стойку с фрезой к заготовке до легкого соприкосновения, что может быть обнаружено закусыванием папиросной бумаги, помещенной между фрезой и

заготовкой, или едва заметным царапанием поверхности заготовки. Затем фрезерный суппорт поднимают (при встречном фрезеровании) или опускают (при попутном фрезеровании) за пределы заготовки, а суппортную стойку дополнительно перемещают по направлению к центру заготовки. При обработке колеса с одного прохода суппортная стойка должна быть подвинута на полную глубину впадины (высоту зуба). Точный отсчет величины перемещения стойки ведут по лимбу, один оборот которого соответствует перемещению на 4 мм, а поворот на одно деление — 0,05 мм. Если фрезерование производится за несколько проходов, то суппортную стойку перемещают на глубину соответствующего прохода. Для автоматического выключения подачи вращения шпинделя станка по окончании нарезания колеса используют упор 9.

Пример. Нарезать на станке 5Д32 цилиндрическое прямозубое колесо: модуль колеса $m=2,5$, число зубьев колеса $z=63$, материал — чугун $HB-200$.

Для начала работы необходимо получить чертеж зубчатого колеса, заготовку, червячную фрезу соответствующего модуля и размера, оправку для фрезы с установочными кольцами и приспособление для закрепления заготовки.

Размер фрезы данного модуля и оправки выбираем по табл. 21. Для нарезания колес с модулем $m=2,5$ мм без повышенных требований к точности (для колес 8 и 9-й степени точности) берем однозаходную фрезу общего назначения диаметром 80 мм и оправку диаметром 32 мм.

При нарезании за один проход колеса из чугуна (по табл. 26) величину вертикальной подачи принимаем равной 1,5 мм/об.

По табл. 23 для чистового нарезания при принятой подаче определяем скорость резания $v=29$ м/мин, которая соответствует числу оборотов шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 29}{3,14 \cdot 80} = 115 \text{ об/мин.}$$

Выбрав режим резания (скорость резания, подачу и глубину резания), произведем настройку гитар скоростей, деления и подачи.

По графику (см. рис. 88) берем ближайшее большее число оборотов шпинделя 127 об/мин и сменные колеса гитары скоростей $\frac{A^*}{B} = \frac{32}{28}$, что будет соответствовать скорости резания $v=32$ м/мин.

Сменные колеса гитары деления определяем по формуле (11)

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{24 \cdot k}{63} = \frac{4 \cdot 6}{3 \cdot 21} = \frac{40}{30} \cdot \frac{60}{90};$$

$$a_1 = 40, \quad b_1 = 30, \quad c_1 = 60, \quad d_1 = 90.$$

Здесь приняты зубчатые колеса $l=36$ и $f=36$, число заходов фрезы $k=1$. То же самое получим по табл. 24.

Сменные колеса гитары подач определим по формуле (12)

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{3}{10} \cdot s_B = \frac{3}{10} \cdot 1,5 = \frac{3 \cdot 3}{10 \cdot 2} = \frac{9 \cdot 1}{10 \cdot 2} = \frac{45 \cdot 40}{50 \cdot 80} \text{ или } \frac{40 \cdot 45}{50 \cdot 80};$$

$$a_2=40; \quad b_2=50; \quad c_2=45; \quad d_2=80.$$

* На рис. 88 сменные зубчатые колеса обозначены $\frac{a_4}{b_4}$.

§ 5. НАЛАДКА СТАНКА 5Д32 ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС С ВИНТОВЫМИ ЗУБЬЯМИ

Для нарезания цилиндрических колес с винтовыми зубьями станок настраивается так же, как и для нарезания прямозубых колес. В этом случае добавляется только настройка гитары дифференциала. Сменные колеса гитары дифференциала определяют по формуле (10) или по табл. 27. В производственных условиях при выборе сменных колес гитары дифференциала обычно пользуются табл. 27 ввиду сложности подсчета по формуле (10).

Пример. Нарезать цилиндрическое колесо (без повышенных требований) с винтовыми зубьями: $m=2,25$ мм; $z=76$; $\alpha=24$; материал — бронза; колесо левое, фреза правая однозаходная, фрезерование попутное.

Нарезание колеса данного модуля без повышенных требований к точности следует вести за один проход. Так же как и при нарезании прямозубых колес, размер червячной фрезы выбираем по табл. 21, а скорость резания и подачу — по табл. 23 и 26.

Для нарезания колеса модулем 2,25 берем фрезу диаметром 70 мм с углом подъема витков $\beta=2^{\circ}02'$ и оправку диаметром 27 мм.

При нарезании за один проход колеса из бронзы по табл. 26 подачу принимаем равной: $s_B = 1,75$ мм/об, а скорость резания по табл. 23 принимаем $v=42$ м/мин.

Для гитары скоростей по графику (см. рис. 88) находим для $v=42$ м/мин и $d=70$ мм число оборотов шпинделя 192 и сменные колеса $\frac{A^*}{B} = \frac{38}{22}$.

Для гитары подач по табл. 25 находим сменные колеса.

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{35}{40} \cdot \frac{30}{50};$$

$$a_2=35; b_2=40; c_2=30; d_2=50.$$

Для гитары деления по табл. 24 находим сменные колеса: $a_1=30$, $d_1=95$.

Для гитары дифференциала по табл. 27 находим сменные колеса $a_3=58$, $b_3=70$, $c_3=75$, $d_3=48$.

Угол поворота фрезы (фрезерного суппорта) будет:

$$\alpha + \beta = 24^{\circ} + 2^{\circ}02' = 26^{\circ}02'.$$

В настоящем учебнике не рассматриваются специальные случаи настройки зубофрезерных станков для выполнения редко встречающихся в практике случаев обработки, к которым относятся:

1. Настройка гитар деления и подач для нарезания цилиндрических колес с винтовыми зубьями на зубофрезерных станках без дифференциала, например на станке 534 с горизонтальным перемещением суппорта.

2. Настройка гитар деления и дифференциала при нарезании прямозубых цилиндрических колес с числом зубьев, равным простому числу, например 101, 103, 107, 113 и т. д.

* На рис. 88 сменные зубчатые колеса обозначены $\frac{a_4}{b_4}$.

Таблица настройки гитары дифференциала на станке 5Д32

β°	Модуль нормальный																		β°															
	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,50	3,75	4	4,5	5	5,5	6																	
5	43	62	41	58	30	62	33	70	24	43	20	24	43	43	33	45	30	45	33	20	43	33	65	37	25	23	45	43	20	25	30	20	47	
	62	58	79	53	71	58	89	57	85	31	90	62	60	58	97	73	80	71	98	68	70	50	58	50	100	79	85	62	100	70	85	83	98	
6	43	50	30	62	30	61	61	30	43	41	40	55	50	37	25	53	33	34	41	25	34	37	23	50	23	50	34	30	25	37	45	20	43	20
	47	55	65	43	60	55	55	70	53	80	70	85	67	83	60	73	57	71	45	89	67	79	61	85	70	79	62	89	67	83	70	85	62	100
7	40	60	55	37	40	70	47	50	30	70	34	62	61	30	58	33	30	58	25	50	23	61	80	35	23	25	30	40	20	41	24	40	20	
	55	45	43	61	61	71	53	80	71	61	67	73	53	89	59	92	65	83	59	71	83	53	89	40	83	58	60	55	75	62	90	55	90	
8	62	73	58	33	41	67	45	41	40	45	45	35	30	65	58	34	20	60	50	37	25	33	47	58	20	20	40	55	25	47	30	30	37	
	61	67	45	48	60	62	53	55	65	50	40	80	62	71	59	83	65	50	61	89	79	59	89	59	71	65	50	73	85	70	100	62	97	
9	75	65	55	43	50	30	65	40	50	59	30	71	50	47	40	47	61	20	43	37	65	20	33	58	59	25	40	35	52	23	43	24	61	20
	50	47	25	95	60	83	43	85	60	79	70	55	59	80	62	67	30	98	62	67	43	85	73	79	60	79	55	92	59	83	57	80	60	98
10	40	57	35	70	53	73	47	73	45	35	47	62	40	53	59	41	57	20	53	43	55	35	30	65	57	20	47	25	20	59	24	37	30	37
	50	33	60	41	60	70	55	79	40	57	65	73	65	59	58	83	33	75	67	80	65	75	79	67	55	60	43	89	61	70	57	62	61	79
11	67	47	58	67	53	34	47	60	59	62	55	37	33	53	45	60	40	53	45	30	34	40	25	60	55	37	45	30	34	43	53	25	62	20
	34	61	59	80	20	89	50	65	61	79	45	67	60	48	73	67	59	71	34	85	57	55	65	57	67	80	50	80	58	83	60	80	50	98
12	65	35	55	71	45	40	65	40	35	65	25	61	30	55	35	65	35	60	35	30	65	60	25	33	50	24	62	58	33	33	43	30	53	
	25	55	60	59	34	48	50	55	55	50	34	35	79	40	80	55	75	55	75	75	55	40	85	57	70	71	57	65	89	53	89	73	79	
13	48	80	45	70	41	70	47	58	48	40	40	53	50	67	40	59	41	35	40	58	53	25	65	20	53	25	40	30	53	33	33	30	25	53
	65	33	55	40	65	37	65	41	33	65	41	65	65	71	55	65	37	65	62	67	35	73	34	79	40	73	35	85	61	79	50	60	60	73
14	55	70	55	35	55	70	55	55	35	43	58	67	30	35	45	45	40	35	55	35	55	35	55	55	34	55	35	60	30	41	45	43	75	
	50	40	25	50	50	60	50	40	50	53	55	45	58	50	33	85	50	65	50	70	70	50	75	58	67	50	90	55	85	62	85	71	83	

Модуль нормальный

β°	Модуль нормальный																		β°
	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,50	3,75	4	4,5	5	5,5	6		
15	59 83	59 71	34 20	41 58	45 73	65	40 62	45 65	45 65	5	37 65	53 43	53 40	30 65	62 25	23 60	60 30	15	
	58 41	62 41	55 90	47 43	58 55	71	70 43	71 55	71 60	71	61 67	50 83	58 71	71 60	53 71	67 55	57 92		
16	47 70	79	47 70	60 47	47 70	45 65	62 30	41 79	65 45	37 55	30 61	58 47	34	65 30	25 50	35 47	20 53	16	
	50 30	45	50 45	30 75	60 50	50 60	40 53	70 58	50 80	67 45	73 40	59 79	62	50 80	60 45	55 75	58 50		
17	70	58 57	70 41	45 65	62 50	65 35	65 30	55	30 61	45 35	59 40	55 37	33 55	65 35	33 55	30 55	40 33	17	
	30	37 48	37 50	55 40	41 65	40 55	33 55	65	59 40	40 55	50 71	41 80	65 48	55 80	60 65	60 65	37 92		
18	65 70	60 70	60 50	55 53	47 73	47	45 40	57 40	43 65	70 37	47 45	61 43	40 58	47 35	40 45	34 53	26	18	
	37 50	61 35	30 61	34 61	62 45	43	30 61	30 85	55 62	58 59	43 70	50 80	61 62	43 70	61 60	62 65	61		
19	61 79	57 60	57	60 57	57 45	57 40	57 45	30 57	30 57	30 57	57 30	57 30	57 30	40 58	48 40	65 30	34 55	19	
	62 30	33 50	33	33 70	33 60	33 60	33 75	55 33	60 33	65 33	33 70	33 75	33 80	65 62	57 65	45 92	61 71		
20	50 83	61 70	70 35	70	53 57	33 55	60 45	55 62	33 62	47 62	35	60 43	67 43	33 55	43	50 43	30 65	20	
	61 25	53 37	30 45	45	37 60	50 30	40 62	53 65	55 41	58 60	45	45 79	58 73	50 60	79	55 79	70 60		
21	55 70	67 79	59 70	58 59	55 70	61 40	40 65	40 70	62 23	40 50	40 55	60 55	35 55	45	55 35	61 34	55 35	21	
	45 30	40 58	41 53	30 70	60 45	35 55	53 43	60 45	20 75	53 43	45 60	62 70	45 60	71	45 75	50 80	45 90		
22	65 47	53 45	70 23	57 33	47 65	53	47 60	53 45	45 55	47 68	58 47	60 53	61 33	53 30	33 62	30 62	45 53	22	
	25 41	25 40	40 80	23 48	50 41	40	55 43	40 55	47 53	53 58	40 80	50 80	37 73	40 60	47 73	47 73	80 80		
23	45 57	62 60	60 57	48 73	45 57	60 57	60 65	60 47	58 51	50 60	65 41	48 57	48 24	37 65	60 34	40 67	40 48	23	
	33 25	23 65	33 50	58 34	50 33	33 75	55 57	43 58	37 62	55 57	40 75	55 60	30 57	58 60	41 80	79 60	65 57		
24	47 73	58 75	58 40	53 70	65 59	47 71	58 75	70 47	43 70	47 50	43 60	43 50	43 70	34 55	67 43	37 65	35 47	24	
	53 20	48 35	25 43	59 34	30 79	58 40	70 48	43 65	62 45	59 40	45 62	53 47	60 62	65 40	50 89	67 61	50 61		
25	65 70	65 60	62 34	65 55	60 37	58 67	55 45	50 61	55 53	55 35	55 65	61 43	53 58	60 45	61 33	61 30	65 35	25	
	33 41	25 58	20 47	30 62	24 55	40 65	23 80	43 58	40 65	30 62	60 62	45 65	47 55	41 70	41 73	41 73	45 90		

β^0	Модуль нормальный																		β^0
	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,50	3,75	4	4,5	5	5,5	6		
26	67 79	60 50	50 70	58 55	50 60	53 79	60	60 37	53 70	50 60	43 70	40	45 50	62 55	55 34	43 59	50 40	26	
	41 37	25 43	53 35	20 80	43 40	60 45	43	25 70	58 55	65 43	60 50	43	43 60	63 83	20 67	50 80	43 80		
27	65 50	58 75	45 80	50 83	58 83	60 57	45 79	62 53	50 60	53 73	60 55	61 40	53 58	30 65	37 70	43 67	59 55	27	
	20 45	43 35	65 23	67 30	65 41	30 71	60 41	41 61	47 53	60 58	43 71	40 65	50 65	58 40	58 59	59 71	62 83		
28	62 85	57 73	57 43	79	65 50	58 71	60 65	65 58	50 65	58 55	43 70	40 65	45 55	47 53	47 62	59 43	33	28	
	30 47	58 24	24 41	37	30 58	62 41	58 45	37 75	58 45	37 75	60 47	45 58	50 53	50 60	60 65	45 83	53		
29	60 45	57 65	60 75	48 73	50 80	60	60 45	45 60	45	45 60	50 45	45 40	60 45	30	30 45	45 30	30 60	29	
	20 35	40 30	50 35	53 30	61 34	35	25 70	55 35	35	65 35	35 70	35 70	40 70	35	50 35	35 55	57 48		
30	62 58	58 45	48 62	57 45	65 71	50 58	55 61	58 60	50 65	70 55	55 62	40 65	50 58	60 35	37 60	45 70	45 53	30	
	24 37	20 41	34 33	24 47	40 58	40 41	62 34	65 37	70 35	37 85	50 60	70 35	53 55	25 95	62 45	65 67	58 62		
35	70 75	70 48	70	60	47 85	47 79	70 48	60 65	55 65	47 70	65 47	41 57	55 71	41 50	50 60	34 41	50 30	35	
	50 23	23 40	28	23	70 25	61 30	23 80	50 47	47 50	71 33	33 71	48 40	58 59	43 47	53 62	48 40	34 58		
40	70 75	70 60	70 50	60 50	57 70	65 58	55 61	60 62	59 62	58 45	57 50	35 53	57 35	55 58	59 62	40	40 65	40	
	37 24	24 37	24 37	24 37	65 24	35 41	40 41	50 40	65 33	35 41	30 65	40 34	24 65	40 70	56 65	43	61 50		
45	71 65	60 75	65 73	60 45	65 50	50 60	67 73	57 70	59 67	50 80	57 55	71 65	40 80	47 60	70 41	57 35	45 47	45	
	20 41	50 20	55 23	24 35	35 35	40 30	53 41	65 30	62 34	70 33	30 65	41 75	65 35	55 41	34 75	30 65	41 55		
50	65 75	65 60	62 58	60 47	70 75	48 57	70 57	60 65	70 41	60 45	60 55	40 60	55 50	55 45	55 45	50 45	40 80	50	
	40 20	20 40	20 43	24 43	25 37	34 33	30 60	48 40	34 45	25 62	35 58	35 58	45 34	35 58	35 58	35 58	70 45		
55	61 59	60 70	60 80	65 47	61 59	65 41	57 70	62 65	57 43	62 55	65 46	57 43	40 55	65 41	57 55	55 50	57 43	55	
	23 24	35 23	48 23	20 41	43 48	43 40	45 34	34 50	24 47	34 50	40 41	30 47	45 30	23 80	37 65	40 58	48 47		
60	65 70	65 70	62 80	70 45	65 70	60 48	65 70	62 57	62 40	60 41	70 45	65 41	48 70	65 41	37 57	55 41	62 57	60	
	33 20	33 25	45 24	40 40	33 40	20 47	33 50	30 47	24 45	20 58	20 80	25 58	65 30	30 58	45 34	40 45	47 60		

§ 6. НАЛАДКА СТАНКА 5Д32 ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ЧЕРВЯЧНЫХ КОЛЕС

На зубофрезерных станках червячные колеса нарезают обычно червячными фрезами, а иногда и летучим резцом. Нарезание червячных колес ведется как методом радиальной подачи, так и методом тангенциальной подачи. При обоих методах нарезания колеса режимы резания определяют по табл. 28, исходя из модуля и материала нарезаемого колеса.

Таблица 28

Режимы резания для обработки червячных колес

Материал: серый чугун *HV* 180—200, бронза *HV*—120.
Фрезы червячные из стали Р18.

Модуль, <i>мм</i>	Скорости резания и подачи			
	Диаметр фрезы для червячных колес $d_{\text{ф}}$, <i>мм</i>	Радиальная подача $s_{\text{р}}$, <i>мм/об</i>	Осевая подача $s_{\text{ос}}$, <i>мм/об</i>	Скорость резания v , <i>м/мин</i>
3	70	0,6	1,4	26,4
4	80	0,55	1,3	24,5
5	90	0,50	1,2	23
6	125	0,50	1,2	23
8	145	0,45	1,1	22,5

Поправочные коэффициенты на скорость резания
в зависимости от материала

Материал	Серый чугун				Бронза			
	140—160	160—180	180—200	200—220	80	100	120	140
Твердость <i>HV</i>	140—160	160—180	180—200	200—220	80	100	120	140
Коэффициент	1,25	1,12	1,0	0,9	1,2	1,1	1,0	0,9

Настройка гитары скоростей и гитары деления производится так же, как при нарезании цилиндрических колес с прямыми зубьями.

Рассмотрим особенности наладки станка для каждого из указанных методов нарезания червячных колес.

Метод радиальной подачи. Нарезание колеса с выбранной по табл. 28 радиальной подачей обеспечивается настройкой гитары подач, сменные колеса которой определяют по формуле (13) или по табл. 25.

Устанавливают заготовку и фрезу так же, как и при обработке цилиндрических прямозубых и косозубых колес, с теми же требованиями на биение, но с той разницей, что червячную фре-

зу, имеющую модуль, угол подъема и начальный диаметр такие же, как и червяк, с которым будет работать нарезаемое колесо, устанавливают горизонтально. Для этой цели необходимо, чтобы нули на лимбе (указателе) фрезерного суппорта точно совпали. Для получения симметричных зубьев необходимо, чтобы ось червячной фрезы и середина толщины нарезаемого колеса находились точно в одной плоскости. Такая установка может быть получена с достаточной точностью при помощи приспособления, показанного на рис. 91, и обыкновенного рейсмуса. Для установки вначале следует провести на заготовке

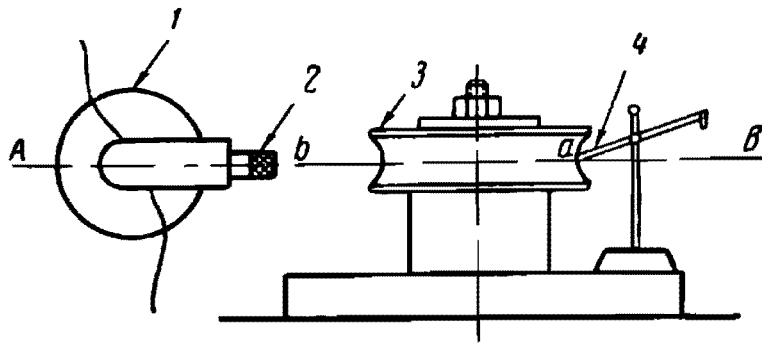


Рис. 91. Установка червячной фрезы при нарезании червячного колеса

контрольную риску, соответствующую середине ее толщины. Заготовку 3 устанавливают на столе станка; на фрезерном суппорте устанавливают приспособление, представляющее собой кронштейн с установочным центром 2, ось которого совпадает с осью фрезы 1. Затем на столе станка устанавливается рейсмус, острие чертилки у которого устанавливается на уровне контрольной риски (точка *a*). Теперь следует, передвигая фрезерные салазки по вертикальным направляющим, добиться совпадения центра 2 с острием чертилки 4 рейсмуса. Когда это будет достигнуто, ось червячной фрезы 1 и середина толщины заготовки 3 будут точно находиться в одной плоскости (*AB*). Затем необходимо закрепить фрезерные салазки, снять приспособление с фрезерного суппорта и, подавая заготовку на фрезу (вручную), установить их «на касание».

При нарезании первого червячного колеса устанавливают требуемую глубину нарезания. Для этой цели в чертеже червячного колеса всегда указывается межцентровое расстояние данной червячной передачи. Нарезая первое червячное колесо, подачу стола производят до тех пор, пока не будет достигнуто заданное межцентровое расстояние. Для отсчета межцентрового расстояния на призме станины имеется миллиметровая шкала, а на салазках стола нониус. После нарезания первого колеса устанавливают упор для автоматического выключения подачи (с помощью падающего червяка) по

достижении требуемой глубины фрезерования (рис. 92), при этом для колес большого диаметра упор устанавливают перед стойкой, а для колес средних и малых диаметров — позади стойки.

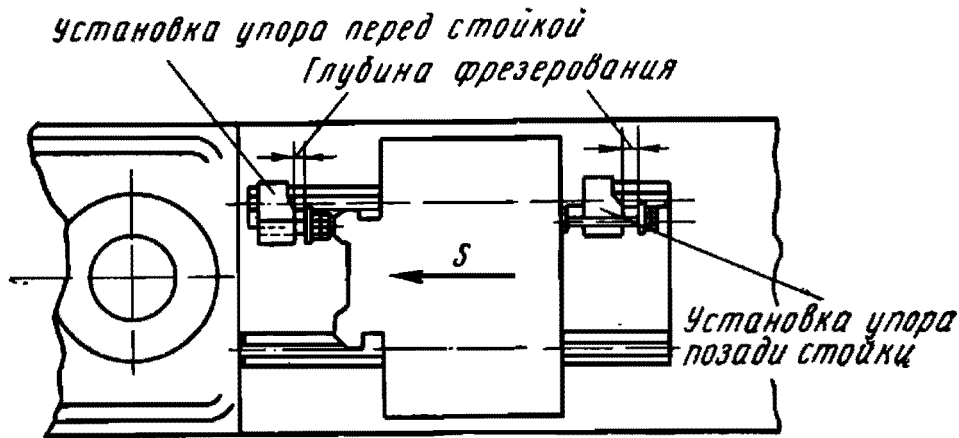


Рис. 92. Схема установки упоров при радиальной подаче на станке 5Д32

Метод радиальной подачи обеспечивает более высокую производительность, но меньшую точность по сравнению с методом тангенциальной подачи. Особенно понижается точность обработки при нарезании этим методом колес, сопрягаемых с многозаходными червяками.

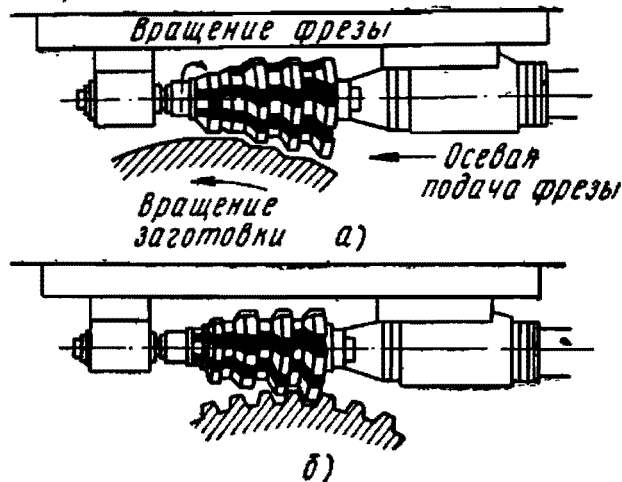


Рис. 93. Нарезание червячного колеса при осевой подаче конической червячной фрезы

Метод тангенциальной подачи. При нарезании червячных колес методом тангенциальной подачи со станка снимают нормальный суппорт и на его место устанавливают специальный фрезерный суппорт. Применяемую в этом случае коническую червячную фрезу устанавливают на поворотной части специального суппорта в нулевое положение, т. е. ось фрезы располагается горизонтально. Фрезу устанавливают сбоку от нарезаемого колеса на межцентровое расстояние (рис. 93, а)

и в процессе обработки медленно подают вдоль своей оси по направлению к заготовке; при этом фреза и заготовка находятся в принудительном, согласованном вращении. Осевая подача фрезы относительно заготовки вызывает необходимость сообщения заготовке дополнительного (помимо основного) вращения. Дополнительное вращение должно быть подобрано таким, чтобы при осевой подаче фрезы на величину шага зубьев заготовка дополнительно сделала $\frac{1}{z}$ оборота, где z — число зубьев нарезаемого колеса. Если это условие не будет соблюдено, то зубья будут срезаны и колесо пойдет в брак. Когда примерно два полных витка фрезы пройдут середину нарезаемого колеса, последняя может считаться нарезанной (рис. 93, б).

При настройке станка вертикальная подача фрезерных салазок (фрезы) и продольная подача стола должны быть выключены. Гитару скоростей и гитару деления настраивают так же, как и при нарезании цилиндрических прямозубых и косозубых колес. Сменные колеса гитары подач определяют по формуле (14) и по табл. 25. Дополнительное вращение заготовки, связанное с перемещением фрезы вдоль своей оси, обеспечивается с помощью гитары дифференциала. Сменные колеса гитары дифференциала определяют по формуле

$$\frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3} = \frac{2,387324}{m_{oc} \cdot k}, \quad (15)$$

где m_{oc} — осевой модуль нарезаемого червячного колеса;
 k — число заходов червячной фрезы.

По сравнению с методом радиальной подачи метод тангенциальной подачи обеспечивает бóльшую точность нарезаемого колеса. Однако он имеет следующие недостатки:

- 1) меньшую производительность по сравнению с методом радиальной подачи фрезы;
- 2) необходимость использования специального фрезерного суппорта;
- 3) более сложную настройку зубофрезерного станка по сравнению с настройкой станка при фрезеровании методом радиальной подачи.

В единичном производстве иногда нарезают колеса по методу тангенциальной подачи «летучим» резцом. «Летучий» резец (рис. 94) имеет профиль и размеры такие же, как отдельный зуб червячной фрезы. Наружный диаметр резца на 0,4 мм больше наружного диаметра червяка, а оправка на 3—4 мм меньше внутреннего диаметра червяка. При относительно невысокой стоимости резца можно получить точность червячного колеса не ниже, чем при зубонарезании червячной фрезой. Настройка станка такая же, как и при работе фрезой с тангенциальной подачей.

Нарезание «летучим» резцом имеет низкую производительность и применяется в тех случаях, когда экономически нецелесообразно изготовлять дорогостоящую червячную фрезу для нарезания одного или нескольких колес.

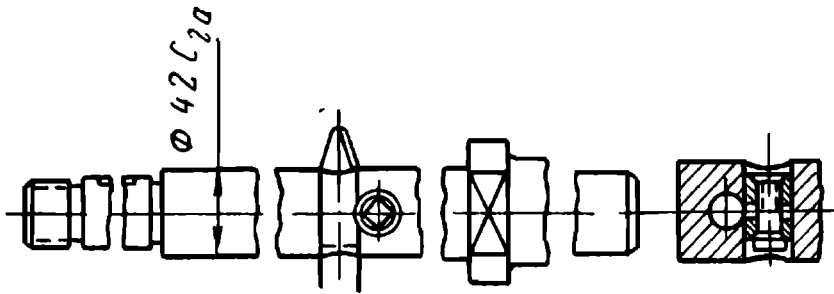


Рис. 94. «Летучий» резец с оправкой для нарезания червячных колес

Пример. Нарезать червячное колесо: модуль колеса $m=4$ мм, число зубьев $z=42$, число заходов сопряженного червяка 1, материал — бронза.

При однозаходном червяке нарезание можно производить методом радиальной подачи.

Скорость резания по табл. 28 принимаем $v=24,5$ м/мин, а подачу $s=0,42$ мм/об. Червячная фреза однозаходная диаметром 52,8 мм (согласно чертежу).

Устанавливаем, выверяем и закрепляем заготовку на станке, затем устанавливаем, выверяем и закрепляем фрезу и устанавливаем фрезерный суппорт на нуль, чтобы ось фрезы была расположена горизонтально. Затем опускаем (или поднимаем) фрезерный суппорт до совпадения геометрической оси фрезы с главной плоскостью червячного колеса. Для принятой скорости резания при данном диаметре фрезы требуется сообщить шпинделю станка число оборотов:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 24,5}{3,14 \cdot 52,8} = 148 \text{ об/мин.}$$

По графику (см. рис. 88) принимаем ближайшее большее число оборотов шпинделя $n=155$ об/мин, которое обеспечивается установкой на гитару скоростей сменных колес

$$\frac{A^*}{B} = \frac{36}{23}.$$

Сменные колеса гитары подач определяем по формуле (13)

$$\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{5}{4} \cdot s = \frac{5}{4} \cdot 0,42 = \frac{2,1}{4} = \frac{21}{40} = \frac{7 \cdot 3}{8 \cdot 5} = \frac{35}{40} \cdot \frac{30}{50};$$

$$a_2=35, b_2=40, c_2=30, d_2=50.$$

То же самое получим по табл. 25.

Сменные колеса гитары деления определяем по формуле (11)

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{24 \cdot k}{z} = \frac{24 \cdot 1}{42} = \frac{3 \cdot 8}{3 \cdot 14} = \frac{40}{70};$$

$$a_1 = 40; d_1 = 70.$$

То же самое получим по табл. 24.

* На рис. 88 сменные зубчатые колеса обозначены $\frac{a_4}{b_4}$.

Технические характеристики наиболее распространенных моделей зубофрезерных станков

Параметры	Модели станков									
	530	530А	5А308	5А301	5310	5320	5324	5Д32	5А326	5328
Наибольший модуль нарезаемого колеса, <i>мм</i>	1,0	0,75	1,0	1,5	3	5	5	6	10	10
Наибольший диаметр нарезаемого колеса, <i>мм</i> : прямозубого	50	25	80	125	200	320	350	500	750	750
косозубого	—	—	—	60	70	100	100	190	—	250
Наибольшая ширина нарезаемого колеса, <i>мм</i>	40	40	100	80	200	235	250	275	300	500
Наибольший диаметр фрезы, <i>мм</i>	30	30	30	45	80	90	120	120	200	220
Пределы чисел оборо- тов шпинделя, мин. . .	333—1930	333—1930	333—1930	93—526	63—318	50—250	50—250	47,5—192	37—156	32—130
Пределы подач: вертикальной	—	—	—	0,2—2	0,25—4	0,25—3	0,5—4	0,5—3	1—4	0,5—5
радиальной	—	—	—	0,1—0,37	0,1—1	0,05—1	0,5—1	0,1—1	—	0,1—1
осевой (тангенци- альной)	0,1—1,45	0,1—1,45	0,1—1,45	—	0,15—1,5	0,15—1,5	0,15—1,5	0,25—1	—	0,2—1,5
Мощность главного электродвигателя, <i>квт</i>	0,5	0,5	0,5	0,6	1,7	1,7	2,8	2,8	7	10

Цель дифференциала при нарезании червячных колес методом радиальной подачи должна быть выключена. Полная глубина фрезерования $h = 2,25m = 2,25 \cdot 4 = 9,0$ мм. Жесткий упор для автоматического выключения устанавливают на расстоянии 9 мм от исходного положения суппортной стойки, подведенной до касания фрезы с заготовкой.

§ 7. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ЗУБОФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Наиболее широкое применение в промышленности имеют зубофрезерные станки 530, 530А, 5А308, 5А301, 5320, 5324, 5Д32, 5А326, 5328, обеспечивающие нарезание зубчатых колес модулем от 0,05 до 10 мм и диаметром от 2 до 750 мм. В табл. 29 приведены технические характеристики этих станков.

Для дальнейшего увеличения производительности зубофрезерные станки постоянно совершенствуют (модернизируют). Так, например, в результате модернизации станка 5Д32 созданы и начинают выпускаться заводом «Комсомолец» станки 5Е32 и 5К324, имеющие более высокую степень механизации вспомогательных операций, повышенные пределы чисел оборотов фрезы и подач, повышенную мощность и жесткость. В результате такого усовершенствования станок 5К324 по сравнению со станком 5Д32 производительнее на 70—80%. В табл. 30 приведено сопоставление технических характеристик станков 5Д32, 5Е32 и 5К324.

Таблица 30

Сопоставление технических характеристик зубофрезерных станков 5Д32, 5Е32 и 5К324

Параметры	Модели станков		
	5Д32	5Е32	5К324
Наибольший модуль нарезаемого колеса, мм	6	8	8
Наибольший диаметр нарезаемого колеса, мм	500	500	500
Пределы чисел оборотов фрезы, мин	47,5—192	50—250	63—310
Пределы подач, мм, на один оборот изделия:			
продольных	0,25—3	0,5—5	0,8—5
радиальных	0,06—0,72	0,2—1,2	0,35—2,2
осевых (тангенциальных)	0,075—0,8	0,24—1,5	0,25—1,6
Наибольший диаметр фрезы, мм	120	150	180
Наибольшее осевое перемещение фрезы, мм	0	80	100
Мощность главного электродвигателя, квт	2,8	4,5	7,0

Модели станков 5310, 5120, 5324, 5А301, 5А326 имеют неподвижную колонку и перемещающийся стол, а станки моделей 5Д32 и 5328 — перемещающуюся стойку и неподвижный стол. На станках предусмотрена возможность нарезания зубчатых колес с попутной и встречной подачами. Станки моделей 530, 530А и 5А308 предназначены для нарезания цилиндрических колес и трибок. Станки модели 530А загружаются автоматически с помощью загрузочного устройства.

Б. Нарезание зубчатых колес на зубодолбежных станках

На зубодолбежных станках нарезают цилиндрические колеса наружного и внутреннего зацепления с прямыми и винтовыми зубьями, блоки зубчатых колес, колеса с буртами, зубчатые секторы, шлицевые валики, зубчатые рейки, храповики и т. д. (рис. 95). Таким образом, на зубодолбежных станках можно выполнять почти все работы, которые производятся на зубофрезерных станках, кроме нарезания червячных колес. Эти станки незаменимы при нарезании блоков зубчатых колес, а также зубчатых колес с внутренним зацеплением. На большей части зубодолбежных станков нарезают колеса методом обкатки; на некоторых станках можно нарезать колеса методом копирования.

Так же как и зубофрезерные, зубодолбежные станки по расположению шпинделя подразделяются на вертикальные и горизонтальные. Наибольшее применение в промышленности имеют вертикальные зубодолбежные станки.

На рис. 96 приведена принципиальная схема вертикального зубодолбежного станка. Режущим инструментом в зубодолбежных станках является долбяк, которому сообщается возвратнопоступательное движение, параллельное оси заготовки. Долбяк режет металл, когда перемещается вниз (главное рабочее движение — v_p), при обратном движении долбяка резание не совершается (холостой ход — v_x).

Для осуществления движения подачи необходимо, вращая долбяк, обкатывать его по неподвижному нарезаемому колесу, или, наоборот, вращая нарезаемое колесо, обкатывать его по долбяку. И в первом и во втором случае кинематика и конструкция станка получились бы сложными. Чтобы упростить их, движение подачи осуществляют, сообщая вращательное движение и долбяку и нарезаемому колесу в направлении стрелок v_1 и v_2 , вращая их так, как бы вращались, будучи в зацеплении, два зубчатых колеса. Для взаимного вращения долбяк и заготовку соединяют жесткой кинематической цепью со сменными

колесами. При долблении зубьев колес с наружным зацеплением направление вращения долбяка противоположно направлению вращения заготовки (как это показано на схеме), а при долблении колес с внутренним зацеплением направление их

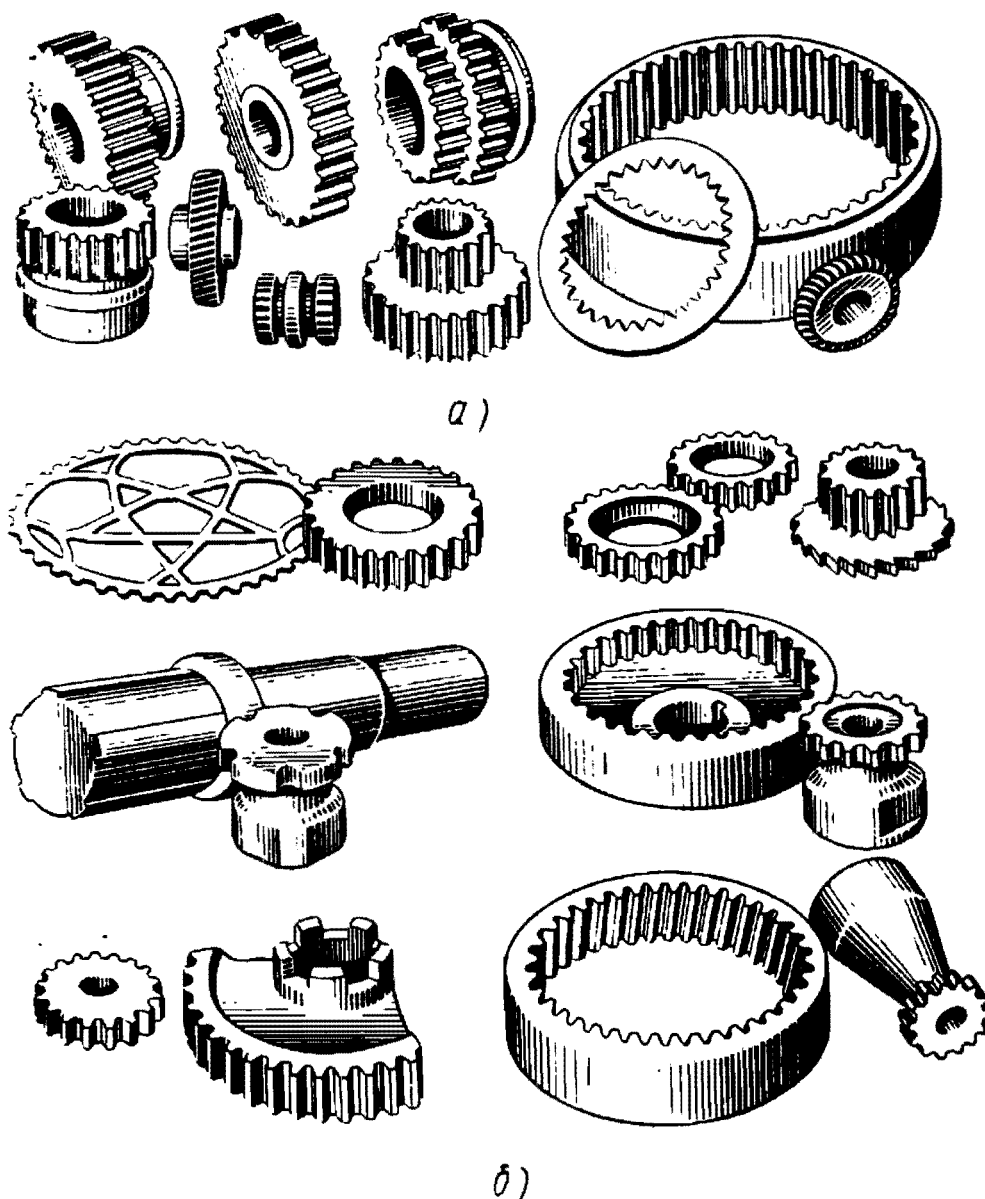


Рис. 95. Изделия, изготовляемые на зубодолбежных станках:
 а — зубчатые колеса, б — детали и режущие инструменты

вращения совпадает. Поэтому в кинематическую цепь, связывающую движение долбяка и заготовки, включают реверсивные устройства.

Во время обратного холостого хода долбяка вращение и его и заготовки продолжается. Поэтому слои металла, подлежащие срезанию, будут накатываться на зубья долбяка. Если не принять мер, то при малых подачах это может вызвать заклинивание долбяка и заготовки и возникновение большой силы трения.

действующей на задние грани зубьев долбяка и изнашивающей их, а при больших подачах — заклинивание и поломку зубьев долбяка. Чтобы избежать этого в момент, когда долбяк движется вверх, заготовка отодвигается от долбяка в направлении стрелки v_3 . К началу резания при ходе долбяка вниз долбяк и заготовка сближаются.

Для начала процесса зубодолбления необходимо еще одно движение. Дело в том, что долбяк невозможно установить по отношению к заготовке так,

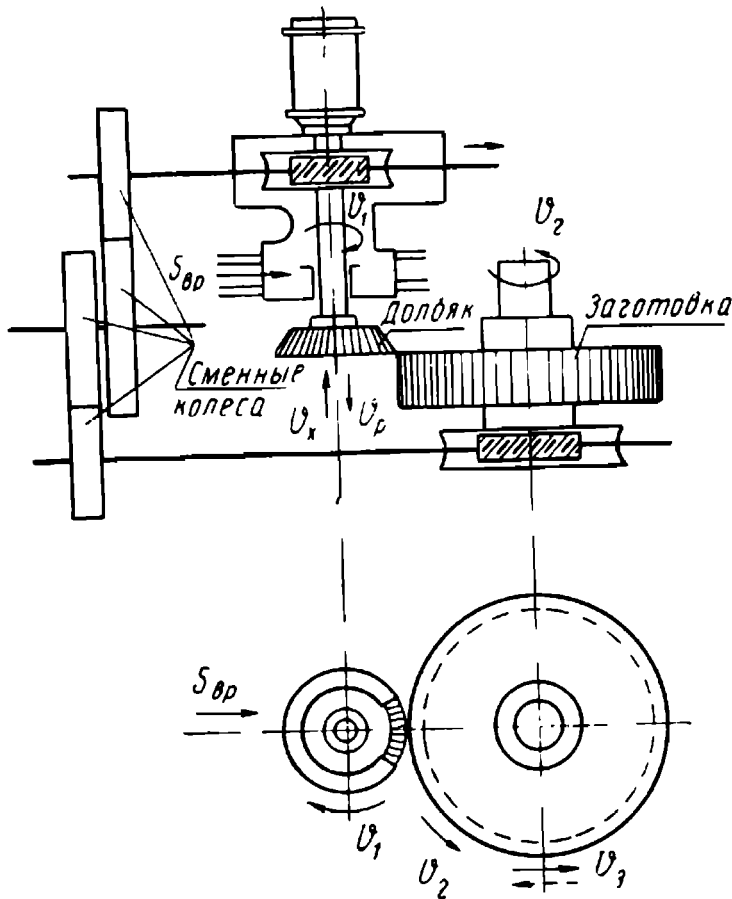


Рис. 96. Принципиальная схема зубодолбежного станка

чтобы он сразу нарезал зуб полной высоты: долбяк должен постепенно врезаться в заготовку до полной высоты зуба. Поэтому в начале процесса зубодолбления долбяку сообщают также медленное поступательное движение по направлению стрелки $S_{вр}$ (радиальная подача). После врезания долбяка на полную глубину это движение прекращается.

Таким образом, механизмы зубодолбежного станка имеют следующие основные движения:

- а) главное движение резания (возвратно-поступательное) в вертикальном направлении;
- б) движение круговой подачи (вращение заготовки соответственно вращению долбяка);
- в) движение врезания долбяка на глубину зуба (радиальная подача);
- г) возвратно-поступательное движение стола (отвод стола с заготовкой от долбяка).

Для осуществления этих движений в требуемой зависимости зубодолбежный станок имеет следующие кинематические цепи:

- а) скоростную цепь с гитарой скоростей, устанавливающую заданное число двойных ходов долбяка в минуту;
- б) цепь деления с гитарой деления, обеспечивающую согласованное вращение долбяка и заготовки;
- в) цепь круговых подач с гитарой круговых подач, устанавливающую заданную подачу.

ливающую длину дуги начальной окружности долбяка, на которую повернется его зуб за один двойной ход — $s_{кр}$ мм/дв. ход;
г) цепь радиальной подачи на глубину врезания;
д) цепь отвода стола с заготовкой во время холостого хода долбяка.

Рассмотрим устройство, принцип работы, кинематическую схему и методику (порядок) наладки зубодолбежного станка 5A12, получившего наибольшее распространение в промышленности.

§ 8. ЗУБОДОЛБЕЖНЫЙ ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СТАНОК 5A12

На зубодолбежном станке 5A12 можно нарезать колеса с наибольшим модулем, равным 4 мм, диаметром до 210 мм и шириной до 50 мм.

На рис. 97 показан общий вид этого станка. Нижняя часть 1 станины является основанием и имеет коробчатую форму. Эта

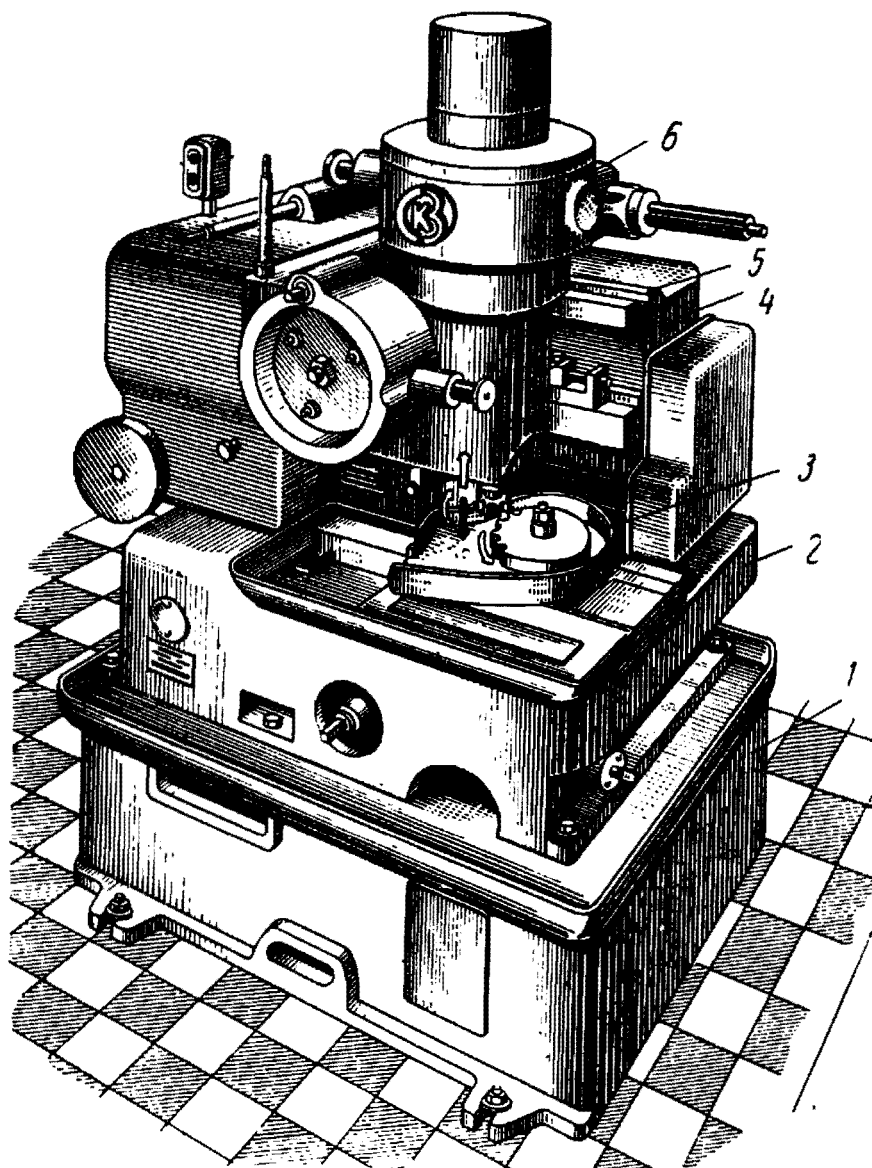


Рис. 97. Общий вид зубодолбежного станка 5A12

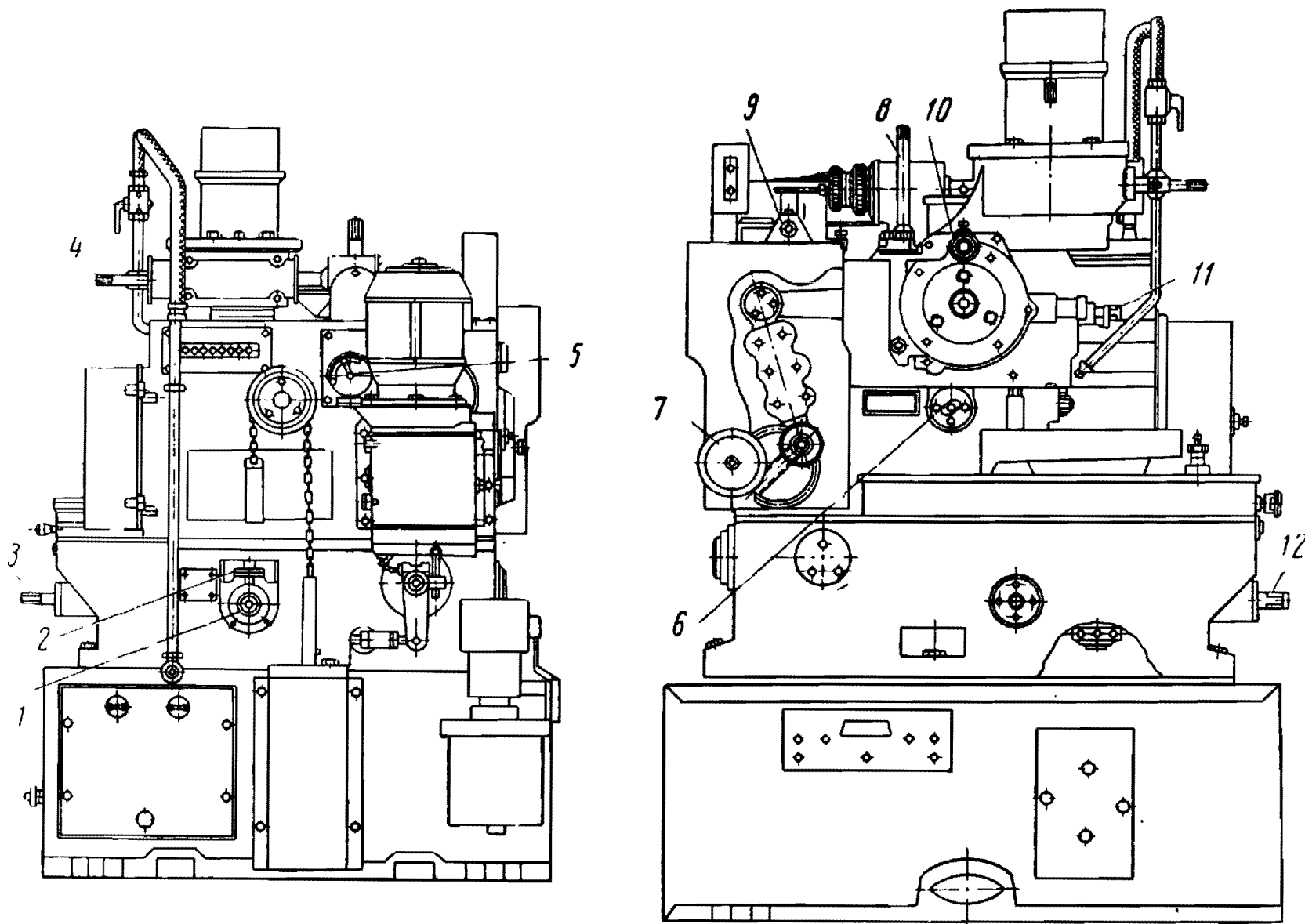


Рис. 98. Органы управления станком 5A12:

1 — рукоятка установки червячного вала, 2 — винт для закрепления подшипника червячного вала, 3 — квадрат валика для сцепления и расцепления нижнего червяка с червячным колесом, 4 — квадрат валика для вращения долбяка от руки, 5 — рукоятка для установки числа оборотов валика кулачков подачи, 6 — рукоятка для измерения направления вращения долбяка, 7 — маховичок для передвижения шпинделя долбяка по вертикали от руки, 8 — квадрат валика для точной установки суппортов на глубину резания, 9 — квадрат валика для ручного вращения кулачка подачи, 10 — квадрат валика для быстрого перемещения суппортов от руки, 11 — кнопка для фиксирования установленного положения суппортов, 12 — квадрат валика для вращения стола от руки

часть служит одновременно резервуаром охлаждающей жидкости. На средней части станины 2 расположен стол 3, на котором закрепляют нарезаемое колесо. Верхняя часть 4 станины выполнена за одно целое с горизонтальными направляющими 5, несущими суппорт шпинделя долбяка 6. В ней помещены кривошипно-шатунный механизм, а также гитары скоростей подачи и деления.

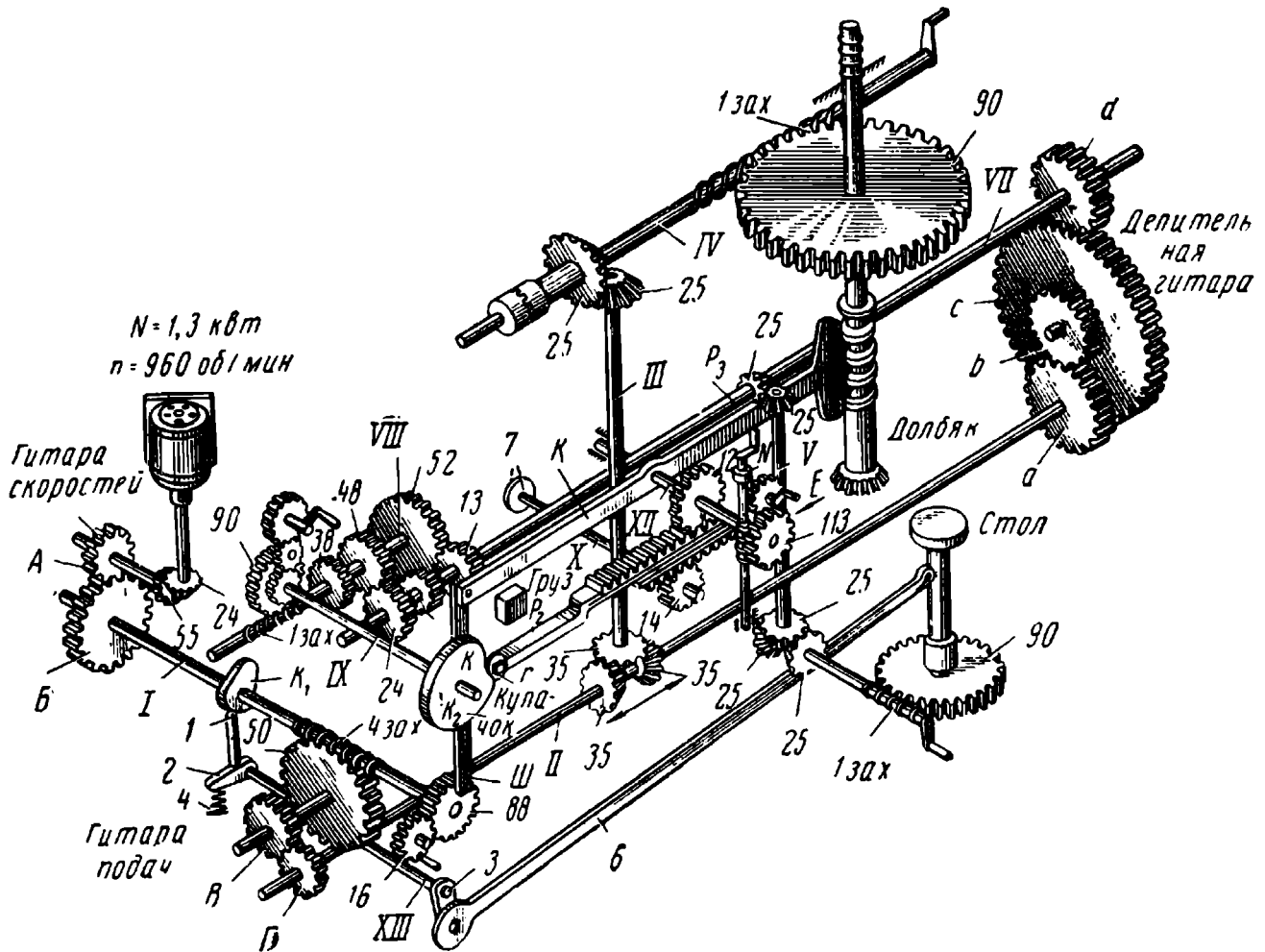


Рис. 99. Кинематическая схема станка 5А12

Суппорт со шпинделем перемещается по горизонтальным направляющим, осуществляя радиальную подачу долбяка.

Шпиндель, совершающий возвратно-поступательное движение, для плавности перехода с одного направления на другое имеет в верхней части буферную пружину.

Стол, получающий качательное движение и непрерывно вращающийся вокруг своей оси, производит обкатку заготовки с долбяком.

Пуск и остановка станка осуществляются пусковыми кнопками, а управление станком производится органами управления, показанными на рис. 98.

Кинематическая схема станка. Рассмотрим настройку кинематических цепей для каждого движения станка. Для этого вос-

пользуемся кинематической схемой станка, изображенной на рис. 99.

Скоростная цепь. Цепь главного возвратно-поступательного движения будет следующей: от электродвигателя мощностью 1,3 квт движение передается коническими колесами $\frac{24}{55}$

и сменными колесами $\frac{A}{B}$ гитары скоростей вала I , на конце которого закреплен кривошипный диск. Кривошипом и шатуном III это вращательное движение вала I преобразуется в поступательное движение шпинделя, на котором закреплен долбьяк. При вращении кривошипа шатун III качает коромысло K , которое заканчивается зубчатым сектором, находящимся в зацеплении с круговой рейкой. Рейка жестко закреплена на шпинделе долбьяка. При качании коромысла рейке вместе со шпинделем и долбьяком сообщается главное возвратно-поступательное движение. Круговая рейка не только сообщает возвратно-поступательное движение, но и позволяет долбьяку вращаться вокруг своей оси.

Из кинематической схемы видно, что число оборотов вала I равно числу двойных ходов долбьяка, т. е.

$$n_{\text{дв.ход}} = 960 \frac{24}{55} \cdot \frac{A}{B}.$$

Решая уравнение относительно передаточного отношения сменных колес, найдем:

$$\frac{A}{B} = \frac{n_{\text{дв.ход}}}{418}. \quad (16)$$

По этой формуле определяют передаточное отношение сменных колес гитары скоростей для принятого числа двойных ходов долбьяка. При выборе режима резания чаще пользуются не числом двойных ходов, а средней скоростью резания $v_{\text{ср}}$. Зная длину хода долбьяка L , равную ширине нарезаемого колеса плюс 4—5 мм, можно определить среднюю скорость резания по формуле:

$$v_{\text{ср}} = \frac{2L \cdot n_{\text{дв.ход}}}{1000},$$

откуда
$$n_{\text{дв.ход}} = \frac{500 \cdot v_{\text{ср}}}{L}.$$

Подставляя в формулу (16) вместо $n_{\text{дв.ход}}$ его значение, получим:

$$\frac{A}{B} = 1,2 \frac{v_{\text{ср}}}{L}. \quad (16a)$$

Этой формулой пользоваться удобнее. Из нормативов режимов резания выбирают скорость резания $v_{ср}$ и определяют передаточное отношение сменных колес, а затем подбирают сменные колеса. К станку прилагают набор колес, состоящий из двух пар: $\frac{41}{59}$ и $\frac{47}{53}$, дающих четыре ступени чисел двойных ходов: 290, 372, 472 и 600.

Цепь деления. Вращательное движение столу (заготовке) с вала I передается червячной парой $\frac{4}{50}$, колесами $\frac{B}{Г}$ гитары подачи, валом II , сменными колесами гитары деления $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$, валом VII , коническими колесами $\frac{25}{25}$, валом V , коническими колесами реверсивного механизма $\frac{25}{25}$ и, наконец, червячной парой $\frac{1}{90}$.

Вращательное движение долбяку передается также с вала I червячной парой $\frac{4}{50}$, сменными колесами $\frac{B}{Г}$ гитары подач, валом II , коническими колесами реверсивного механизма $\frac{35}{35}$, валом III , конической передачей $\frac{25}{25}$ и червячной парой $\frac{1}{90}$.

Кинематическая цепь, связывающая вращательное движение долбяка, согласованное с вращательным движением заготовки (цепь деления), будет следующей: вал долбяка, червячная пара $\frac{90}{1}$, вал IV , конические колеса $\frac{25}{25}$, вал III , конические колеса $\frac{35}{35}$, вал II , сменные колеса гитары деления $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$, вал VII , конические колеса $\frac{25}{25}$, вал V , конические колеса $\frac{25}{25}$, вал VI , червячная пара $\frac{1}{90}$. Эта цепь включает сменные колеса гитары деления, обеспечивающие возможность настройки станка на нарезание колес с заданным числом зубьев. Уравнение перемещений для цепи деления будет:

$$\frac{1}{z_3} = \frac{1}{z_d} \cdot \frac{90}{1} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{1}{90}$$

Решая это уравнение, получим общую формулу передаточного отношения сменных колес гитары деления:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{z_d}{z_3}, \quad (17)$$

где z_d — число зубьев долбяка;

z_3 — число зубьев заготовки (нарезаемого колеса).

По этой формуле определяют передаточное отношение сменных колес гитары деления и подбирают зубчатые колеса, необходимые для нарезания на заготовке зубьев. При расчете сменных колес a, b, c, d колесо c берут с числом зубьев, кратным числу зубьев долбяка. Это делается для облегчения подбора сменных колес. Кроме этого, следует учитывать, что сумма зубьев $a + b = 120$ должна быть постоянной, так как расстояние между осями этих колес в станке неизменно. К станку прилагаются сменные колеса для гитары деления с числом зубьев: 24, 26, 28, 30, 34, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 64, 65, 70, 72, 74, 75, 76, 80, 84, 86, 90 и 96.

Цепь круговых подач. Из кинематической схемы следует, что долбяк совершает один двойной ход за один оборот вала I . Произведение числа оборотов долбяка на длину его начальной окружности $\pi \cdot d_n$ (d_n — диаметр начальной окружности долбяка) определяет величину перемещения долбяка по начальной окружности за один двойной ход, т. е. величину подачи $s_{кр}$.

Уравнение перемещений для цепи круговых подач будет:

$$s_{кр} = 1 \cdot \frac{4}{50} \cdot \frac{B}{Г} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{1}{90},$$

где B и $Г$ — сменные колеса гитары подач. Решая это уравнение, получим общую формулу передаточного отношения сменных колес гитары подач:

$$\frac{B}{Г} = 1125 \frac{s_{кр}}{\pi \cdot d_n} = \frac{358 s_{кр}}{d_n}. \quad (18)$$

К станку для гитары круговых подач прилагаются сменные колеса с числом зубьев: 38, 44, 50, 56, 60, 62, 66, 72, 78 и 84.

Цепь радиальной подачи. Движение врезания осуществляется от вала I червячной парой $\frac{4}{50}$, сменными колесами

гитары подач $\frac{B}{Г}$, валом II , колесами гитары деления $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$ и валом VII . С вала VII через любую пару трехвенцовых блоков ($\frac{28}{38} \cdot \frac{18}{48} \cdot \frac{13}{52}$) движение передается валу $VIII$ и затем червячной

парой $\frac{1}{90}$ валу IX , вместе с которым вращается кулачок K_2 . Кулачок толкает рейку P_1 и перемещает суппорт с долбяком, осуществляя тем самым движение врезания (радиальную подачу). Отвод суппорта производится грузом, который вращает звездочку 7, а вместе с ней и зубчатое колесо 14, сцепленное с рей-

кой, передвигающей суппорт в направлении стрелки *E*. Кулачок K_2 имеет различную форму (профиль) в зависимости от числа проходов при обработке колеса и поэтому является сменным. Профиль кулачка обеспечивает врезание долбяка, нарезание колеса при заданном врезании и быстрый отвод долбяка после нарезания колеса с одновременным выключением станка при помощи конечного выключателя.

Кулачок для однопроходного нарезания (рис. 100, *a*) на участке *ab* очерчен архимедовой спиралью: участок *bcd* представляет собой дугу окружности радиуса r_1 , участок *da* переходный.

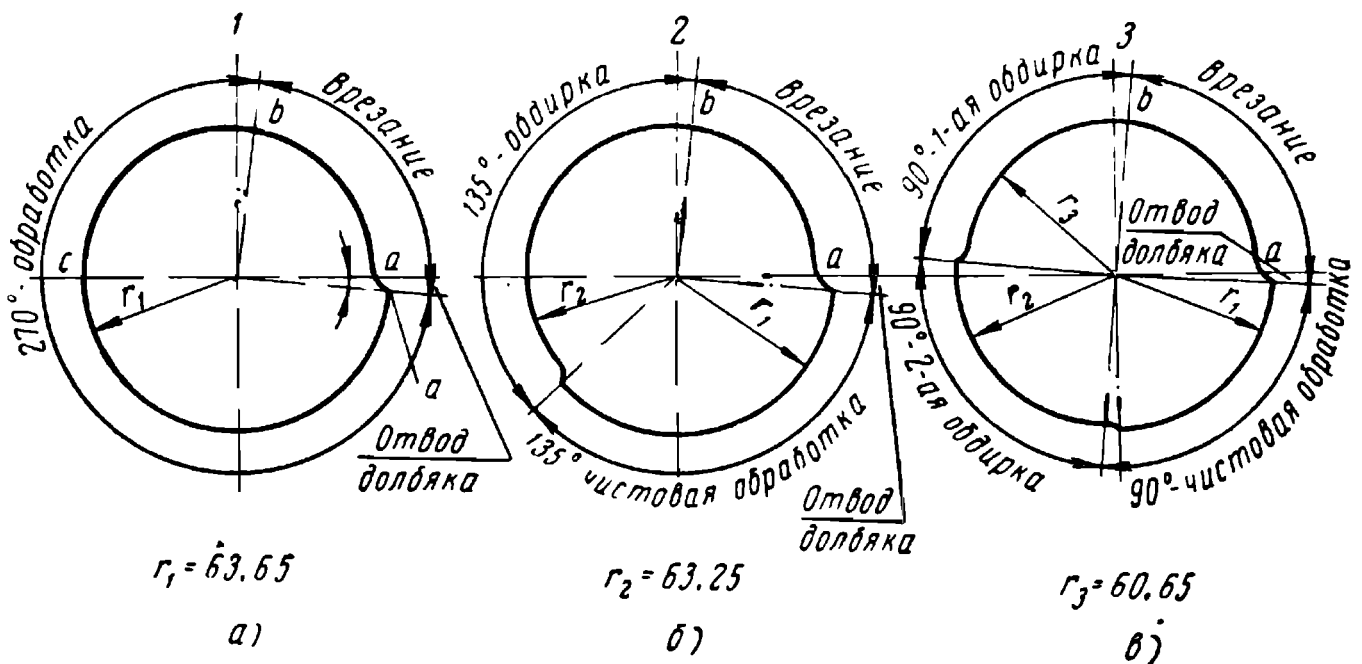


Рис. 100. Кулачки подач зубодолбежного станка 5A12:

a — для однопроходного нарезания, *б* — для двухпроходного нарезания, *в* — для трехпроходного нарезания

Частью профиля кулачка, которая очерчена архимедовой спиралью, осуществляется движение врезания долбяка на заданную глубину (участок *ab*), а частью профиля кулачка, очерченного дугой окружности *bcd*, удерживается долбяк в неизменном положении после окончания врезания. Переходным же участком кулачка производится отвод долбяка в исходное положение после того, когда закончено нарезание колеса.

Кулачок для двухпроходного нарезания (рис. 100, *б*) имеет также участок *ab*, очерченный архимедовой спиралью с переходным участком, и два участка, очерченных дугами окружностей различных радиусов r_1 и r_2 , а кулачок для трехзаходного нарезания (рис. 100, *в*) — три участка, очерченных дугами радиусов r_1 , r_2 и r_3 .

При работе двухпроходным кулачком, после того как ролик выкатится на участок кулачка, очерченный радиусом r_2 , произойдет предварительное неполное врезание долбяка. За время,

пока ролик катится по участку радиуса r_2 , кулачок совершит $\frac{3}{8}$ оборота, а заготовка — один полный оборот, в процессе которого все зубья будут предварительно обработаны, но не на полную глубину. Когда ролик перейдет с участка r_2 на участок r_1 , произойдет дополнительное вторичное врезание долбяка до полной высоты зуба. Затем следует еще $\frac{3}{8}$ оборота кулачка и еще один оборот заготовки, в результате которого завершается обработка.

При работе трехпроходным кулачком врезание до полной глубины осуществляется тоекратно и после каждого врезания заготовка совершает один полный оборот, а кулачок — $\frac{1}{4}$ оборота.

При работе однопроходным кулачком движение с вала VII (рис. 99) на вал VIII передают колесами $\frac{24}{38}$, при работе двухзаходным кулачком — колесами $\frac{18}{48}$ и трехзаходным — колесами $\frac{13}{52}$.

Цель отвода стола с заготовкой от долбяка. Отвод заготовки от долбяка перед началом возвращения его вверх осуществляется следующим образом (см. рис. 99): кулачок K_1 , вращаясь с валом I, нажимает стержнем 1 на рычаг 2 вала XIII и поворачивает последний вместе с кривошипом 3 на некоторый угол, преодолевая сопротивление пружины 4. При повороте кривошипа 3 стол с заготовкой шатуном 6 отодвигается от долбяка на величину 0,5—1 мм. В исходное положение стол возвращается пружиной 4.

§ 9. НАЛАДКА ЗУБОДОЛБЕЖНОГО СТАНКА 5A12

Наладка зубодолбежного станка 5A12 производится в следующем порядке:

- 1) установка долбяка;
- 2) установка оправки и заготовок;
- 3) установка длины хода долбяка на крайних его положениях;
- 4) установка долбяка на глубину резания;
- 5) настройка гитары скоростей резания;
- 6) настройка гитары деления;
- 7) настройка гитары круговых подач;
- 8) настройка механизма радиальной подачи (врезания).

Установка долбяка. Перед установкой долбяка тщательно протирают его отверстие и посадочное место шпинделя. Если между долбяком и шпинделем прокладывают опорные кольца, то для увеличения поверхности опоры диаметр колец следует

принимать возможно бóльшим. На рис. 101 изображены примеры установки долбяков. На посадочный конец 3 шпинделя 1 надевается достаточно большого диаметра и ширины опорное кольцо 2, а долбьяк 4 закрепляется специальной гайкой 5 (рис. 101, I). Долбяки определенных диаметров можно устанавливать и без опорного кольца с опорой его непосредственно на торец шпинделя (рис. 101, II). Крепление долбяка, изображенное на рис. 101, III, является неправильным, так как диаметр опорного кольца недостаточен и долбьяк не имеет жесткой опоры.

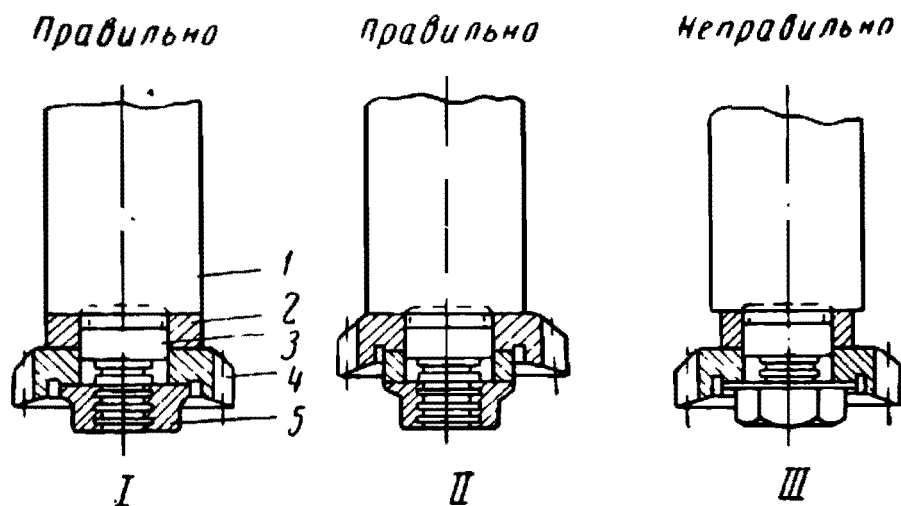


Рис. 101. Примеры установки долбяков

Точность установки долбяка проверяют индикатором, причем для нарезания колес 6—7-й степени точности биение наружного диаметра не должно превышать 0,01—0,015 мм.

Установка оправки и заготовок. Прежде чем закрепить оправку, необходимо предварительно хорошо очистить ее и шпиндель стола. Затем оправку вставляют снизу в шпиндель стола и резким движением устанавливают на место. Точность установки оправки проверяют на биение и на параллельность движения шпинделя относительно оси оправки. С этой целью индикатор устанавливают на шпинделе, а столу сообщают вращение; при проверке на параллельность стол с оправкой оставляют неподвижным, а шпиндель с индикатором перемещают вдоль оси оправки. На рис. 102, а показана проверка правильности установки оправки индикатором. Так как для проверки оправки надо иметь возможность от руки свободно вращать шпиндель стола, то следует отсоединить нижнее червячное колесо от червяка; для этого необходимо повернуть (до отказа) рукоятку 1. Затем подводят острие индикатора 2 до соприкосновения с оправкой 3, вращают червячное колесо стола руками (как это показано на рисунке) и проверяют оправку на биение.

Отклонение на параллельность движения шпинделя относительно оси оправки проверяют дважды. При повторном замере стол с оправкой поворачивают на 90°.

Величина биения допускается не более 0,020 мм для зубчатых колес 7 и 8-й степени точности и 0,030 мм для 9-й степени точности при отклонении параллельности не более 0,04 мм на длине 200 мм.

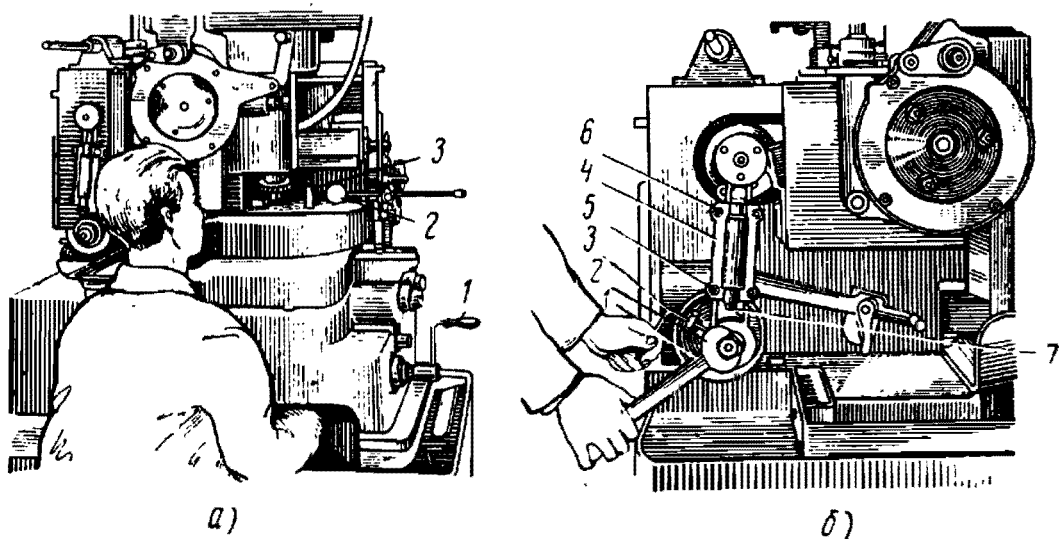


Рис. 102. Проверка правильности установки оправки индикатором (а) и установки длины хода долбяка (б)

Заготовку, установленную на оправку, проверяют до закрепления ее путем поворота вручную. При этом допуск на биение должен быть:

для колес 7-й степени точности	от 0,018 до 0,030 мм
» » 8-й » » »	» 0,028 » 0,055 »
» » 9-й » » »	» 0,045 » 0,080 »

После проверки точности установки заготовки ее закрепляют и делают вторичную проверку индикатором. На рис. 103 показаны примеры установки и крепления заготовок. На оправку 1 надевается подставка 2, на которую опираются заготовки 3, сверху заготовки зажимаются гайкой 4 при помощи шайбы 5 и прокладки 6. Наружные диаметры подставки 2 и прокладки 6 должны быть немного меньше диаметра окружности впадин нарезаемого колеса.

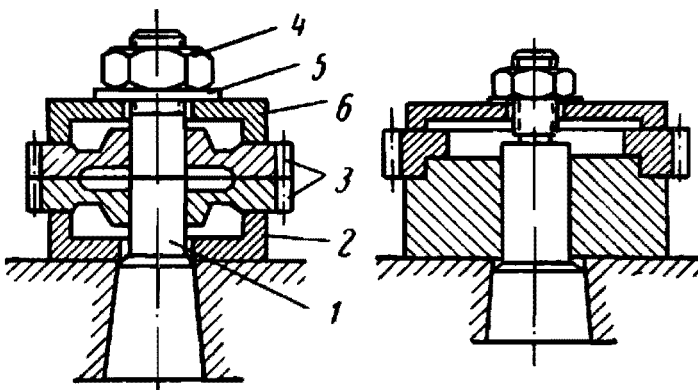


Рис. 103. Примеры установки и крепления заготовок нарезаемых зубчатых колес

Установка длины хода долбяка и его крайних положений. Длину хода долбяка

устанавливают на 4—5 мм больше длины зуба нарезаемого колеса. Установку длины хода долбяка (рис. 102, б) производят непосредственным отсчетом по масштабной линейке, прикрепленной сбоку шпинделя. Ключом 1 отпускают гайку 2, а

ключом 3 вращают винт кривошипного диска, изменяя величину эксцентриситета шатуна 4. Установив длину хода долбяка, гайку 2 затягивают.

Устанавливают долбяк по высоте вращением винта 7, для чего предварительно отпускают болты 5 и 6 шатуна, которые после установки долбяка на необходимую высоту снова затягивают. В результате установки крайних положений долбяка передняя режущая кромка его при верхнем и нижнем положениях должна отстоять от торцовых плоскостей заготовки не менее чем на 2 мм при $t = 1,5$ мм и на 2,5 мм при $t = 4$ мм.

Установка долбяка на глубину резания. На глубину резания станок настраивают, пользуясь рукояткой P_3 (рис. 99), сидящей на валу червяка XI. Вращая рукояткой вал XI, червячное колесо 113 и вал XII реечного колеса 12 перемещают рейку P_2 относительно корпуса шпинделя. Рейка P_2 является кронштейном ролика r . Если ее перемещать в направлении кулачка K_2 , то вылет кронштейна увеличивается, а долбяк при этом приближается к заготовке.

Наладку станка на заданную глубину резания производят в следующей последовательности, поворачивая кулачок K_2 с валом IX, устанавливают его так, чтобы ролик r касался окружности кулачка наибольшего радиуса. Затем вращением рукоятки P_3 приближают долбяк к заготовке до тех пор, пока он своими зубьями не коснется наружной цилиндрической поверхности. Вращая кривошипный вал, долбяк поднимают в крайнее верхнее положение и затем, вращая рукоятку P_3 , приближают его к оси заготовки на высоту зуба. Величину перемещения, равную высоте зуба, отсчитывают по нониусу, насаженному на вал червяка XI.

Настройка гитары скоростей. Заданное число двойных ходов долбяка в минуту, определяемое в зависимости от средней скорости резания $v_{\text{ср}}$, настраивается с помощью гитары скоростей. В табл. 31 приведены режимы резания долбяками. Для получения числа двойных ходов долбяка согласно выбранной скорости резания и длины хода долбяка определяют передаточное отношение сменных колес гитары скоростей по формуле (16а).

$$\frac{A}{B} = 1,2 \frac{v_{\text{ср}}}{L}.$$

Определив передаточное отношение, подбирают сменные колеса из имеющегося комплекта. Передаточное отношение и сменные колеса, а также число двойных ходов долбяка можно более просто определить по графику, показанному на рис. 104. На этом графике по вертикали отложены средние скорости резания в м/мин, а по горизонтали длина хода (расход) долбяка в миллиметрах. Если от выбранной скорости резания провести горизон-

Режимы резания долбяками
(по нормативам ВПТИ Мосгорсовнархоза)

Модуль нарезаемого колеса, мм	Режимы резания для					
	сталей марок ст. 5, 40, 45, 20X		чугуна <i>HV 180—200</i>		бронзы	
	Подача на один двойной ход долбяка, мм	Скорость резания, м/мин	Подача на один двойной ход долбяка, мм	Скорость резания, м/мин	Подача на один двойной ход долбяка, мм	Скорость резания, м/мин

Черновое парезание

3	0,29	25	0,32	22	0,35	30
4	0,25	25	0,28	22	0,28	30
5	0,22	25	0,25	22	0,25	30
6	0,20	25	0,22	22	0,22	30
7	0,18	25	0,20	22	0,20	30

Чистовое парезание

2	0,20	35	0,25	32	0,25	40
3	0,20	35	0,25	32	0,25	40
4	0,20	35	0,25	32	0,25	40
5	0,20	35	0,25	32	0,25	40
6	0,20	35	0,25	32	0,25	40
7	0,20	35	0,25	32	0,25	40

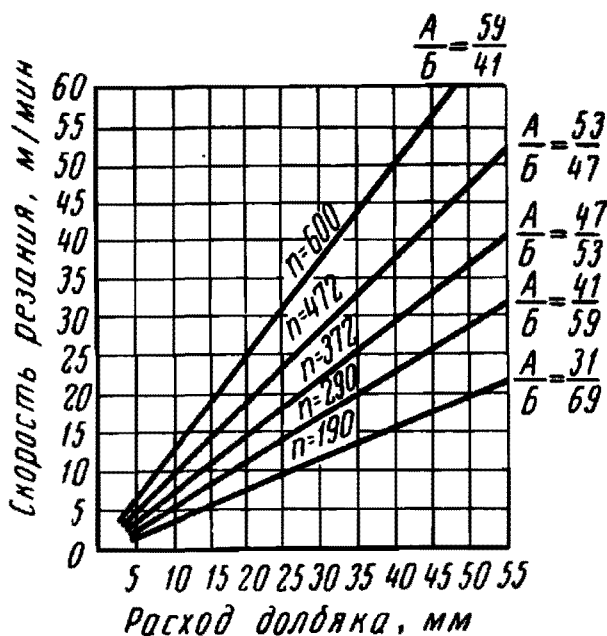


Рис. 104. График для определения сменных колес гитары скоростей для обеспечения заданной средней скорости резания

таль, а от определенной длины хода (расхода) долбяка провести вертикаль, то точка пересечения укажет число двойных ходов долбяка, а проведенная через нее наклонная линия покажет сменные колеса гитары скоростей.

Пример. Настроить гитару скоростей для нарезания зубчатого колеса с длиной зуба $b=20$ мм при выбранной средней скорости резания $v_{ср}=30$ м/мин. Для нарезания колеса с длиной зуба $b=20$ мм требуется длина хода (расход) долбяка $20+5=25$ мм. Из точек 30 и 25 графика восстанавливаем перпендикуляры, пересечение которых находится на наклонной линии, показывающей число двойных ходов долбяка $h=600$ и сменные колеса гитары скоростей $A=41$ и $B=59$.

Настройка гитары деления. Передаточное отношение гитары деления определяют по формуле (17), а сменные колеса подбирают из прилагаемого к станку комплекта колес. В производственных условиях более просто и с меньшей затратой времени сменные колеса подбирают по таблицам. Причем, если сменное колесо c принимается с числом зубьев, равным числу зубьев долбяка, пользуются табл. 32, а если сменное колесо c имеет удвоенное число зубьев долбяка, пользуются табл. 33.

Таблица 32

Таблица настройки гитары деления (к станку 5А12)

Число зубьев колеса c равно числу зубьев долбяка. Для цилиндрических колес $z = 12 - 105$; $m = 1,75 - 4$ мм.

Сменные колеса				z	Сменные колеса				z	Сменные колеса			
a	b	c	d		a	b	c	d		a	b	c	d
12	80	40		24	39	75	45		65	70	60	60	70
13	80	40		26	40	60	60		40	72	60	60	72
14	80	40		28	41	60	60		41	74	60	60	74
15	80	40		30	42	60	60		42	75	60	60	75
16	72	48		24	43	60	60		43	76	60	60	76
17	80	40		34	44	60	60		44	77	50	70	55
18	80	40		36	45	60	60		45	78	48	72	52
19	80	40		38	46	60	60		46	80	60	60	80
20	72	48		30	47	60	60		47	81	48	72	54
21	80	40		42	48	60	60		48	82	40	80	41
22	80	40		44	49	60	60		49	84	60	60	84
23	80	40		46	50	60	60		50	85	45	75	51
24	80	40	$c=z$	48	51	60	60	$c=z$	51	86	40	80	43
25	80	40	дол-	50	52	60	60	дол-	52	87	48	75	58
26	80	40	бяка	52	54	60	60	бяка	54	88	40	80	44
27	80	40		54	55	60	60		55	90	60	60	90
28	80	40		56	56	60	60		56	91	50	70	65
29	80	40		58	57	60	60		57	92	40	80	46
30	80	40		60	58	60	60		58	93	48	72	62
31	80	40		62	60	48	72		40	94	40	80	47
32	80	40		64	62	60	60		62	95	45	75	57
33	75	45		55	63	48	72		42	96	40	80	48
34	80	40		68	64	60	60		64	98	40	80	49
35	80	40		70	65	60	60		65	99	48	72	66
36	80	40		72	66	48	72		44	100	40	80	50
37	80	40		74	68	60	60		68	102	40	80	51
38	80	40		76	69	48	72		46	104	40	80	52
										105	48	72	70

Настройка гитары круговых подач. Как указывалось выше, круговая подача определяет количество двойных ходов долбяка на один его оборот. Величину подачи устанавливают в зависимости от материала нарезаемого колеса, требуемой точности и чистоты поверхности. Ориентировочно можно принимать при

Таблица настройки гитары деления (к станку 5A12)
 Число зубьев колеса c равно удвоенному числу зубьев долбяка.
 Для цилиндрических колес $z = 12 - 110$, $m = 1,75 - 4$ мм.

z	Сменные колеса				z	Сменные колеса				z	Сменные колеса			
	a	b	c	d		a	b	c	d		a	b	c	d
12	80	40		48	38	60	60		76	68	40	80		68
13	80	40		52	39	48	72		52	69	30	90		46
14	80	40		56	40	60	60		80	70	40	80		70
15	80	40		60	41	40	80		41	72	40	80		72
16	80	40		64	42	60	60		84	74	40	80		74
17	80	40		68	43	40	80		43	75	40	80		75
18	80	40		72	44	40	80		44	76	40	80		76
19	80	40		76	45	60	60		90	78	30	90		52
20	60	60		40	46	40	80		46	80	24	96		40
21	60	60		42	47	40	80		47	81	30	90		54
22	60	60		44	48	40	80		48	82	24	96		41
23	60	60	$c=2z$	46	49	40	80	$c=2z$	49	84	24	96	$c=2z$	42
24	60	60	дол-	48	50	40	80	дол-	50	86	24	96	дол-	43
25	60	60	бяка	50	51	40	80	бяка	51	87	30	90	бяка	58
26	60	60		52	52	40	80		52	88	24	96		44
27	60	60		54	54	40	80		54	90	24	96		45
28	60	60		56	55	40	80		55	92	24	96		46
29	60	60		58	56	40	80		56	93	30	90		62
30	48	72		40	57	40	80		57	94	24	96		47
31	60	60		62	58	40	80		58	96	24	96		48
32	60	60		64	60	40	80		60	98	24	96		49
33	60	60		66	62	40	80		62	99	30	90		66
34	60	60		68	63	48	72		84	100	24	96		50
35	60	60		70	64	40	80		64	104	24	96		52
36	60	60		72	65	40	80		65	108	24	96		54
37	60	60		74	66	40	80		66	110	24	96		55

черновых работах подачу 0,22—0,38 мм на двойной ход долбяка, а при чистовых работах—0,18—0,25 мм. Для малых модулей и твердых материалов величину подачи следует уменьшать до 0,01—0,15 мм. В каждом случае нарезания колес подачу можно выбирать по табл. 31.

Настройка механизма радиальных подач. Механизм радиальных подач настраивают при помощи сменных кулачков в зависимости от принятого числа проходов. Однопроходный кулачок применяют для нарезания колес из мягкой стали с модулем не более 3 мм. Двухпроходный кулачок применяют для нарезания колес из стали средней твердости до модуля 5 мм. Трехпроходный кулачок применяют для нарезания колес с модулем более 5 мм.

Настройка станка для нарезания колес с винтовым зубом. Для нарезания этих колес станок настраивают так же, как и для

нарезания прямозубых колес, за исключением выбора долбяка и наладки его движений.

Колеса с винтовым зубом на таких станках нарезают долбяками, имеющими не прямые, а винтовые зубья с таким же углом наклона, как и у нарезаемого колеса, но разноименного направления.

При нарезании прямозубых колес долбяк совершает возвратно-поступательное движение и медленное вращательное движение подачи. При нарезании колес с винтовыми зубьями, кроме этих двух движений, долбяк должен совершать еще и возвратно-вращательное движение, накладываемое на ранее указанное вращательное движение. Необходимость в таком возвратно-вращательном движении станет понятной, если представить себе, что зубья долбяка введены в зацепление с винтовыми зубьями неподвижного колеса. Перемещение долбяка вдоль своей оси, вниз, должно сопровождаться вращением его, а при перемещении долбяка вверх вращательное движение его изменится на обратное. Вот это дополнительное возвратно-вращательное движение и долбяк

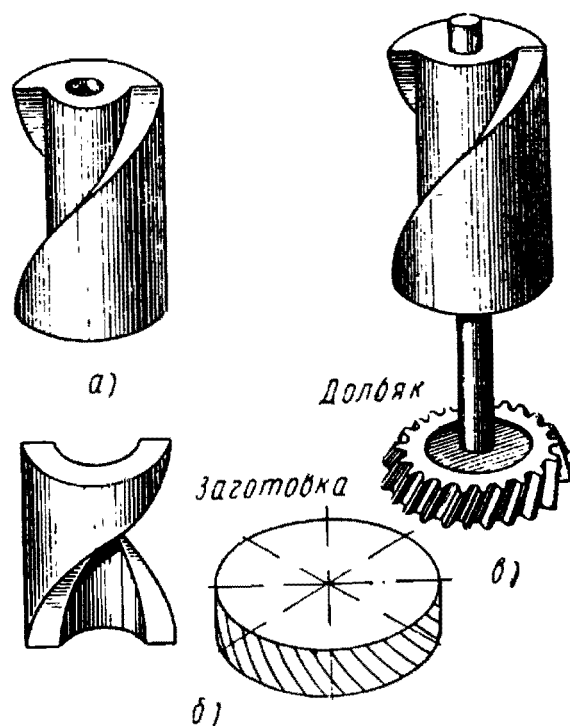


Рис. 105. Винтовые направляющие для нарезания винтовых колес

долбяк при нарезании колес с винтовым зубом. Это движение сообщают долбяку винтовые направляющие (рис. 105, а, б). Одну из них (рис. 105, а) крепят жестко к шпинделю долбяка, а другую (рис. 105, б) — к червячному колесу, сообщаящему долбяку медленное вращательное движение подачи. Под действием этих направляющих во время возвратно-поступательных движений долбяка будут возникать и возвратно-вращательные движения его. Недостатком этого способа нарезания колес с винтовым зубом является необходимость изготовления для каждого типа колеса своих винтовых направляющих.

Пример. Нарезать из стали 45 цилиндрическое прямозубое колесо с модулем $m=3$ мм, числом зубьев $z=87$ и длиной зуба $b=40$ мм.

Долбяк выбираем по ГОСТ 9323—60 (обычно принимают долбяк с диаметром начальной окружности 76 мм). Для крепления долбяка выбираем кольца, а для установки заготовки — соответствующую оправку. Закрепляем долбяк на шпинделе станка и проверяем его на биение. Затем устанавливаем оправку на столе станка и после закрепления проверяем ее на биение и параллельность оси по ходу шпинделя. Установив заготовку на оправку, проверяем на биение, а затем зажимаем ее и вторично проверяем на биение по наружному диаметру и торцу.

По табл. 31 выбираем для обработки колеса с модулем $m=3$ мм из материала сталь 45 среднюю скорость резания $v_{\text{ср}}=35$ м/мин и круговую подачу $s_{\text{кр}}=0,2$ мм/дв. ход при условии нарезания за один проход. Длину хода долбяка принимаем: $L=b+4=40+4=44$ мм. Выбрав среднюю скорость резания и определив длину хода долбяка, находим число двойных ходов долбяка:

$$n = 500 \cdot \frac{v_{\text{ср}}}{L} = 500 \cdot \frac{35}{44} = 400 \text{ дв. ходов в минуту.}$$

По графику (рис. 104) находим ближайшее число двойных ходов долбяка 372, которому соответствуют сменные колеса гитары скоростей.

$$A=47, B=53.$$

Передаточное отношение сменных колес гитары деления определяем по формуле (17)

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{z_{\text{д}}}{z_{\text{з}}} = \frac{38}{87} = \frac{30}{90} \cdot \frac{76}{58}.$$

Здесь число зубьев долбяка $z_{\text{д}}=38$, $a=30$, $b=90$, $c=76$, $d=58$. То же самое получим по табл. 33 при числе зубьев колеса c , равном удвоенному числу зубьев долбяка ($c=2z_{\text{д}}=76$).

Передаточное отношение сменных колес гитары круговых подач определим по формуле (18)

$$\frac{B}{\Gamma} = 358 \cdot \frac{s_{\text{кр}}}{d_{\text{н}}} = 358 \cdot \frac{0,2}{76} = \frac{60}{62};$$

$$B=60, \Gamma=62.$$

Настройку на глубину врезания производим установкой однопроходного кулачка и переключением блока колес в соответствии с указанием на табличке, укрепленной на станке ($\frac{E}{F} = \frac{28}{38}$).

§ 10. ЗУБОДОЛБЕЖНЫЕ СТАНКИ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ ШЕВРОННЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Шевронные зубчатые колеса обычно нарезают на горизонтальных зубодолбежных станках двумя поочередно работающими долбяками с винтовыми зубьями. На таких станках можно нарезать шевронные колеса без средней проточки (рис. 106, а). Оси двух долбяков с винтовыми зубьями, установленные на станке, параллельны горизонтальной оси обрабатываемого шевронного колеса. Шевронные колеса являются винтовыми, поэтому один из долбяков должен иметь винтовые зубья правого направления, а другой — левого. Так же как и на станке 5А12, правозаходную часть шевронных зубьев нарезают левозаходным долбяком, а левозаходную — правозаходным.

При нарезании шевронных зубьев долбяк и заготовка совершают такие же движения, какие совершают долбяк и заготовка в зубодолбежном станке 5А12 при нарезании косозубых колес.

На рис. 106, б показаны направляющие и шпиндели долбляков, связанные соединительными валами, в собранном виде, а на рис. 107 изображен общий вид горизонтального зубодолбежного станка. Станок состоит из станины 1 (рис. 107), направляющих 2 с установленной на них головкой 3, передней бабки 5, со шпинделем которой одним концом скреплено нарезаемое колесо

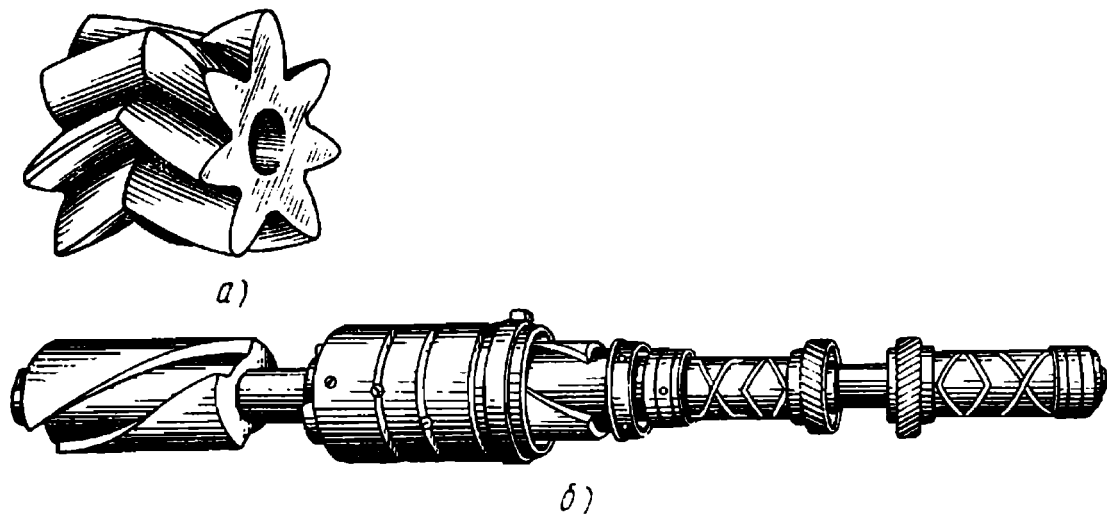


Рис. 106. Шевронное колесо без средней проточки (а) и направляющие и шпиндели, связанные соединительными валами в собранном виде (б)

4 и задней бабки 7, которой поддерживается другой конец колеса. Вращательное движение передается на шпиндель большим червячным колесом 6.

§ 11. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ЗУБОДОЛБЕЖНЫХ СТАНКОВ

Выпускают зубодолбежные станки малых и средних моделей, на которых нарезают зубчатые колеса модулем от 0,2 до 6 мм диаметром до 500 мм, и станки тяжелого типа, на которых нарезают колеса больших модулей и диаметров.

В табл. 34 приведены технические характеристики станков малых и средних моделей, а в табл. 35 — технические характеристики станков тяжелого типа отечественного производства.

Станки 5110 и 5120 применяют для чернового и получистового нарезания прямозубых колес наружного зацепления в условиях массового производства. На этих станках осуществляется одновременное долбление всех впадин зубьев колес специальными многорезцовыми головками. В таких головках количество резцов равно количеству впадин нарезаемого колеса, а форма режущих кромок является копией профиля впадин зубьев. Таким образом, зубодолбежные станки этих моделей работают по

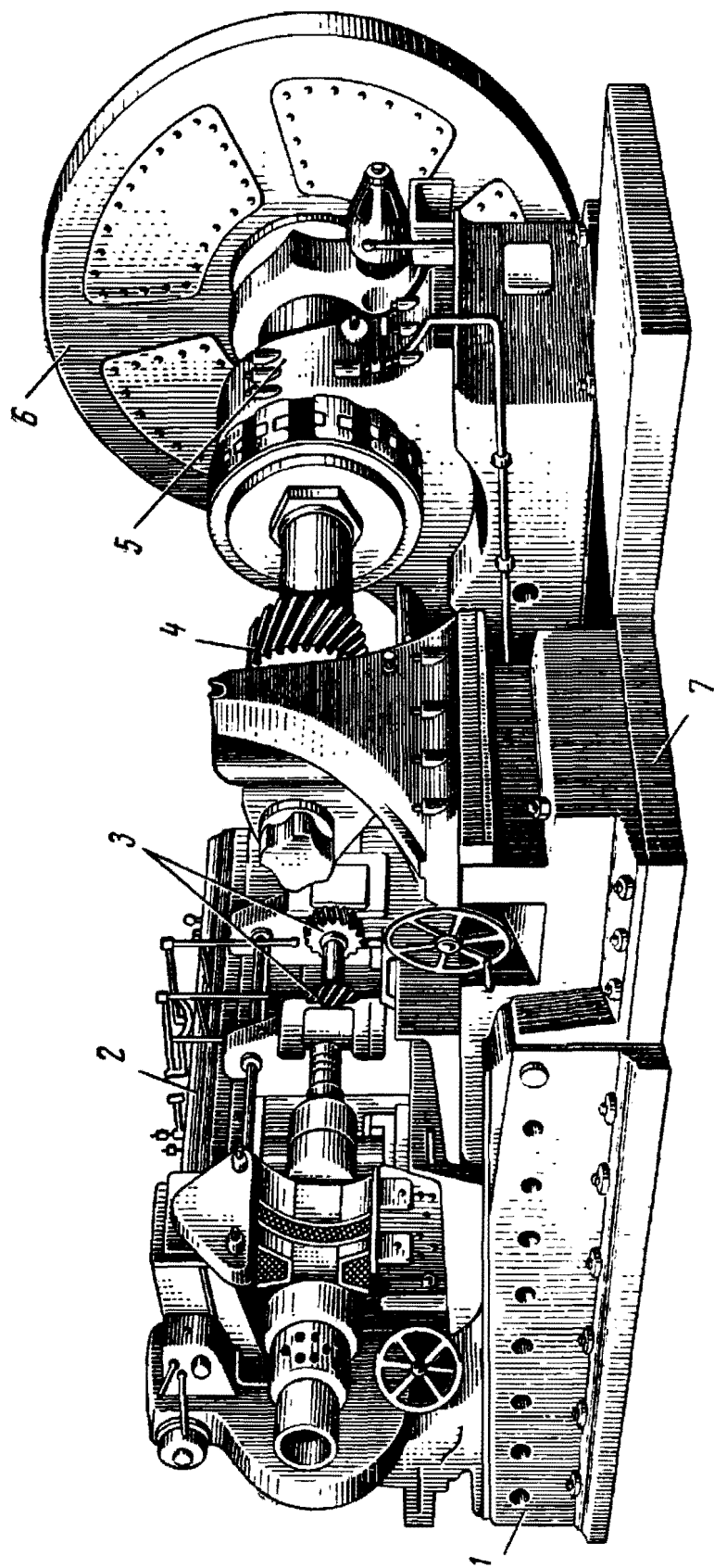


Рис. 107. Общий вид горизонтального зубодолбежного станка

Технические характеристики зубодолбежных станков малых и средних моделей

Параметры	Модели станков						
	5107	512	5A12	5B12	514	5110	51120
Модуль нарезаемых колес, <i>мм</i>	0,2—1	До 4	До 4	1—4	2—6	1,5—4	2,5—6
Диаметр нарезаемых колес, <i>мм</i>	75	188	208	200	500	15—105	150—250
Наибольший наружный диаметр при нарезании колес внутреннего зацепления, <i>мм</i>	100	140	210	220	550	—	—
Наибольшая ширина нарезаемых колес, <i>мм</i> : для внешнего зацепления	20	50	50	50	105	50	50
для внутреннего „	15	30	30	30	75	—	—
Наибольший ход долбяка, <i>мм</i>	25	55	55	55	125	60*	60*
Наружный диаметр стола, <i>мм</i>	115	140	140	140	240	—	—
Пределы чисел двойных ходов инструмента в минуту	400—2000	250—500	300—600	200—600	125—359	60—125	47—110
Пределы подач заготовки на один двойной ход долбяка, <i>мм</i>	0,0125— 0,41	0,1—0,31	0,1—0,38	0,1—0,42	0,17—0,44	—	—
Мощность главного электродвигателя, <i>квт</i>	0,6	1,3	1,65	1,7	2,8	14	17

* наибольший ход штосселя, *мм*.

Технические характеристики зубодолбежных станков тяжелого типа

Модель станка	Наибольший размер нарезаемых колес				Наибольший ход долбяка, мм	Число двойных ходов долбяка в минуту	Круговая подача за один двойной ход долбяка, мм
	Диаметр, мм		Модуль, мм	Наибольший угол наклона зуба, град			
	наружного зацепления	внутреннего зацепления					
5150	800	1250	12	23	200	25—150	0,05—1,5
5A150	800	1000	12	23	200	25—150	0,03—0,2
51606-1	800	800	8	23	200	25—160	0,05—1,5
5161	1250	1250	12	23	210	25—160	0,05—1,5
5162	1600	1500	12	23	200	25—160	0,03—0,2

методу копирования. При работе на этих станках производительность труда в сравнении с производительностью при работе на обычных зубодолбежных станках увеличивается в 8—10 раз.

В. Нарезание конических зубчатых колес на зубострогальном станке

Конические зубчатые колеса нарезают методом обкатки на специальных зубострогальных станках. Принцип нарезания конических колес на зубострогальных станках был описан в главе IV «Режущие инструменты и процесс резания металлов» (см. рис. 42, а, б). На этих станках воспроизводится зацепление нарезаемого зубчатого колеса с воображаемым плоским производящим зубчатым колесом, при этом два зуба плоского воображаемого производящего колеса представляют собой зубострогальные резцы, совершающие возвратно-поступательное движение. Таким образом, формирование боковых поверхностей каждого из зубьев нарезаемого колеса производится в результате движения резцов и обкатки находящихся в зацеплении плоского и нарезаемого колеса (рис. 108).

Зубонарезание методом обкатки осуществляется с помощью двух (или одного) резцов с прямолинейными режущими кромками. Наибольшее распространение получил способ нарезания зубьев конического колеса двумя резцами.

Процесс нарезания зубьев происходит при движении резцов к вершине конуса заготовки нарезаемого колеса, а обратный ход является холостым, и в этот период резцы отводятся от заготовки. Оба эти движения составляют двойной ход резца.

На рис. 109 показаны последовательные положения резцов при нарезании зубьев конического колеса методом обкатки. В начале движения обкатки во вращающуюся заготовку начинает врезаться резец (рис. 109, а), обрабатывающий одну из боковых поверхностей зуба, затем в работу вступает другой резец (рис. 109, б), обрабатывающий противоположную сторону

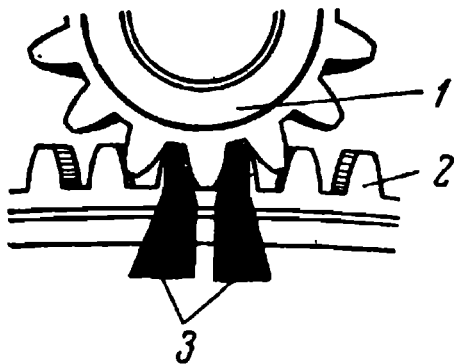


Рис. 108. Схема, поясняющая работу зубострогального станка:

1 — нарезаемое колесо, 2 — условное (воображаемое) плоское колесо, 3 — контуры зубострогальных резцов

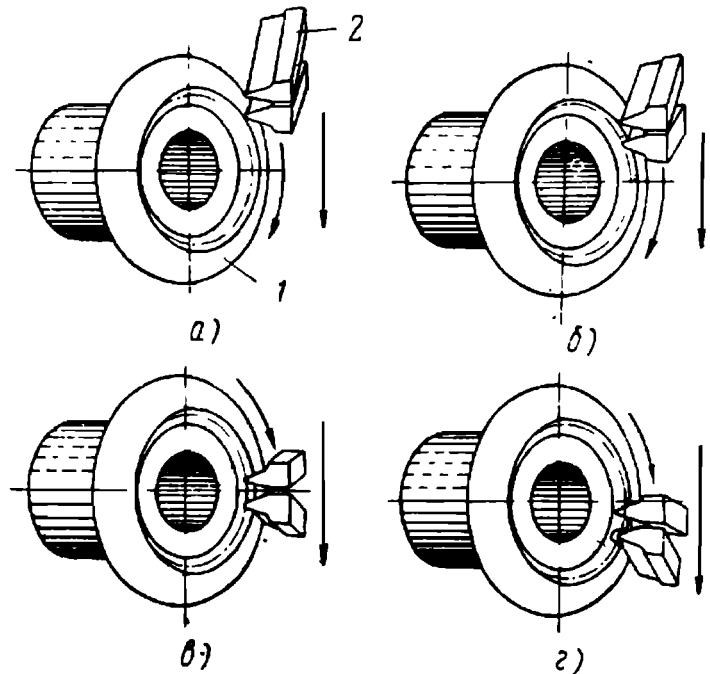


Рис. 109. Последовательное положение резцов при нарезании конического колеса:

1 — заготовка конического зубчатого колеса
2 — резцы

зуба. В среднем положении резцовой головки оба резца располагаются симметрично относительно зуба конического колеса (рис. 109, в), причем одна из боковых поверхностей зуба уже оказывается спрофилированной. При последующем вращении заготовки другой резец окончательно обкатывает вторую боковую поверхность этого же зуба (рис. 109, г) и процесс нарезания первого зуба заканчивается. После этого меняется направление вращения люльки станка и нарезаемого колеса и они возвращаются в исходное положение. Это движение является холостым ходом станка. Затем происходит быстрый поворот заготовки на шаг зубьев и процесс нарезания следующего зуба повторяется в той же последовательности, за исключением того, что первый резец, который теперь профилирует боковую поверхность следующего зуба, входит в предварительно нарезанную другим резцом впадину. Таким образом, за каждый цикл (рабочий ход, холостой ход и деление) обрабатывается полностью один зуб.

В конце холостого хода на станке происходит поворот заготовки для деления на следующий зуб, причем во время поворота для деления заготовка отводится от резца.

Отвод заготовки осуществляется тремя способами:

1) отводится плоский стол с делительной бабкой и заготовкой (так делается на станках 526, 5А26 и др.);

2) отводится инструментальная бабка (так делается на станках 523, Глисон 3, Гайденрайх—Гарбек модели 12КН и др.);

3) отводятся резцедержатели совместно с резцами (так делается на станках фирмы Гайденрайх—Гарбек моделей 15КН—50КН и фирмы Модуль).

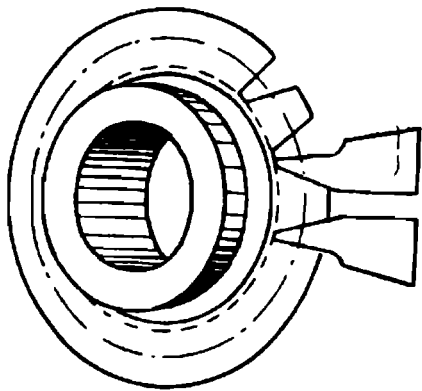


Рис. 110. Профиль зубьев при черновом нарезании без обкатки

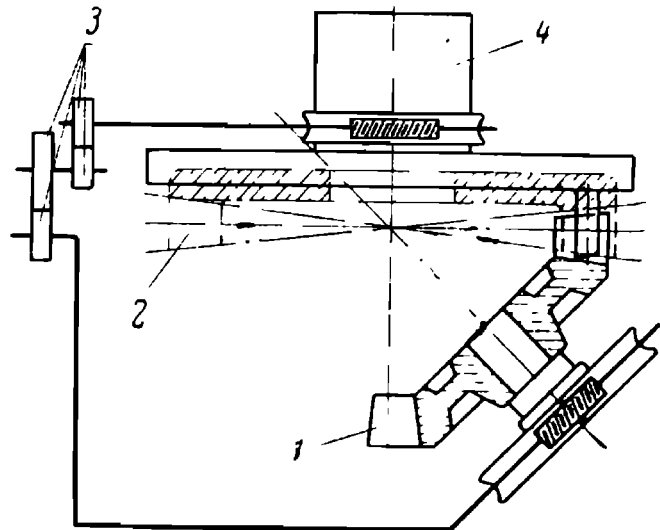


Рис. 111. Принципиальная схема зубострогального станка 526:

1 — нарезаемое коническое колесо, 2 — вообразимое плоское колесо, 3 — сменные колеса, 4 — люлька

Во время зубонарезания резцы выполняют неодинаковую работу, так как один из них все время врезается в сплошную заготовку конического колеса и вследствие этого быстрее притупляется, чем второй. Для устранения указанного недостатка и исключения его влияния на точность изготавливаемых деталей конические колеса обычно нарезают за предварительный (черновой) и окончательный (чистовой) проходы.

Черновое нарезание зубьев конических колес можно производить двумя способами:

а) прорезанием каждой впадины зубчатого колеса одиночным делением, когда последовательно нарезается каждый зуб в отдельности;

б) обработкой боковых поверхностей зубьев делением через зуб, т. е. двойным делением. Второй способ отличается тем, что оба резца работают в равных условиях, так как каждый из них в отдельности, врезаясь в сплошную заготовку, обрабатывает свою впадину между зубьями.

Черновое нарезание на зубострогальных станках можно производить с обкаткой или без обкатки, т. е. простым врезанием резцов в заготовку колеса. На рис. 110 показан профиль зубьев при черновом нарезании без обкатки. Из рисунка видно, что при этом методе чернового нарезания впадины между зубьями получают клиновидной формы.

На рис. 111 показана принципиальная схема широко распространенного в промышленности зубострогального станка 526. Из схемы видно, что согласованность движений воображаемого производящего колеса (на рисунке показано пунктиром) и заготовки нарезаемого колеса устанавливается с помощью сменных колес.

Рассмотрим устройство и наладку этого станка.

§ 12. ЗУБОСТРОГАЛЬНЫЙ СТАНОК 526

Станок предназначен для чернового и чистового нарезания прямозубых конических колес. При черновом нарезании на этом станке резцы прорезают клиновидные канавки без обкатки (см. рис. 110), а при чистовом нарезании обработка осуществляется методом обкатки.

На рис. 112 изображен общий вид, а на рис. 113 показаны органы управления и основные узлы станка.

Станок является полуавтоматом и состоит из плиты 12 (рис. 112), на которой смонтирована станина 11; плоского стола 9 с делительной бабкой 7, в шпиндель которой устанавливается заготовка нарезаемого колеса; инструментальной бабки 4 с резцовой головкой 5; электродвигателя 3; барабана подач 10, гитары деления 8 (гитары скоростей, подач, обкатка, качания люльки на рисунке не показаны); маховичка 2 для ручного поворачивания стола; маховика 1 для ручного отвода стола; калибра 6 для деления припуска на обработку и других узлов.

Станина станка представляет собой жесткую и прочную отливку коробчатой формы. На ней помещена инструментальная бабка и плоский стол, на торце которого нанесена шкала отсчета углов конуса впадин. Смонтированная на плоском столе делительная бабка имеет перемещение по салазкам вдоль своей оси со шкалой для измерения расстояния от торца шпинделя до вертикальной оси поворота. Внутри станины размещены механизмы обкатки, деления и подач.

В люльке станка (на рисунке не показана) смонтированы суппорты, в которых закрепляют резцы, нарезающие коническое колесо. Люлька представляет собой механизм, обеспечивающий качание резцов то в одну, то в другую сторону (движение обката).

Заготовки 7 (рис. 113) нарезаемого колеса устанавливаются на шпинделе 9 делительной бабки так, чтобы вершины нарезаемого и производящего колес совпадали, а образующая конуса впадин была параллельна плоскости, по которой проходят линии движения вершин резцов. Настройкой станка обеспечивается такое согласованное движение люльки с резцами и заготовки, какое бы они имели, если бы представляли собой коническую пару

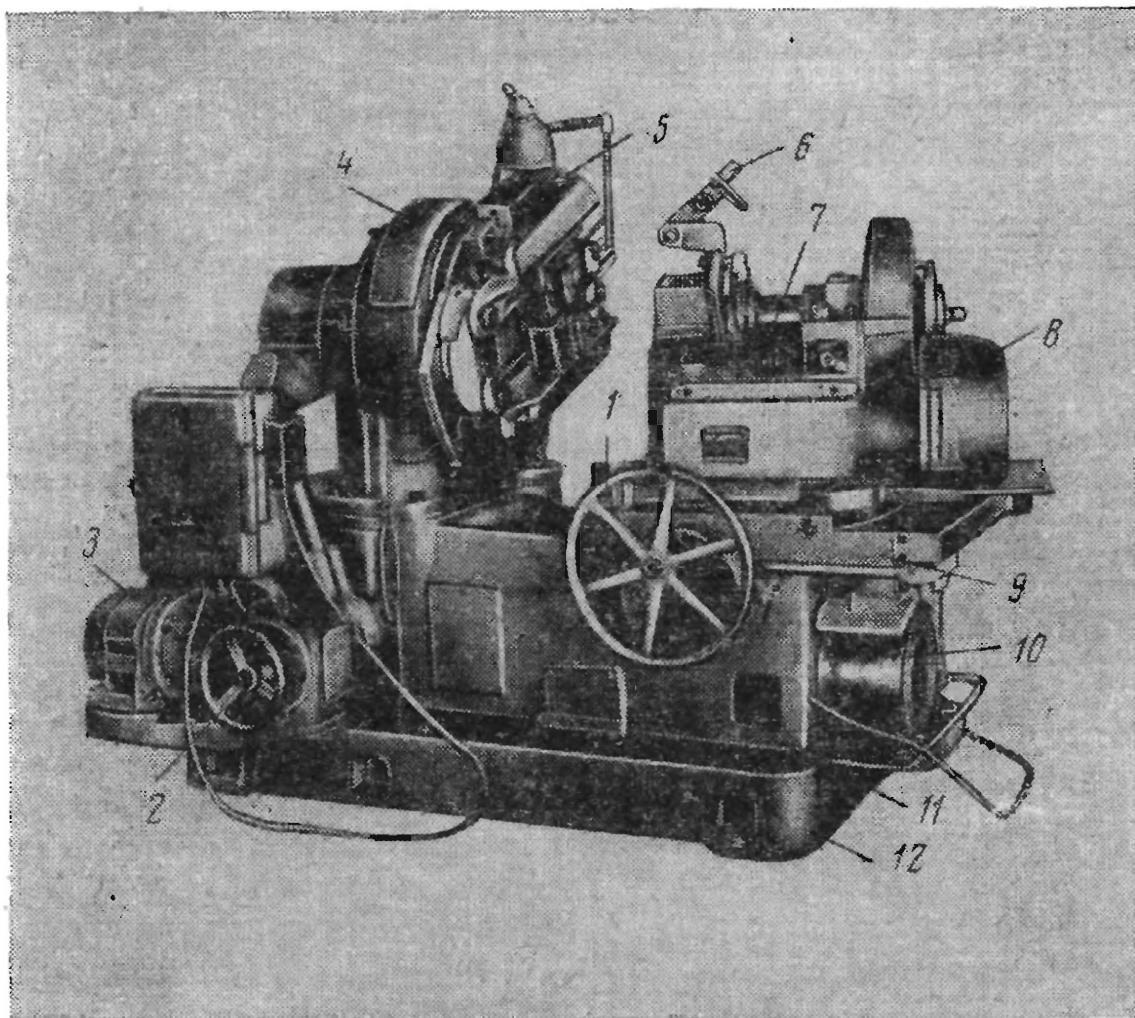


Рис. 112. Общий вид зубострогального станка 526

колес в зацеплении. Два резца люльки делают возвратно-поступательное движение в радиальном направлении к центру станка, совершая одновременно движение обкатки путем вращения люльки вокруг своей оси то в одну, то в другую сторону. Благодаря такому движению обкатки обработка зубьев осуществляется раздельно: в одном направлении происходит предварительная обработка, а в другом — окончательная чистовая обработка. Раздельная обработка зубьев позволяет вести нарезание колес на более высоких режимах резания, с повышенной точностью обработки.

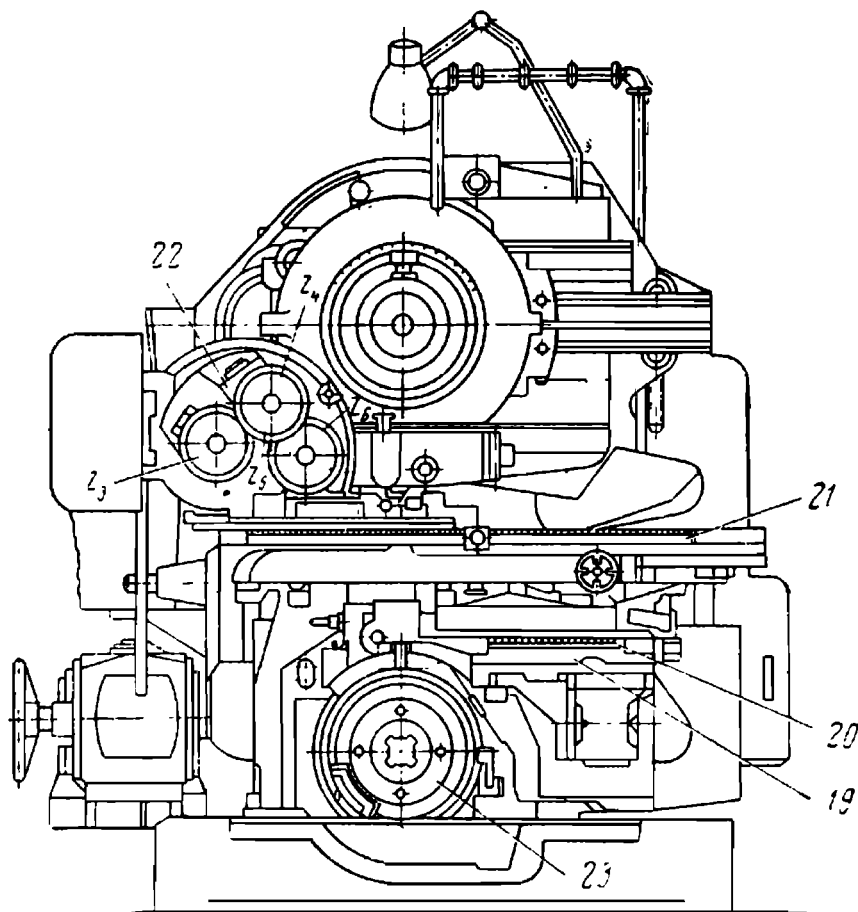
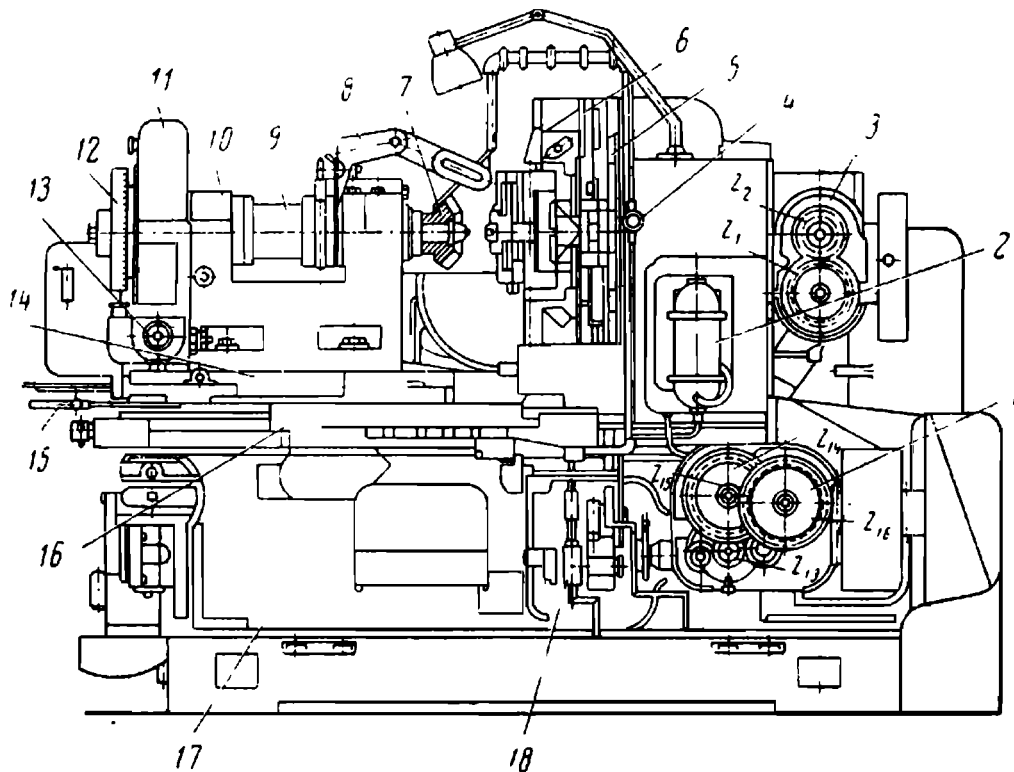


Рис. 113. Органы управления зубострогального станка 526:
 1 — гитара подач, 2 — маслоочиститель, 3 — гитара скоростей, 4 — указатель, 5 — шкала угла качания люльки, 6 — шкала установки резцовых суппортов на угол зуба, 7 — заготовка, 8 — калибр разделения припуска, 9 — шпиндель, 10 — делительная бабка, 11 — зубчатая передача делительной бабки, 12 — делительный диск со шкалой, 13 — вал ручного вращения шпинделя, 14 — салазки, 15 — рукоятка для крепления плоского стола к кулисе, 16 — плоский стол, 17 — станина, 18 — насос охлаждения, 19 — кулиса, 20 — шкала отвода стола с делительной бабкой, 21 — шкала установки угла конуса впадин, 22 — гитара деления, 23 — барабан подач

Для настройки станка при нарезании конических колес заданных размеров станок имеет гитары: скоростей, обката, величины обката, деления и подачи, а также механизмы отвода и подвода плоского стола и механизм переключения.

Кинематическая схема станка. Рассмотрим настройку кинематических цепей для каждого движения станка. Для этого воспользуемся кинематической схемой станка, изображенной на рис. 114.

Скоростная цепь. Цепь главного (возвратно-поступательного) движения резцов будет следующей: от электродвигателя мощностью 2,8 кВт движение передается через зубчатые колеса $\frac{15}{43}$ на вал I, через зубчатые колеса $\frac{34}{34}$ и $\frac{34}{34}$, сменные колеса $\frac{A}{B}$ и зубчатые колеса $\frac{19}{43}$ валу II и резцовым ползунам 5 на люльке 6.

Уравнение перемещений данной цепи имеет вид:

$$n_{\text{дв.ход}} = 1450 \cdot \frac{15}{43} \cdot \frac{34}{34} \cdot \frac{34}{34} \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{19}{43}.$$

Решая это уравнение, получим:

$$\frac{A}{B} = \frac{n_{\text{дв.ход}}}{223}. \quad (19)$$

При настройке станка на выбранную среднюю скорость резания $v_{\text{ср}}$ число двойных ходов резцов определяется по формуле

$$n_{\text{дв.ход}} = \frac{1000 \cdot v_{\text{ср}}}{2L}.$$

Подставляя это выражение в формулу (19), получим:

$$\frac{A}{B} = 2 \frac{v}{L}. \quad (19a)$$

Здесь $n_{\text{дв.ход}}$ — число двойных ходов резцов, мм;
 L — длина хода резцов, мм.

Пользуясь этими формулами, определяют передаточное отношение сменных колес $\left(i = \frac{A}{B}\right)$, обеспечивающее заданную скорость резания. К станку прилагается комплект сменных зубчатых колес с числом зубьев 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 36, 40, 42, 44, 48, 50 и 52. Расстояние между осями сменных колес нерегулируемое, и поэтому сумма зубьев двух парных сменных колес постоянна и равна $A + B = 72$. Комплект сменных колес позволяет получить 15 различных чисел двойных ходов резцов от 85 до 442. Средние скорости резания, принимаемые при зубострогании, приведены в табл. 36.

Средние скорости резания при зубострогании

Вид обработки	Средние скорости резания, м/мин, при нарезании колес из стали марок			
	сталь 35	сталь 45	сталь 50	20X; 40X; 12XНЗ
Черновое зубострогание	19—21	18—20	14—16	14—16
Чистовое зубострогание	21—25	20—24	16—20	16—20

Цепь подач. Подача осуществляется барабаном подач B_2 , за один оборот которого обрабатывается один зуб. Сменные колеса $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$ гитары подач подбирают так, чтобы за время $t_{\text{сек}}$ обработки одного зуба барабан подач сделал один оборот. За время $t_{\text{сек}}$ электромотор сделает $\frac{1450}{60} \cdot t$ оборотов.

Уравнение перемещений кинематической цепи подач будет:

$$\frac{1450}{60} \cdot t \cdot \frac{15}{43} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{15}{45} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{4}{68} = 1.$$

Решая данное уравнение, получим:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{6,18}{t}, \quad (20)$$

где t — время, в течение которого обрабатывается один зуб, сек.

По этой формуле определяют передаточное отношение сменных зубчатых колес гитары подач и подбирают колеса. К станку для гитары подач прилагаются сменные колеса с числом зубьев 21, 22, 25, 30, 37, 42, 58, 63, 70, 73, 89.

Расстояние между осями первой пары сменных колес не регулируется и поэтому сумма зубьев этих колес $a_1 + b_1 = 100$ должна быть постоянной, сумма зубьев второй пары колес находится в пределах $c_1 + d_1 = 84 - 109$.

Цепь качания люльки. Эта цепь имеет назначение обеспечивать нужный угол качания люльки с резцами (вниз—вверх) путем подбора сменных колес $\frac{a_2}{b_2}$ гитары величины обката. Угол качания люльки складывается из двух частей.

$$\theta^\circ = \theta_1^\circ + \theta_2^\circ,$$

где θ_1° — угол качания люльки вниз от нуля (ниже центра), т. е. угол поворота люльки, необходимый для обката одного зуба нарезаемого колеса;

θ_2° — угол качания люльки вверх от нуля (выше центра). Величина угла качания должна быть выбрана так, чтобы резцы полностью обкатывали нарезаемый зуб. Практически угол качания выбирается опытным путем. В табл. 37 приведены сменные колеса гитары величины обката для различных углов качания люльки.

Таблица 37

Подбор сменных колес гитары величины обката

Угол качания люльки		Сумма углов качания люльки $\theta^\circ = \theta_1^\circ + \theta_2^\circ$	Число зубьев сменных колес	
вверх от указателя θ_2°	вниз от указателя θ_1°		ведущего a_2	ведомого b_2
6,6	3,5	10,1	22	50
7,5	4,0	11,5	24	48
8,4	4,6	13,0	26	46
9,5	5,1	14,6	28	44
10,6	5,8	16,4	30	42
11,9	6,5	18,4	32	40
13,4	7,2	20,6	34	38
14,9	8,1	23,0	36	36
16,7	9,0	25,7	38	34
18,7	10,1	28,8	40	32
20,9	11,3	32,2	42	30
23,5	12,7	36,2	44	28
26,4	14,3	40,7	48	24
33,9	18,4	52,3	50	22
38,7	21,1	59,8	52	20

Цепь обката. Цепь обката, связывающая люльку со шпинделем делительной бабки, будет следующей:

$$\frac{120}{1} \cdot \frac{25}{20} \cdot \frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{b_3} \cdot i_d \cdot \frac{32}{24} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{a_4}{b_4} \cdot \frac{c_4}{d_4} \times \\ \times \frac{36}{24} \cdot \frac{1}{120} \cdot \text{шпиндель делительной бабки.}$$

Здесь i_d — передаточное отношение дифференциала.

Передаточное отношение сменных колес гитары обката определяют по формуле

$$\frac{a_3 \cdot c_3}{b_3 \cdot d_3} = \frac{z}{75 \cdot \sin \varphi}, \quad (21)$$

где z — число зубьев нарезаемого колеса;

φ — угол делительного конуса нарезаемого колеса.

Цепь деления. Делительный механизм получает вращение от зубчатого колеса 38, сцепленного со свободно сидящим колесом 61. Это колесо в определенный момент цикла работы сцепляется с корпусом дифференциала. Сцепление и освобождение, а также отвод и включение рычага, запирающего корпус дифференциала, производятся механизмом от барабана B_1 . Этот механизм позволяет корпусу дифференциала сделать один оборот, после чего колесо 61 автоматически выключается. За время одного оборота барабана B_1 корпус дифференциала включается на один оборот, вследствие чего заготовке сообщается дополнительно поворот на один зуб. Передаточное отношение дифференциала в этом случае будет 2:1. Передаточное отношение гитары деления определяется по формулам:

а) при делении на один зуб

$$\frac{a_4}{b_4} \cdot \frac{c_4}{d_4} = \frac{30}{z}; \quad (22)$$

б) при делении на два зуба

$$\frac{a_4}{b_4} \cdot \frac{c_4}{d_4} = \frac{60}{z}. \quad (22a)$$

§ 13. НАЛАДКА ЗУБОСТРОГАЛЬНОГО СТАНКА 526

Наладка станка производится в следующей последовательности:

а) установка суппортов,

б) установка резцов,

в) установка заготовки и делительной бабки,

г) установка длины хода резцов,

д) настройка гитар: скоростей, подач, обката, величины обката и деления.

Установка суппортов. Для образования зуба некорригированного конического колеса с углом зацепления $\alpha = 20^\circ$ суппорты совместно с резцедержателями поворачиваются на угол ω , величину которого определяют по формулам:

а) для черногого нарезания

$$\omega = \left(\frac{70 \cdot m}{L} + \Delta\omega \right) \text{град}; \quad (23)$$

б) для чистового нарезания

$$\omega = \frac{70 \cdot m}{L} \text{град}, \quad (23a)$$

где m — модуль нарезаемого колеса;

L — длина образующей делительного конуса нарезаемого колеса, мм;

$\Delta\omega$ — добавочный угол для получения припуска на толщину зуба на его чистовую обработку, величины которого приведены в табл. 38.

Таблица 38

Добавочный угол $\Delta\omega$

Длина образующего делительного конуса L , мм	Припуск на сторону зуба, мм					
	0,25	0,50	0,75	1,0	1,25	1,5
	$\Delta\omega$					
25	0°35'	1°9'	1°43'	2°18'	2°52'	3°26'
50	0°17'	0°34'	0°52'	1°19'	1°26'	1°43'
100	0°8'	0°17'	0°26'	0°35'	0°43'	0°52'
150	0°6'	0°11'	0°17'	0°23'	0°28'	0°35'
200	0°4'	0°9'	0°13'	0°17'	0°21'	0°26'
250	0°3'	0°7'	0°10'	0°14'	0°17'	0°21'
300	0°3'	0°6'	0°9'	0°12'	0°14'	0°17'

Установка резцов. Резцы устанавливают одинаково как для чернового (одинарного деления), так и для чистового нарезания, при этом соблюдают два условия:

1) вершины резцов должны совпадать с плоскостью, перпендикулярной к оси вращения люльки, и проходить через геометрический центр станка (рис. 115);

2) линия движения вершины резца должна проходить через ось вращения люльки.

Соответствующее положение резцов достигается их установкой на резцедержателях по специальным калибрам, которыми оснащается каждый станок. Установка резцов выполняется в два приема: по высоте и по длине.

Установка резцов по высоте (первый прием) производится так, чтобы вершины резцов были расположены в плоскости, перпендикулярной к оси люльки и проходящей через геометрический центр станка. Делается это при помощи калибров высоты с индикатором, настроенными по эталону (рис. 116, а, б, в). Эталон имеет три пластинки для верхних и три пластинки для нижних резцов с профильными углами 20, 15 и 14°30'.

Для настройки калибров по эталону прижатый к площадке 3 калибр 2 (рис. 116, а) эталона 4 продвигают, пока ножка индикатора 1 не станет против пластинки соответствующего профиля ($\alpha=20^\circ$). Циферблат индикатора устанавливают на нуль. По настроенным калибрам устанавливают резцы (рис. 116, б, в). Снятые и вновь заточенные резцы устанавливают по калибру.

Установка резцов по длине (второй прием) производится при помощи калибра длины (рис. 117), обеспечивая движение вершин режущего лезвия резцов в плоскости, проходящей через геометрический центр станка. Калибр длины 1 уста-

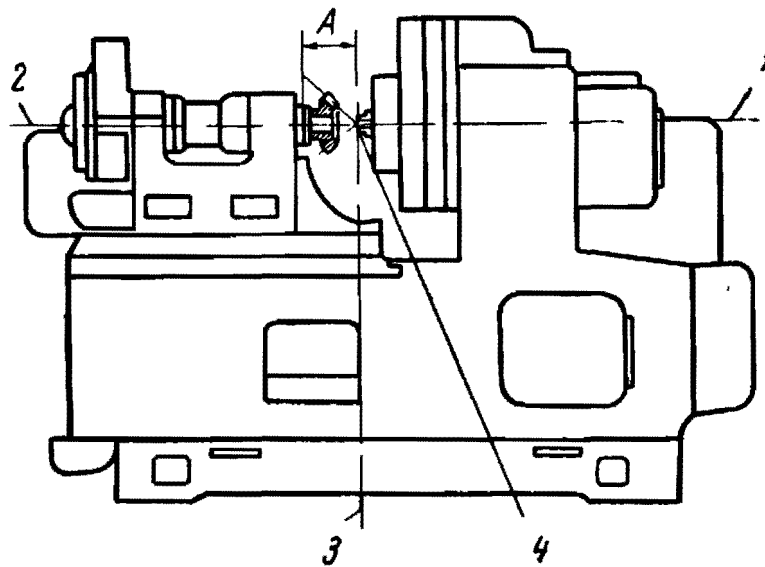


Рис. 115. Геометрические оси зубострогального станка:

1 — ось вращения люльки, 2 — ось вращения шпинделя делительной бабки, 3 — ось поворота плиты с делительной бабкой, 4 — геометрический центр станка

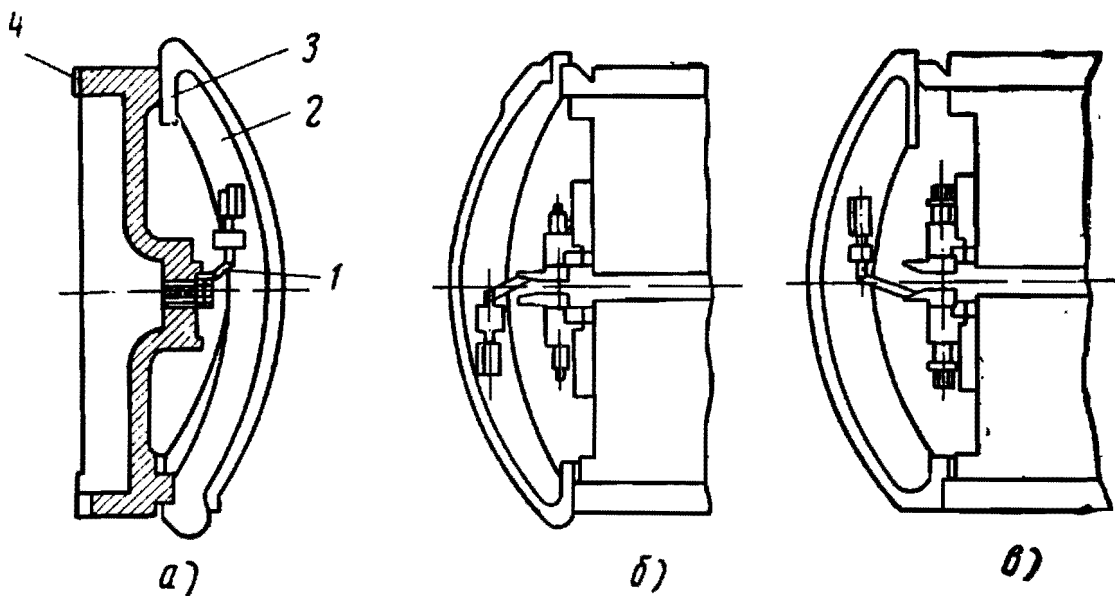


Рис. 116. Схема установки резцов по высоте

навливают таким образом, чтобы он плотно прилегал к плоскости обоих ползунов. Резец 2 продвигают вперед, пока он не коснется проходной части 3 калибра 5, после чего окончательно затягивают винты и вторично проверяют по проходной 3 и непроходной 4 частям калибра.

Установка заготовки и делительной бабки. Заготовку колеса закрепляют в шпинделе делительной бабки станка с соблюдением следующих условий:

- 1) ось заготовки должна совпадать с осью шпинделя;
- 2) вершина начального конуса нарезаемого колеса должна совпадать с геометрическим центром станка.

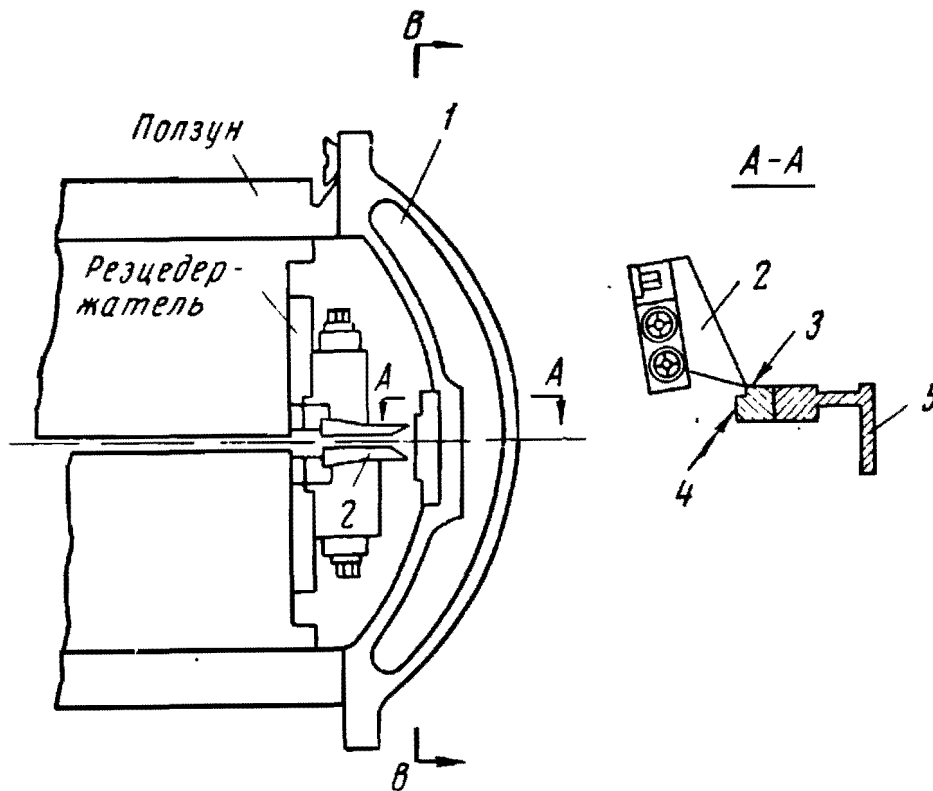


Рис. 117. Схема установки резцов по длине

Эти условия установки обеспечиваются стандартной оправкой, прилагаемой к станку. Вначале эту оправку устанавливают в шпиндель делительной бабки от руки с зазором между торцом шпинделя и торцом оправки не более 0,15—0,25 мм, а затем затягивают до полного устранения зазора. Оправку проверяют на радиальное биение и биение по торцу. Проверяют положение оправки индикатором при ручном вращении шпинделя делительной бабки. Установленная на оправке заготовка вместе с делительной бабкой перемещается вдоль своей оси так, чтобы вершина начального конуса совпадала с геометрическим центром станка. В условиях крупносерийного производства заготовки устанавливают обычно без осевого перемещения для каждой детали, от опорного базового торца. На рис. 118 показана схема такой установки. Делительная бабка устанавливается с точностью 0,02 мм на размер $A + B$, причем размер A отсчитывается по шкале с нониусом, а размер B (размер оправки) измеряется штангенциркулем.

Установка длины хода резцов. Длина хода резцов складывается из длины зуба нарезаемого колеса и перебегов резцов с обеих сторон. Она определяется по формуле

$$l = a + b + c, \quad (24)$$

где b — длина зуба нарезаемого колеса, мм;

a, c — перебеги резцов, принимаемый в пределах 2—5 мм.

Длину хода резцов устанавливают при помощи кривошипного механизма и специального ключа. Ключ имеет шкалу, указывающую, до какого деления нужно передвигать палец кривошипа в зависимости от требуемой длины хода резцов.

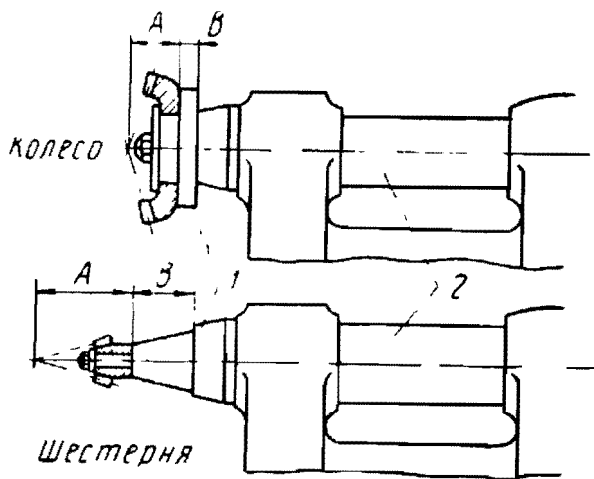


Рис. 118. Схема установки делительной бабки:

1 — торец шпинделя, 2 — шпиндель

Установка величины хода каретки (глубины врезания). Величина хода каретки складывается из высоты зуба и зазора (0,8—1,5 мм), необходимого для свободного поворота колеса. Эту величину хода каретки устанавливают по соответствующей шкале.

Разделение припуска на обработку при чистовом нарезании. При чистовом нарезании предварительно обработанно-

го колеса неравномерное разделение припуска на обработку может привести к получению необработанных мест («черновых») на боковых сторонах зубьев и к неравномерной загрузке резцов. Для предотвращения этого отрицательного явления при наладке станка предварительно нарезанное колесо устанавливают на шпинделе делительной бабки, а затем пускают станок и останавливают его в тот момент, когда люлька, передвигаясь снизу вверх, займет среднее положение, т. е. когда нуль на клине встает против нуля на стойке. В этом положении зуб нарезаемого колеса будет симметричен резцам, и припуск на обработку разделится равномерно на обе стороны зуба.

Настройка гитары скоростей. Гитару скоростей настраивают, исходя из выбранной скорости резания по табл. 36 и числа двойных ходов, определяемого по формуле (19). Найденное число двойных ходов резцов в минуту обеспечивается подбором сменных колес по табл. 39.

Настройка гитары подач. Для подбора сменных колес гитары подач пользуются формулой (20) или данными табл. 40, исходя из принятого времени нарезания одного зуба $t_{\text{сек}}$. Время нарезания одного зуба выбирают по паспорту станка в зависимости от модуля, материала и длины зуба нарезаемого колеса, а также от числа двойных ходов резцов в минуту.

Установка барабана подач. Барабан подач имеет две канавки — правую и левую. При черновом нарезании колес палец вводится в правую канавку, для этого станок повертывается вручную так, чтобы каретка заняла крайнее удаленное от резцов

Подбор сменных колес гитары скоростей для заданного числа двойных ходов резцов

Число двойных ходов резцов в минуту	Ведущее зубчатое колесо А	Ведомое зубчатое колесо В	Число двойных ходов резцов в минуту	Ведущее зубчатое колесо А	Ведомое зубчатое колесо В
85	20	52	221	36	36
97	22	50	247	38	34
110	24	48	276	40	32
125	26	46	309	42	30
141	28	44	347	44	28
158	30	42	391	46	26
177	32	40	442	48	24
198	34	38			

Таблица 40

Подбор сменных колес гитары подач

Время нарезания одного зуба, сек.	Число зубьев сменных колес			
	a_1	b_1	c_1	d_1
	Ведущее	Ведомое	Ведущее	Ведомое
7,6	58	42	37	63
9,3	58	42	30	63
11,2	58	42	25	63
13,3	58	42	21	63
16,0	42	58	37	70
19,7	42	58	30	70
23,7	42	58	25	70
27,4	37	63	30	79
32,9	37	63	25	79
39,2	37	63	21	79
45,0	30	70	25	79
53,6	30	70	21	79
60,5	21	79	30	83
76,0	21	79	25	83
86,5	21	79	22	83

положение. В этом положении фиксируется палец и барабан подач связывается кулисным механизмом с кареткой.

Правая канавка имеет два участка, один из которых обеспечивает медленную подачу невращающейся заготовки к резцам, протрагивающим впадины заданной глубины, а второй — отвод заготовки от резцов при повороте ее на один-два зуба.

При чистовом нарезании колес палец вводится в левую канавку, имеющую четыре участка: первый обеспечивает подачу заготовки на резцы, второй — подачу для полустойковой обработки, третий — быструю подачу заготовки на оставшуюся глубину зуба и четвертый — быстрый отвод заготовки от резцов, поворот на один зуб и быструю подачу на резцы.

Настройка гитары обката и гитары величины обката (величины угла качания). Гитара обката обеспечивает согласованное вращение заготовки нарезаемого колеса и люльки с определенным передаточным отношением. Передаточное отношение и сменные колеса подбирают по формуле (21). Гитара величины обката обеспечивает требуемый угол качания люльки с резцами (вниз—вверх). Подбирают сменные колеса гитары величины обката по табл. 37.

При черновом нарезании колес движение обката излишне и поэтому при такой обработке оно выключается. Для этого поворачивают люльку вручную, пока она не станет в среднее положение (деления на люльке совпадут с риску на станине). Потом снимают сменные колеса a_2 и b_2 (рис. 114) и на их место надевают хомут, которым застопоривают ведомый вал XII, а следовательно, выключается движение обката. Хомут позволяет ведущему валу IV вращаться во втулке и приводить в движение делительный механизм.

При помощи муфты M_2 и колес 31—61 корпус дифференциала поворачивается на один оборот и тем самым производится деление заготовки.

Настройка гитары деления. Гитару деления настраивают для нарезания заданного числа зубьев и подбирают сменные колеса по формулам (22 и 22а):

а) при делении на один зуб

$$\frac{a_4}{b_4} \cdot \frac{c_4}{d_4} = \frac{30}{z}$$

б) при делении на два зуба

$$\frac{a_4}{b_4} \cdot \frac{c_4}{d_4} = \frac{60}{z}$$

Для сокращения времени сменные колеса гитары деления данного станка можно подбирать по табл. 41.

После настройки гитары деления проверяют работу делительного механизма и правильность подбора сменных колес. Для этого устанавливают диск 12 с нониусом (см. рис. 113) в нулевое положение и стопорят его. Далее, отодвинув каретку, пускают станок, и после того как делительный механизм произвел деление, станок останавливают. При этом диск, повернутый вместе со шпинделем, должен показывать $\frac{360}{z}$ градусов.

Таблица сменных колес делительной гитары к зубострогальному станку 526

Число нарезаемых зубьев	Ведущее колесо			Число нарезаемых зубьев	Ведущее колесо			Число нарезаемых зубьев	Ведущее колесо			Число нарезаемых зубьев	Ведущее колесо			Число нарезаемых зубьев	Ведущее колесо			Число нарезаемых зубьев	Ведущее колесо								
	Промежуточная ось	Ведомое колесо	Число нарезаемых зубьев		Промежуточная ось	Ведомое колесо	Число нарезаемых зубьев		Промежуточная ось	Ведомое колесо	Число нарезаемых зубьев		Промежуточная ось	Ведомое колесо	Число нарезаемых зубьев		Промежуточная ось	Ведомое колесо	Число нарезаемых зубьев		Промежуточная ось	Ведомое колесо							
5	100	30	90	50	17	75	68	80	50	29	75	58	48	60	41	60	41	45	90	53	60	53	40	80	65	60	65	40	80
6	100	36	90	50	18	75	63	70	50	30	64	80	75	60	42	60	42	45	90	54	60	54	40	80	66	60	66	40	80
7	100	42	90	50	19	75	57	72	60	31	75	62	64	80	43	60	43	45	90	55	60	55	40	80	67	60	67	40	80
8	100	48	90	50	20	75	60	60	50	32	60	52	65	80	44	60	44	45	90	56	60	56	40	80	68	60	68	40	80
9	100	45	75	50	21	60	63	75	50	33	75	66	64	80	45	60	45	40	80	57	60	57	40	80	69	60	69	40	80
10	100	50	90	60	22	75	66	72	60	34	75	68	64	80	46	60	45	45	90	58	60	58	40	80	70	60	70	45	90
11	80	44	75	50	23	75	69	72	60	35	75	70	64	80	47	60	47	45	90	59	60	59	40	80	71	60	71	45	90
12	100	50	75	60	24	72	48	50	60	36	50	69	69	60	48	60	48	45	90	60	48	60	50	80	72	60	72	45	90
13	90	52	80	60	25	64	56	63	60	37	75	74	64	80	49	60	49	45	90	61	60	61	40	80	73	60	73	45	90
14	90	56	80	60	26	75	52	48	60	38	72	57	50	80	50	60	50	40	80	62	60	62	40	80	74	60	74	45	90
15	90	54	60	50	27	75	63	56	60	39	64	52	50	80	51	60	51	40	80	63	60	63	40	80	75	60	75	45	90
16	75	64	80	50	28	75	56	48	60	40	60	48	54	90	52	60	52	40	80	64	60	64	40	80	76	60	76	45	90

Число нарезае- мых зубьев	Ведущее колесо	Промежуточная ось	Ведомое колесо	Число нарезае- мых зубьев	Ведущее колесо	Промежуточная ось	Ведомое колесо	Число нарезае- мых зубьев	Ведущее колесо	Промежуточная ось	Ведомое колесо	Число нарезае- мых зубьев	Ведущее колесо	Промежуточная ось	Ведомое колесо	Число нарезае- мых зубьев	Ведущее колесо	Промежуточная ось	Ведомое колесо	Число нарезае- мых зубьев	Ведущее колесо	Промежуточная ось	Ведомое колесо
77	60	77 45	90	92	40	69 45	80	111	32	74 50	80	129	30	86 60	90	148	30	74 45	90	169	30	65 35	91
78	60	78 45	90	93	36	62 50	90	112	30	70 50	80	130	30	65 45	90	150	30	75 45	90	170	30	68 40	100
79	60	79 45	90	94	50	47 30	100	114	40	76 45	90	132	50	77 35	100	152	30	75 45	90	171	30	76 40	90
80	60	80 45	90	95	45	57 40	100	115	30	69 48	80	133	39	76 40	91	153	30	68 40	90	172	30	86 50	100
81	40	60 50	90	96	30	60 50	80	116	30	58 45	90	134	30	67 45	90	154	30	77 45	90	175	30	70 40	100
82	60	82 45	90	97	45	97 60	90	117	32	78 50	80	135	30	75 50	90	155	30	62 40	100	178	30	89 50	100
83	60	83 45	90	98	50	49 30	100	118	30	59 45	90	136	30	68 45	90	156	30	78 45	90	180	30	90 50	100
84	50	70 45	90	99	40	66 45	90	119	30	68 52	91	138	30	69 45	90	158	30	79 45	90	182	30	78 39	91
85	40	68 54	90	100	30	60 48	80	120	30	60 45	90	140	30	70 45	90	160	30	80 45	90	185	30	74 40	100
86	45	86 60	90	102	50	51 30	100	122	30	61 45	90	142	30	71 45	90	161	30	69 39	91	190	30	76 40	100
87	40	58 45	90	104	50	52 30	100	123	30	82 60	90	143	35	77 42	91	162	30	72 40	90	194	30	97 50	100
88	30	66 60	80	105	40	70 45	90	124	30	62 45	90	144	30	80 50	90	164	30	82 45	90	195	30	78 40	100
89	40	89 60	80	106	50	53 30	100	125	30	75 48	80	145	30	58 40	100	165	30	66 40	100	200	30	80 40	100
90	40	80 60	90	108	50	54 30	100	126	30	63 45	90	146	30	73 45	90	166	30	83 50	100				
91	45	91 60	90	110	50	55 30	100	128	30	64 45	90	147	30	63 39	91	168	30	72 39	91				

§ 14. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗУБОСТРОГАЛЬНЫХ СТАНКОВ

В промышленности СССР применяют зубострогальные станки отечественного производства и иностранных фирм. Наиболее распространены станки отечественного производства моделей: 523, 5П23Б, 5Т23, 5А250, 526, 5А26, 5282, 5284, 5А283 и 52ТМ2 и станки иностранных фирм: Гайденрайх—Гарбек моделей 12КН, 15КН, 15КНС, 25КН, 25КНС, 50КН, 50КНС, 75КН и 75КНС; фирмы Глисон моделей 3", 8" и 12" и фирмы Модуль модели ZS_tWK280×8.

Станки 523, 5П23Б предназначены для чернового и чистового нарезания прямозубых конических колес модулем до 2,5 мм 7—8-й степени точности, а станок 5Т23 — для нарезания конических колес повышенной точности модулем до 1,5 мм.

Станки 526 и 5А26 служат для чернового и чистового нарезания прямозубых конических колес модулем до 8 мм (на станке 5А26 черновое нарезание производят до модуля 5 мм). Станок 526 прост по конструкции, обладает высокой жесткостью и рекомендуется для использования его в условиях мелкосерийного и индивидуального производства.

Станок 5А26, созданный на базе станка 526, имеет более совершенную конструкцию и его целесообразно применять в условиях серийного и массового производства.

Станки 5282, 5А283 и 52ТМ2 предназначены для чернового и чистового нарезания крупногабаритных конических прямозубых колес модулем до 16 мм (станок 5282), модулем до 30 мм (станок 5А283) и модулем до 40 мм (станок 52ТМ2).

Станок 5284 предназначен для чернового и чистового нарезания конических колес с прямыми и косыми зубьями модулем до 25 мм.

В табл. 42 приведены технические характеристики некоторых моделей зубострогальных станков отечественного производства.

Станки фирмы Гайденрайх—Гарбек моделей 15КН, 25КН, 50КН, 75КН и 100КН предназначены для чернового и чистового нарезания конических прямозубых колес, а на станках моделей 15КНС, 25КНС, 50КНС, 75КНС и 100КНС можно нарезать не только прямозубые, но и косозубые конические колеса.

Станки фирмы Гайденрайх—Гарбек являются полуавтоматами; работа их основана на одном принципе и отличаются они друг от друга размерами и некоторыми конструктивными особенностями. Нарезание конических колес на этих станках основано на воспроизведении зацепления нарезаемого колеса с обрабатываемым плоским производящим колесом.

Станки модели 12КН предназначены для нарезания мелко-

**Технические характеристики некоторых наиболее распространенных
зубострогальных станков отечественного производства для нарезания
конических колес**

Показатели	Модели станков					
	523	5П23Б	526	5А26	5282	5284
Длина образующего конуса, мм:						
наибольшая	57	63	305	300	410	750
наименьшая	12	7	0	0	105	225
Наибольший нарезаемый модуль колеса, мм	2,5	2,5	8	5	16	25
Число нарезаемых зубьев колеса:						
наибольшее	80	100	100	100	100	180
наименьшее	10	10	10	10	10	12
Угол делительного конуса:						
наибольший	75°58'	84°18'	84°18'	84°18'	84°18'	84°18'
наименьший	14°2'	5°42'	5°42'	5°42'	5°42'	5°42'
Наибольшая длина зуба нарезае- мого колеса, мм	22	20	90	90	150	235
Число двойных ходов резцов (рез- цедержателей) в минуту	194— 770	160— 800	85— 442	54— 470	27— 192	—

Примечание. На станках указанных моделей нарезают конические колеса только с прямыми зубьями, кроме станка 5284, на котором нарезают конические колеса с прямыми и косыми зубьями.

модульных прямозубых конических колес и работают они по иной схеме.

Станки фирмы Глисон моделей 3", 8" и 12" предназначены для чернового и чистового нарезания прямозубых конических колес. На станке модели 3" можно нарезать колеса модулем до 2,5 мм, на станке модели 8" — модулем до 6,35 мм и на станке модели 12" — модулем до 8,4 мм. Нарезание конических колес на этих станках основано на воспроизведении зацепления заготовки нарезаемого колеса с воображаемым плоским производящим колесом. Зубонарезание на этих станках производится двумя резцами.

Станки фирмы Модуль модели ZS_tWK280×8 предназначены для чернового и чистового нарезания прямозубых и косо-зубых конических колес модулем до 8 мм. Работа этих станков также основана на воспроизведении зацепления заготовки нарезаемого колеса с воображаемым плоским производящим колесом.

В табл. 43 приведены технические характеристики некоторых станков иностранных фирм.

**Технические характеристики некоторых наиболее распространенных
зубострогальных станков иностранных фирм для нарезания
конических колес**

Показатели	Фирмы-изготовители				
	Гайденрайх-Гарбек				Глисон
	Модели станков				
	12КН	15КН, 15КНС	25КН, 25КНС	50КН, 50КНС	75КН
Длина образующей делительного конуса, мм:					
наибольшая	60	105	143	283	305
наименьшая	—	—	—	—	—
Наибольший нарезаемый модуль колеса, мм	1,5	5	8	10	8,5
Число нарезаемых зубьев колеса:					
наибольшее	100	200	200	200	200
наименьшее	8	10	10	10	10
Угол делительного конуса:					
наибольший	90°	82°14'	82°14'	82°14'	84°18'
наименьший	11°19'	7°36'	7°36'	7°36'	5°42'
Наибольшая длина зуба нарезаемого колеса, мм	22	50	70	85	90

Г. Закругление зубьев и шевингование зубчатых колес

Закругление зубьев колес. Для облегчения условий переключения зубчатых колес, которые по роду работы должны входить или выходить из зацепления (например, в коробках скоростей), зубья этих колес по торцам закругляют. Закругление зубьев можно выполнять как на обычных зубофрезерных станках червячной фасонной фрезой, так и на специальных зубозакругляющих станках пальцевой или трубчатой фрезой.

На станке 5580 закругляют зубья колес диаметром до 320 мм с прямыми и винтовыми зубьями наружного и внутреннего зацепления, а также снимают фаски и заусенцы с торцов зубьев после их нарезки. На рис. 119, а показана рабочая часть станка 5580 в процессе закругления зубьев пальцевой фрезой.

Закругление зубьев осуществляется путем сочетания непрерывного вращения обрабатываемого колеса и синхронного возвратно-поступательного движения вращающегося инструмента. За один двойной ход инструмента изделие успевает повернуться на один угловой шаг. Инструментом служит пальцевая коническая фреза, перемещение которой вдоль зуба колеса осуществляется от вращающегося фасонного кулачка станка.

При закруглении внутренних зубьев применяют приспособление, показанное на рис. 119, б. Зубозакругляющий станок 557 работает трубчатой коронной фрезой. Во время работы инструмент находится постоянно в вертикальном положении, а заготовка наклонена к оси оправки инструмента под углом 30—45°. Станок работает по автоматическому циклу: быстрый подвод инструмента к заготовке, рабочая подача и возврат инструмента в исходное положение. Заготовка закрепляется в специальном приспособлении на оправке. Эти станки дают высокую производительность (0,5—2 сек. на зуб).

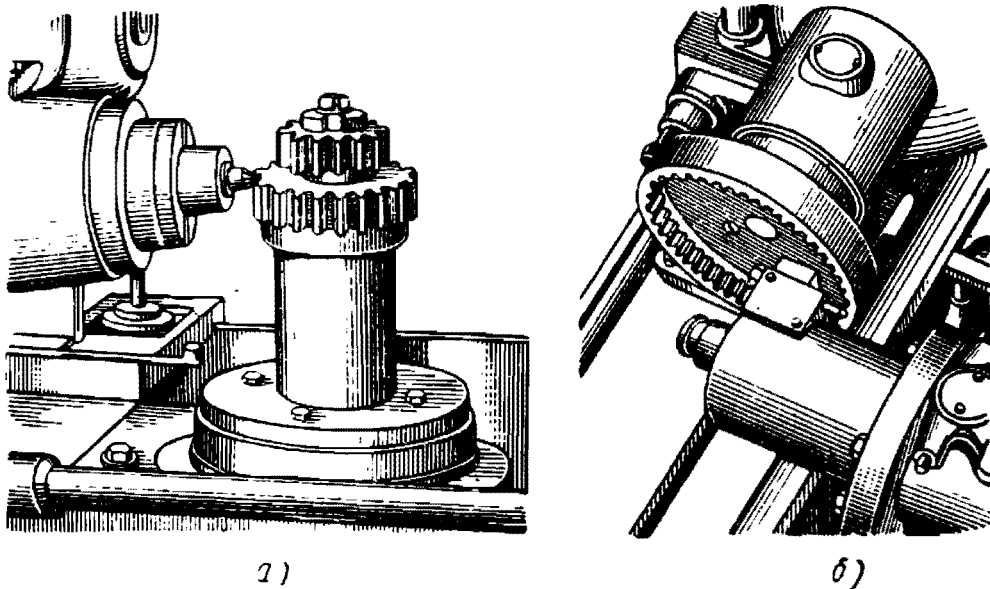


Рис. 119. Закругление торцов зубьев колеса:
 а — внешнего зацепления, б — внутреннего зацепления

Шевингование зубчатых колес. Зубчатые колеса, к которым предъявляются повышенные требования точности и чистоты поверхности, должны подвергаться отделочной обработке. Отделочная обработка незакаленных зубчатых колес в большинстве случаев производится шевингованием. Шевингование (что по-английски означает бреющее резание) осуществляется специальным инструментом, называемым шевером, на шевинговальных станках.

Шевингование позволяет получать зубчатые колеса с отклонением по профилю в пределах 0,01 мм, по шагу 0,005 мм при чистоте поверхности $\nabla 8$ — $\nabla 9$. Накопленная погрешность окружного шага исправляется незначительно, так как между шевером и обрабатываемым колесом нет жесткой кинематической связи.

Практикой установлены следующие величины припусков под шевингование.

Модуль, мм	1,5—2,5	3—4	4,5—6
Припуск, мм	0,03—0,04	0,05—0,06	0,06—0,08

Шевингование основано на взаимном скольжении находящихся в зацеплении зубьев шевера и колеса. Если цилиндрическое зубчатое колесо с прямыми зубьями перекачивать по рейке с косыми зубьями, параллельно торцу рейки, то оно, кроме вращательного движения, получает еще и поступательное перемещение вдоль своей оси. Если теперь зубчатое колесо удерживать от осевого перемещения, то при перекачивании колеса по неподвижной рейке между зубьями возникнет усиленное скольжение. Скорость этого скольжения и есть скорость резания при шевинговании.

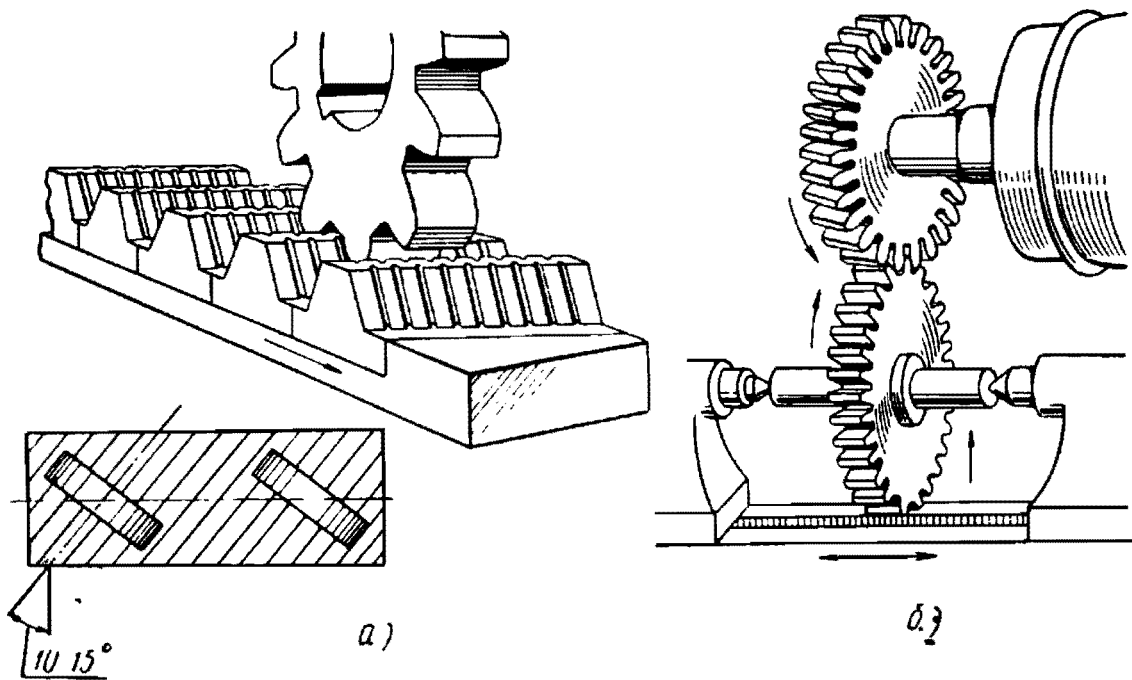


Рис. 120. Шевингование зубчатых колес:
 а — шевером-рейкой, б — шевером-шестерней

Шевингование осуществляется шевер-рейкой и шевер-шестерней. Схема шевингования шевером-рейкой представлена на рис. 120, а. Шевер-рейка представляет собой рейку с косыми зубьями, на которых выполнены прямоугольные канавки. Шевер-рейка закалена и шлифована. Наружные края канавок представляют собой режущие кромки. Обрабатываемое зубчатое колесо расположено на оправке, установленной в центрах, а шевер-рейка, укрепленная на столе станка, движется возвратно-поступательно. Ось обрабатываемого колеса установлена под углом, равным углу наклона зубьев шевера-рейки $\alpha = 10-15^\circ$. При движении рейки в результате скольжения режущие кромки канавок, нарезанных на зубьях рейки, будут срезать (сбривать) весьма тонкую стружку (толщина от 1 до 5 мк) с поверхности зубьев обрабатываемого колеса.

Наибольшее распространение получили станки, работающие шевером-шестерней, так как процесс при этом осуществляется непрерывно. Шевер-рейку можно рассматривать как развертку

шевер-шестерни. Шевер-шестерня также выполнена с канавками на боковых поверхностях косых зубьев. Поэтому принцип переkreщивания осей шевера и обрабатываемого колеса сохраняется здесь полностью. Шевер-шестерня более универсальный инструмент, чем шевер-рейка. Ею можно обрабатывать зубчатые колеса как с внутренним, так и с внешним зацеплением, а также колеса с буртиком и блочные.

Схема шевингования шевер-шестерней представлена на рис. 120, б. Шевер-шестерня получает принудительное вращение и приводит во вращение изделие. Обрабатываемое зубчатое колесо надето на оправку, установленную в центрах двух бабок, закрепленных на столе станка. После каждого хода стола в продольном направлении в пределах длины зуба колеса стол с изделием подается вверх на величину радиальной подачи.

Д. Уход за зуборезными станками

Зуборезные станки изготовляют с определенной, весьма высокой точностью. Сохранение точности станков в процессе их эксплуатации является первоочередной задачей рабочего-зуборезчика и администрации цеха.

Появление различных неточностей во взаимном расположении направляющих суппортов, стола и других узлов станка, биение оси шпинделя и стола станка, ошибки в делительной червячной паре и т. п. вызывают погрешности в нарезаемых колесах. Поэтому зуборезные станки периодически проверяют на точность работы. Для этой цели существуют нормы точности, установленные для зубофрезерных станков ГОСТ 659—53, для зубодолбежных ГОСТ 658—56 и для зубострогальных ГОСТ 9153—56. Этими стандартами предусматриваются методы и средства проверки станков на точность.

После установки или после ремонта зуборезные станки проверяют на холостом ходу. При испытании станка проверяют:

- 1) правильность действия всех органов управления;
- 2) работу автоматических устройств, упоров, делительных механизмов и др.;
- 3) систему подачи смазочной и охлаждающей жидкости;
- 4) систему электрооборудования (безотказный пуск и остановка, действие защитных и аварийных блокировок и т. д.).

Кроме этого, проверяют состояние подвижных соединений станка. Для этого последовательно включают рабочие скорости от низшей к высшей. После работы станка в течение 30 мин. температура подшипников не должна превышать 70—80°C, а механизмов коробок скоростей — 50°C.

Большое значение для успешного нарезания зубчатых колес имеет подготовка станка к работе. При подготовке станка к работе прежде всего проверяют состояние поверхности стола, посадочных мест станка, оправок для заготовок, приспособлений и принадлежностей. Следует также тщательно проверить изготовление оправок для инструмента, диаметр которых должен выполняться с точностью 0,005—0,010 мм. До работы необходимо тщательно осмотреть и проверить положение рукояток. Удалить со станка посторонние предметы и смазать трущиеся части; убедиться, что масло подается в надлежащие места. Опробовать станок вручную и потом пустить его вхолостую.

Необходимо особо отметить, что сохранение точности станков и долговечность их работы во многом зависят от правильного ухода за ними. Нельзя представить себе высококвалифицированного рабочего, у которого станок имел бы забоины, задиры, был бы разболтан, загрязнен. Рабочий должен не только правильно обслуживать свой станок, но и беречь его.

Настраивая станок, нельзя допускать ударов по его деталям. Детали станка, имеющие подвижные посадки, должны садиться на свои места от приложения к ним незначительных усилий. Если это не удается, значит в места сопряжений попала стружка и грязь или же на посадочных местах имеются забоины и т. п. В таких случаях следует обязательно найти причину плохой посадки и устранить ее, так как стоит только один раз принудительно соединить детали, как появятся задиры, царапины или забоины. Особенно часто это встречается на сменных зубчатых колесах. Если одно сменное колесо с неисправным отверстием принудительно посадить на втулку пальца гитары, то следующее колесо на эту втулку свободно не сядет.

Зуборезные станки работают с применением охлаждающей жидкости, которая во время работы разбрызгивается и мелкие частицы ее оседают на поверхности станка. Они улавливают пыль, металлические частицы и образуется грязь, которая, проникая между трущимися деталями станка, может вызвать задиры и даже поломку станка. Поэтому необходимо каждую смену протирать станок сухим обтирочным материалом и раз в неделю производить генеральную очистку.

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЗУБОРЕЗНЫХ СТАНКОВ

К электрооборудованию металлорежущих станков, в том числе и зуборезных, относятся прежде всего электродвигатели и аппаратура управления. В станках чаще всего применяют асинхронные короткозамкнутые электродвигатели простой конструкции, не требующие для своего обслуживания высококвалифицированного персонала.

На рис. 121, *а* показан асинхронный короткозамкнутый электродвигатель в разобранном виде. Он состоит из двух главных частей: неподвижной — статора *а* и вращающейся — ротора *б*. Статор электродвигателя набирается из отдельных стальных листов (рис. 121, *б*), которые изолируются друг от друга и, будучи спрессованными, образуют конструкцию, показанную на рис. 121, *в*. В пазы статора укладывается обмотка статора. Ротор двигателя также набирается из стальных листов (рис. 121, *г*), которые прессуются и закрепляются на валу, как показано на рис. 121, *д*. В пазы ротора укладывают медные стержни, которые на торцовых частях соединяются друг с другом медными кольцами, образуя обмотку ротора, показанную на рис. 121, *е*. Внешний вид одного из таких двигателей показан на рис. 121, *ж*.

У электродвигателей следует различать мощности: номинальную продолжительную, мгновенную перегрузочную и кратковременную. Номинальную продолжительную мощность двигатель может развивать произвольно долгое время, не перегреваясь выше предела, ограниченного допустимой температурой нагрева изоляции двигателя.

Мгновенную перегрузочную мощность двигатель может развивать в течение весьма короткого времени, измеряемого секундами; эта мощность определяется конструкцией и электромагнитными свойствами двигателя.

Кратковременную перегрузочную мощность двигатель может развивать в течение 15—60 мин., не перегреваясь свыше допустимых для его изоляции температур.

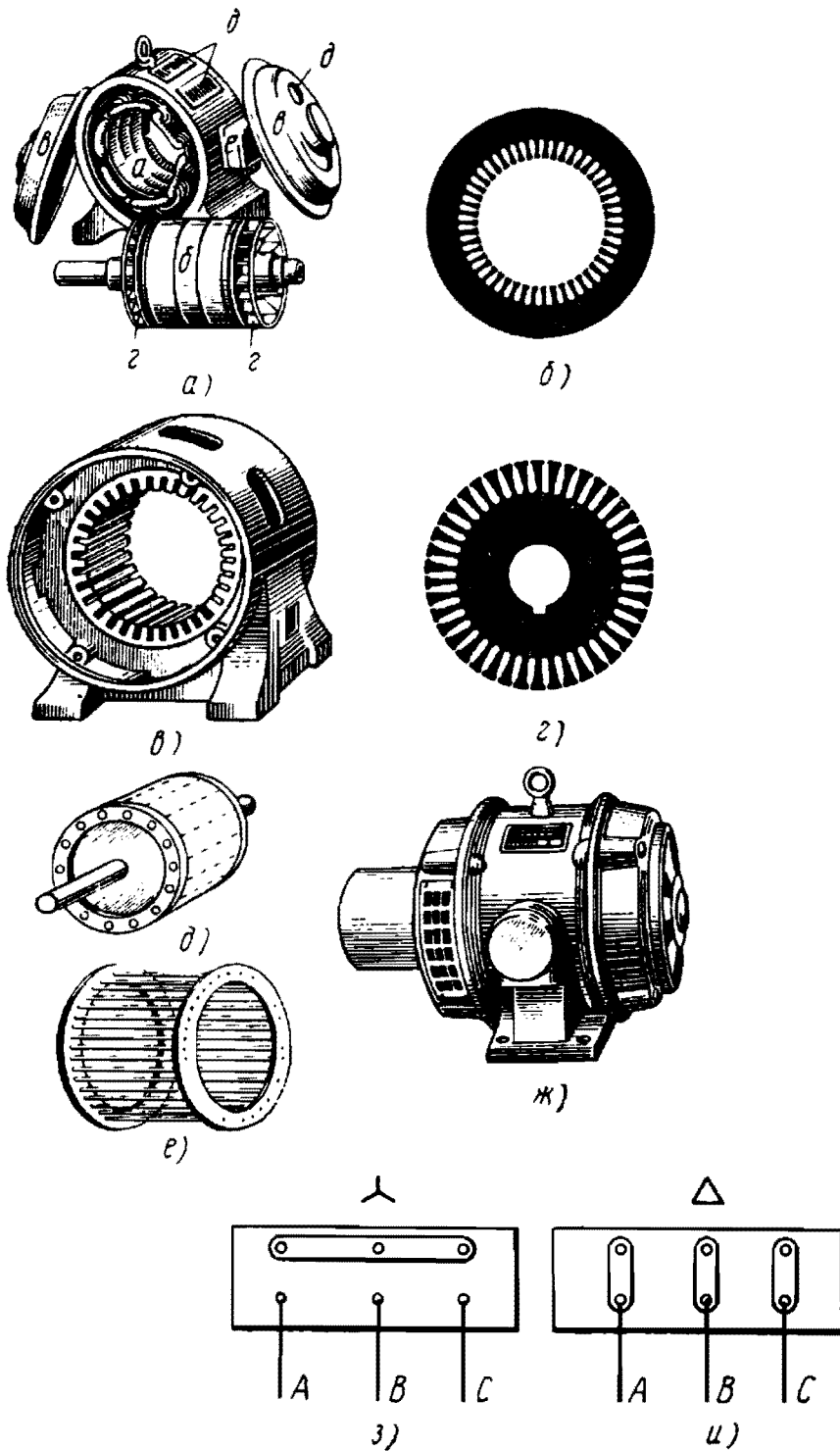


Рис. 121. Электродвигатель:

a — основные части двигателя, *б* — стальные листы статора, *в* — статор двигателя, *г* — стальные листы ротора, *д* — ротор двигателя, *е* — обмотка ротора, *ж* — общий вид двигателя, *з* — соединение зажимов при включении обмоток звездой, *и* — соединение зажимов при включении обмоток треугольником

При выборе электродвигателя для металлорежущего станка исходят из номинальной продолжительной мощности, которая указывается на его щитке.

Обмотки статора трехфазного двигателя соединяются звездой или треугольником. Начала и концы обмоток оканчиваются зажимами, которые располагаются на щитке, укрепленном на статоре двигателя. На рис. 121, *з* и *и* показаны соединения зажимов двигателя при включении его обмоток звездой (*з*) и треугольником (*и*).

Обмотки каждой фазы асинхронного двигателя рассчитывают на определенное номинальное фазное напряжение. Если линейное напряжение сети, к которой присоединяется двигатель, равно номинальному фазовому напряжению двигателя, то его обмотки соединяются треугольником. Если же линейное напряжение сети, к которой присоединяется двигатель, в $\sqrt{3}$ (в 1,73) раза выше номинального фазового напряжения двигателя, то обмотки его соединяются звездой. Например, при напряжении сети $U = 380$ в и номинальном фазовом напряжении двигателя 220 в его обмотки должны быть соединены только звездой. Таким образом, каждый двигатель имеет два номинальных напряжения, отличающихся друг от друга в $\sqrt{3}$ раза.

При неавтоматическом управлении все операции с двигателями: включение, выключение, изменение скорости и направления вращения — производятся вручную обслуживающим персоналом. Для этой цели в цепи двигателя устанавливают рубильники, выключатели, контроллеры, реостаты, а для защиты от теплового действия — предохранители и автоматические выключатели.

Автоматическое управление, т. е. управление без вмешательства обслуживающего персонала, осуществляется при помощи аппаратов управления. Аппараты автоматического управления можно разделить на две группы: контакторы — аппараты включений и выключений, управляемые на расстоянии; реле — аппараты, воздействующие на приборы управления двигателем, т. е. на контакторы, выключатели и другие командоаппараты: при помощи реле обслуживающий персонал или сам станок может воздействовать на контакторы.

Рубильники служат для ручного включения и выключения двигателей и других приемников электроэнергии. Их применяют в цепях постоянного и переменного тока напряжением до 500 в и при токах до 1000 а. Существуют однополюсные, двухполюсные и трехполюсные рубильники. Рубильники состоят (рис. 122, *а*) из медных ножей 1, которые могут поворачиваться на осях 5, укрепленных в неподвижных контактах 4. К контактам при помощи болтов и гаек присоединяются провода от электродвигателя и от какого-либо другого приемника энергии. При

замыкании цепи медные ножи входят в промежуток между пружинящими контактами 3, к зажимам которых подключаются провода 2 от электрической сети.

Кроме рассмотренного типа рубильников, применяют перекидные рубильники (рис. 122, б), которые служат рубильника-

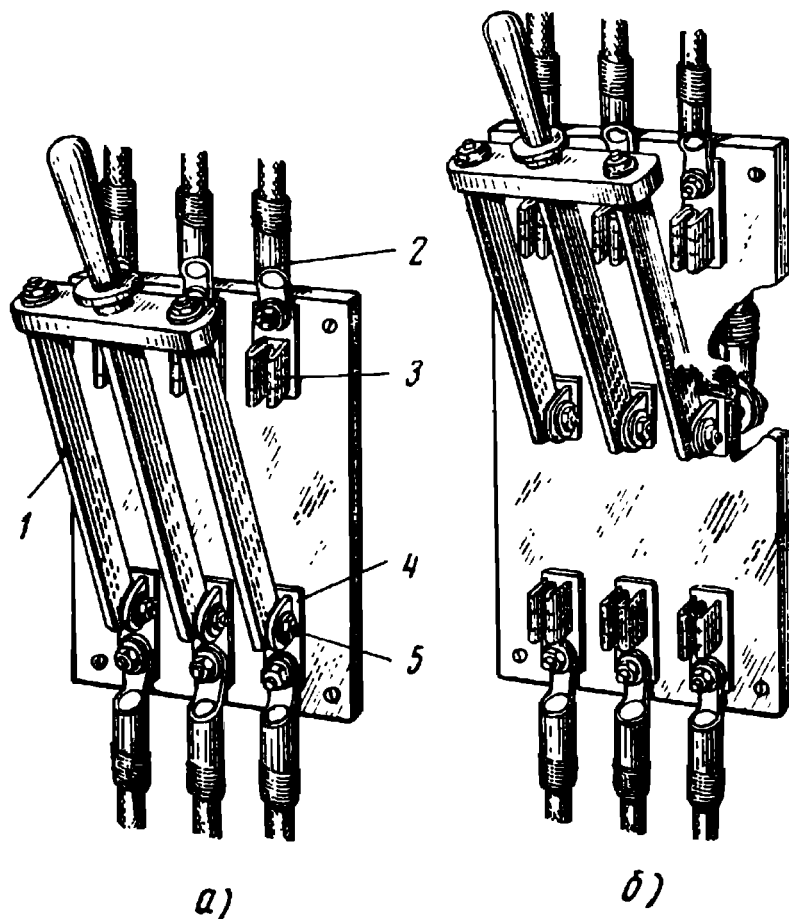


Рис. 122. Трехполюсные рубильники:
а — односторонний, б — двухсторонний перекидной рубильник

ми-переключателями. Рубильники-переключатели, кроме верхних пружинящих контактов, имеют такое же количество нижних контактов. Ножи перекидного рубильника можно соединить как с верхними, так и с нижними контактами.

Одной из разновидностей выключателей и переключателей, имеющих наиболее широкое применение при автоматизации металлорежущих станков, являются путевые (концевые) выключатели и переключатели, предназначенные для замыкания и размыкания соответствующей электрической цепи управления в момент, когда движущаяся часть станка достигла определенного положения. Путевые выключатели и переключатели могут быть немгновенного и мгновенного действия.

Выключатели и переключатели немгновенного действия срабатывают постепенно, по мере воздействия на них движущейся части станка, а мгновенного действия срабатывают мгновенно, как только степень воздействия достигнет заданной величины.

В системах автоматического управления часто применяют немгновенные путевые переключатели типа ВК-411 (рис. 123, а). В чугунном корпусе (на рисунке не показан), непроницаемом для пыли и жидкости, помещена карболитовая пластина 12, на которой укреплены неподвижные контакты 1, 5, 9 и 13. Сквозь отверстие в пластине проходит карболитовый щиток 7, несущий

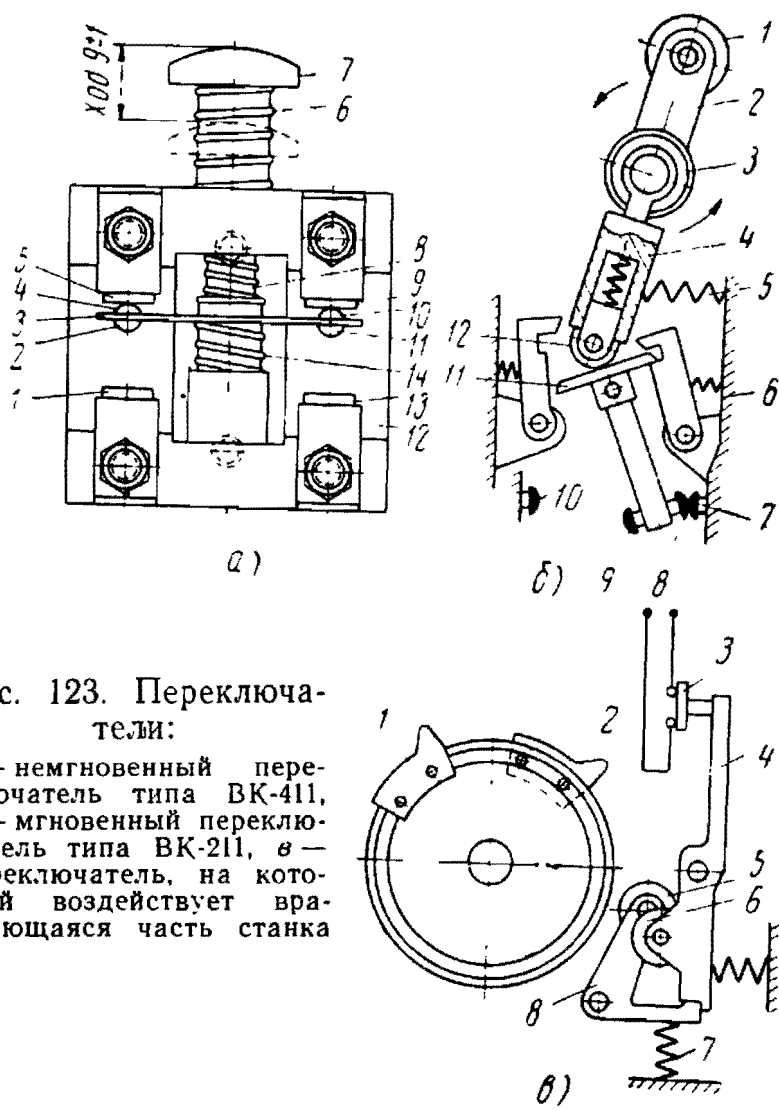


Рис. 123. Переключатели:
 а — немгновенный переключатель типа ВК-411,
 б — мгновенный переключатель типа ВК-211, в — переключатель, на который воздействует вращающаяся часть станка

мостик 3 с подвижными контактами 2, 4, 10 и 11. Мостик находится под действием пружин 8, 6 и 14. На карболитовый щиток воздействует стальной штифт, установленный в чугунном корпусе. Один конец этого штифта выступает из корпуса наружу. Действием пружины 6 мостик 3 нормально удерживается в положении, при котором контакты 4—5 и 9—10 замкнуты. Корпус переключателя крепится к неподвижной части станка. При нажиме движущейся части на шток 7 (через стальной штифт чугунного корпуса) мостик отходит влево и контакты 4—5 и 9—10 размыкаются, а контакты 1—2, 13—11 замыкаются. По прекращении воздействия на щиток 7 контактное устройство возвращается в исходное положение пружины 6.

Переключатели немгновенного действия применяют при скоростях перемещения более 0,4 м/мин. При меньших скоростях

наблюдается значительное разрушение контактной системы из-за появления длительно действующих контактных дуг. В таких случаях предпочтение отдается переключателям мгновенного действия.

У переключателя мгновенного действия ВК-211 (рис. 123, б) при нажиме движущейся части станка на ролик 1 рычаг 2 поворачивается против часовой стрелки, увлекая за собой поводок 4, при этом ролик 12 отводит защелку 6 и поворачивает планку 11 вокруг ее оси, вызывая размыкание контактов 7—8 и замыкание контактов 9—10.

Связь между рычагом 2 и поводком 4 осуществляется через набор ленточных пружин 3. Это позволяет иметь отклонение рычага 2 на угол больше требуемого. Возврат переключателя в исходное положение после прекращения воздействия на ролик 1 производится действием пружины 5.

Там, где требуется получать действие переключателя при очень малом перемещении штока и небольшом на него давлении, используются переключатели, известные под названием микропереключателей. Микропереключатели МП1 имеют перемещение штока 0,5—0,7 мм.

Если подвижная часть станка, положение которой определяет срабатывание переключателя, совершает не поступательное, а вращательное движение, конструкция переключателей несколько видоизменяется. В одном из таких переключателей (рис. 123, в) на вращающемся валу укреплен диск 1, имеющий на торцовой поверхности по окружности Т-образный паз для крепления в требуемом положении двух кулачков 2 и 3. Контакты 4 нормально замкнуты мостиком 5 рычага 6. В этом положении рычаг 6 фиксируется защелкой 13, удерживаемой в поднятом положении пружиной 11.

При вращении диска 1 кулачок 3 нажимает на ролик 8 и поворачивает рычажок 13 вокруг оси 12, отводя вниз защелку. Действием пружины 10 рычаг 6 поворачивается вокруг оси 7 и, отводя мостики, размыкает контакты 4. Такое положение сохраняется до тех пор, пока при дальнейшем вращении диска второй кулачок 2 не нажмет на ролик 9, укрепленный на рычаг 6, не повернет его против часовой стрелки: контакты 4 вновь окажутся разомкнутыми. Пружина 11 поднимает защелку 13 и фиксирует это положение рычага.

Контакторы служат для автоматического включения и выключения электродвигателей и других приемников тока. На рис. 124, а приведена схема устройства контактора, который состоит из электромагнита 1, якоря 7, расположенного на оси 6, главных контакторов 2 и зажимов 3 и 4 для присоединения проводов электросети. Все детали контактора устанавливают на панели 8.

При протекании тока по обмотке электромагнита контактора, его сердечник намагничивается и притягивает якорь, который, поворачиваясь на своей оси, замыкает главные контакты.

Благодаря замыканию главных контактов ток проходит с зажима 3 через гибкий провод 5 на зажим 4, а далее — в управляемый контактором электродвигатель или другой приемник тока. Для выключения электродвигателя цепь электромагнита размыкается (прекращается подача тока в обмотку электромагнита), его сердечник размагничивается и якорь размыкает главные контакты цепи.

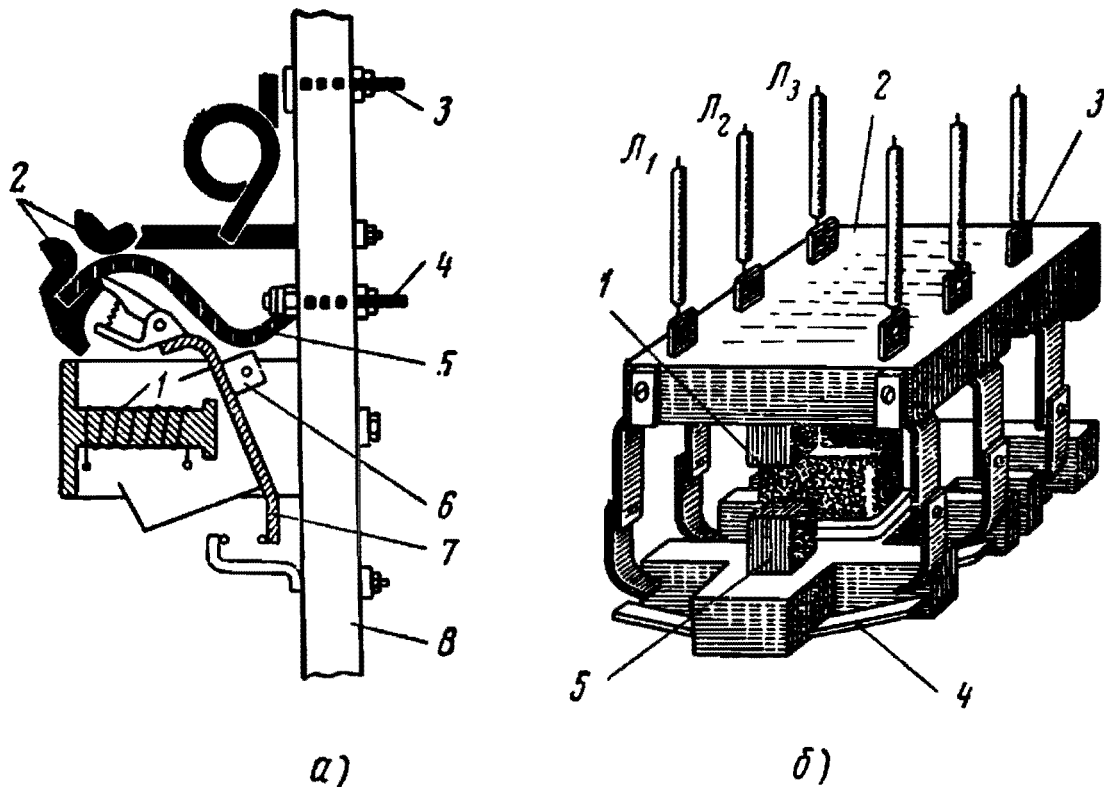


Рис. 124. Аппараты дистанционного управления:
а — контактор, б — магнитный пускатель

Контакторы широко применяют для управления электродвигателями на металлорежущих станках.

Дистанционное управление (управление на расстоянии) электрическими двигателями трехфазного переменного тока осуществляется при помощи трехполюсных контакторов — магнитных пускателей. На рис. 124, б приведена одна из конструкций магнитных пускателей. Электромагнит 1 со стальным сердечником прикреплен к верхнему основанию 2. Внизу расположен якорь 5, на котором укреплены изолированные друг от друга три контактные пластины-перемычки 4. Основание 2 пускателя снабжено контактами 3, к которым присоединяются провода L_1 , L_2 , L_3 от сети трехфазного тока и провода, идущие от электродвигателя.

При прохождении электрического тока через обмотку электромагнита создается магнитное поле и якорь притягивается к сердечнику. Контактные пластины-перемычки якоря соединяют

между собой контакты, к которым подключены провода от сети трехфазного тока и от электродвигателя, и происходит включение электродвигателя.

Для выключения электродвигателя питание электромагнита током прекращается, якорь под действием собственного веса опускается и контактные пластины-перемычки отключают электродвигатель от сети.

Контроллеры служат для одновременного выполнения нескольких переключений в электрических цепях при пуске электродвигателей, регулировании скорости, изменении направления вращения электрических двигателей.

Контроллер состоит из медных сегментов 1 (рис. 125), укрепленных на валу 2 из непроводящего ток материала. Сегменты являются подвижными контактами и перемещаются при повороте рукоятки 3 вместе с валом. С подвижными контактами могут соединяться неподвижные пружинящие контакты 4, изолированные друг от друга. Число сегментов в контроллере равно числу его пружинящих неподвижных контактов, к которым присоединяют провода, идущие от управляемых электродвигателей и других приемников электроэнергии.

Подвижные сегменты устанавливают в соответствии с заданным циклом переключений, и при повороте вала одни сегменты замыкаются с неподвижными контактами, а другие размыкаются.

Предохранители предназначены для защиты электродвигателей и других приемников электроэнергии от теплового действия тока при перегрузках и коротких замыканиях. Они разделяются на пробочные и пластинчатые, применяемые в установках с напряжением до 500 в, и трубчатые, применяемые в установках с большим напряжением.

Когда через предохранитель проходит ток, превышающий допустимую величину, этот предохранитель плавится и размыкает цепь, в которую он включен. Величина предельно допустимого тока, указанная на предохранителях, является одним из показателей, по которым их выбирают.

Пробочный предохранитель (рис. 126, а), рассчитанный на ток в 6, 10 или 20 а, представляет собой металлический цилиндр с резьбой, укрепленный на фарфоровом основании 1. Легкоплавкую проволоку, рассчитанную на определенную силу то-

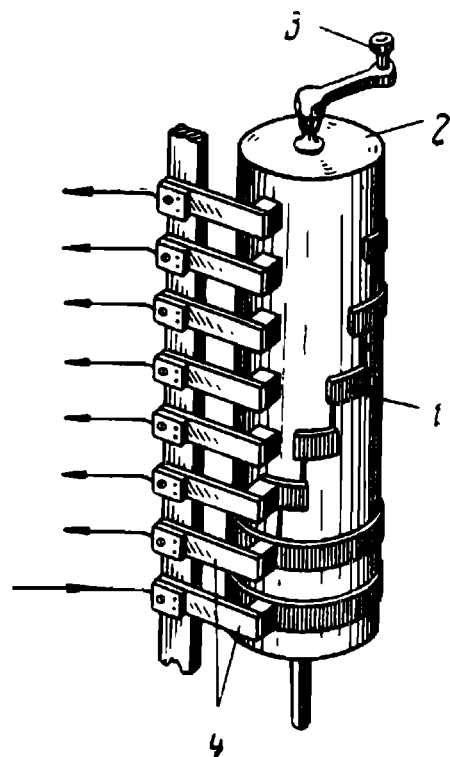


Рис. 125. Контроллер

ка, припаивают одним концом к цилиндру 2, а другим — к контакту 3. Пробку ввинчивают в патрон из изоляционного материала. При прохождении тока, превышающего предельную величину, легкоплавкая проволока плавится и цепь разъединяется.

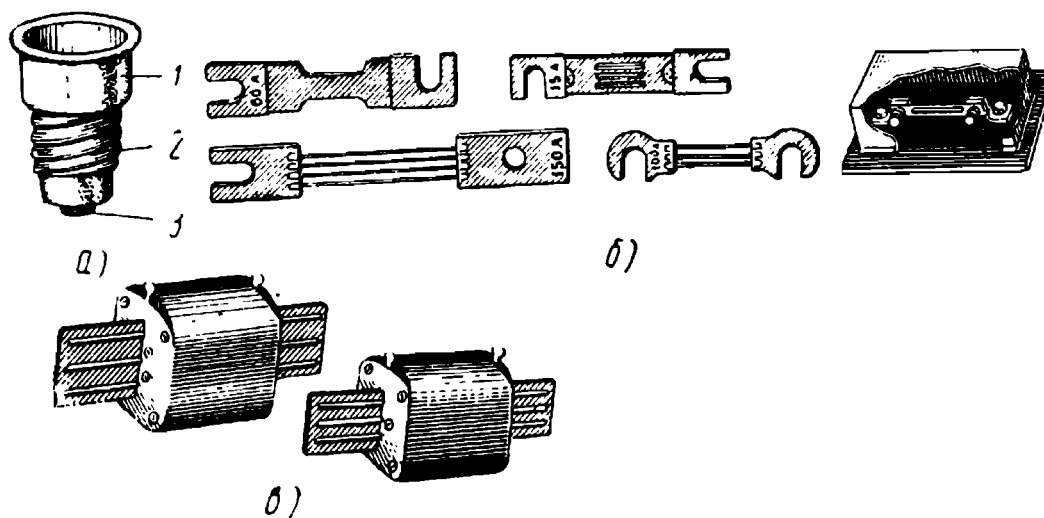


Рис. 126. Предохранители:

а — пробочный предохранитель, б — пластинчатые предохранители,
 в — пластинчатый предохранитель типа ПН

Пластинчатый предохранитель (рис. 126, б) имеет плавкую вставку, выполненную в виде металлической пластины или состоящую из нескольких проволок, снабженных наконечниками, при помощи которых они укрепляются винтами на контактах предохранителя.

На рис. 126, в приведена другая разновидность пластинчатого предохранителя типа ПН с закрытым патроном и наполнителем. Такие предохранители применяют для защиты электрических установок напряжением до 500 в; по сравнению с другими предохранителями они имеют меньшие габариты и вес и большую отключающую способность.

ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

Технологическим процессом механической обработки деталей машин называется последовательное превращение заготовки (отливки, поковки и т. п.) в готовую деталь путем изменения ее формы и размеров.

Технологический процесс делится на основные части или на элементы технологического процесса: операции, установки, переходы и проходы.

Операцией называется часть технологического процесса — обработка одной или одновременно нескольких деталей, выполняемая одним или несколькими рабочими на одном станке. Например, нарезание одного или одновременно нескольких зубчатых колес на одной оправке является операцией. Операция является основным элементом технологического процесса, необходимым для планирования производства, определения загрузки станков, определения себестоимости изготовления деталей и пр.

Установкой называется часть операции, выполняемая при одном закреплении заготовки на станке. Например, обработку по наружному диаметру заготовки зубчатого колеса, зажатой в патроне токарного станка, можно вести следующим образом: сначала обрабатывают одну половину заготовки, а затем поворачивают ее, снова закрепляют в патроне и обрабатывают другую сторону. В этом случае одна операция токарной обработки производится за две установки.

Переходом называется часть операции, выполняемая на одной или одновременно на нескольких поверхностях заготовки при одной установке без изменения режущего инструмента и режима резания. Например, при обработке центрального отверстия заготовки зубчатого колеса на револьверном станке сначала отверстие сверлят (1-й переход), затем растачивают (2-й переход) и, наконец, развертывают (3-й переход). Здесь каждый переход выполняют отдельным режущим инструментом (сверлом,

резцом, разверткой) и при соответствующем режиме резания.

Проходом называется часть перехода (или операция), связанная со снятием одного слоя металла на одной поверхности обработки без изменения режущего инструмента и режима обработки.

Обрабатываемая деталь, закрепленная на поворотном столе или в делительном приспособлении, может занимать различные положения относительно рабочих органов станка и инструмента. Отдельное положение закрепленной заготовки относительно станка и режущего инструмента называется *позицией*. Например, при нарезании зубчатого колеса на делительной головке имеется столько позиций, сколько зубьев на колесе.

Технологический процесс составляется для того, чтобы обработка детали производилась на станке в определенном порядке, обеспечивающем нужные качество детали и производительность. Технологический процесс составляется на основе следующих документов и сведений:

- а) чертежа детали;
- б) технических условий, т. е. требований, которым должна удовлетворять деталь после обработки;
- в) количества деталей, подлежащих обработке;
- г) паспорта станка, на котором должна обрабатываться деталь;
- д) альбома режущего и мерительного инструмента;
- е) чертежа заготовки с припусками на обработку.

Технологический процесс разрабатывается обычно в следующем порядке:

1. Выбирают заготовку, наиболее целесообразную для данной детали (отливку, поковку, штамповку или сортовой прокат).

2. Намечают последовательность обработки деталей и весь технологический процесс разбивают на операции, а затем на установки и переходы. При этом особое внимание обращают на последовательность (очередность) операций, установок и переходов, так как от этого во многом зависит качество обработки детали.

3. Выбирают станки, необходимые для обработки, приспособления для установки и закрепления заготовки, режущий, мерительный и вспомогательный инструмент.

4. Устанавливают наиболее выгодные режимы резания.

5. Записывают весь технологический процесс на специальной технологической карте.

Затем технологический процесс, записанный на карте, передают нормировщику для определения норм времени по каждой операции. Подробность разработки технологического процесса зависит от масштаба производства. В зависимости от масштаба

производства различают единичное, серийное и массовое производства.

В единичном производстве изготовление одинаковых деталей редко повторяется и поэтому технологический процесс состоит только из операций, без дробления его на переходы и установки. При таком типе производства, исходя из экономических соображений, технологический процесс разрабатывают с учетом наименьшей затраты труда технолога, без применения специального инструмента и приспособлений.

В серийном производстве детали обрабатывают повторяющимися партиями (сериями). В зависимости от величины серий производство разделяется на *мелкосерийное* и *крупносерийное*. Чем больше серийность, тем подробнее разрабатывается технологический процесс и тем больше он оснащается специальными более производительными приспособлениями и инструментом.

Массовым производством называется такое, в котором конструкция обрабатываемого изделия в течение определенного сравнительно длительного срока не изменяется, а изделия выпускаются в больших количествах. При таком типе производства технологический процесс состоит из операций, установок, переходов, максимально оснащенных механизированными и автоматизированными приспособлениями и специальным инструментом. В массовом производстве большие затраты на разработку технологического процесса и на изготовление специальных приспособлений и инструмента экономически выгодны.

Выбор заготовок. Для зубчатых колес заготовки получают в виде литья, поковок, штамповок и только для колес небольших диаметров (до 100 мм) и простых по форме используют сортовой прокат.

Вид заготовок зависит во многом от типа производства. В единичном производстве заготовки для зубчатых колес изготавливают свободной ковкой, в серийном и массовом производствах заготовки штампуют с небольшими припусками (2—4 мм на сторону), что обеспечивает более экономичное использование металла.

При определении последовательности операций технологического процесса рекомендуется руководствоваться следующими положениями:

1. По чертежу тщательно изучить деталь, вид заготовки, требования к точности и чистоте поверхностей, подлежащих обработке.

2. Решить вопрос о выборе установочной базовой поверхности для первой операции.

3. Начинать обработку следует с обдирочных операций, затем переходить к чистовым и заканчивать доводочными и доделочными.

Поверхности детали, определяющие ее положение на станке во время обработки или при ее работе в машине, называются базовыми поверхностями или просто базами.

Различают три вида баз: конструктивные (для сборки), технологические (для обработки) и контрольные (для измерения).

Конструктивные базы определяют положение детали в машине по отношению к другим деталям.

Технологические базы — это поверхности детали, которые определяют положение ее на станке относительно режущего инструмента.

Контрольные базы — это поверхности детали, определяющие положение ее при проверке.

Для обеспечения наивысшей точности обработки необходимо стремиться, чтобы все три базы совпадали, т. е. вести обработку деталей и измерение их от той же поверхности, которая определяет положение деталей в машине. Совпадение всех трех баз не всегда достижимо, но совпадение технологических и контрольных баз должно обеспечиваться во всех случаях механической обработки.

Выбор оборудования. При выборе оборудования руководствуются тем, чтобы обеспечить обработку детали с заданной точностью и с наибольшей производительностью, т. е. с меньшей затратой времени на обработку. Кроме этого, при выборе оборудования учитывают размеры обрабатываемой детали и масштаб производства: для обработки больших деталей выбирают оборудование больших размеров, а для обработки небольших деталей — оборудование небольших размеров.

Станкостроительной промышленностью создаются металло-режущие станки универсальные, специализированные и специальные.

Универсальные станки не требуют сложных наладок и на них можно обрабатывать детали различных форм и размеров без специальных затрат на наладочные устройства, но они менее производительны, чем специализированные и специальные станки.

На универсальных станках обрабатывают детали в условиях единичного и мелкосерийного производства, так как при работе на таких станках не требуется больших затрат времени на их наладку и переналадку, а также затрат на изготовление наладочных устройств.

Специализированные станки изготовляют на базе универсальных станков, дополняя их различными узлами и приспособлениями, обеспечивающими более высокую производительность вследствие механизации и автоматизации процесса обработки. Эти станки требуют некоторых затрат времени на наладку; экономически выгодно применять их в условиях серийного производства.

Специальные станки предназначены для выполнения одной определенной операции. К ним относятся многошпиндельные, сверлильные, продольно- и карусельно-фрезерные, агрегатно-расточные и различного рода автоматы. Такие станки обладают высокой производительностью, но они требуют больших затрат времени и средств на наладки и переналадки. Поэтому их экономически выгодно применять в условиях массового производства.

Выбор приспособлений. При разработке технологического процесса для каждой операции, кроме станка, назначают также приспособление. Приспособление служит для правильной установки обрабатываемой детали на станке относительно режущего инструмента и для ее закрепления. Выбор приспособления зависит от характера обработки (токарная обработка, фрезерование, сверление и т. д.), геометрических форм обрабатываемых поверхностей, принятых технологических баз, размеров детали и других условий. Например, при фрезерных работах применяют машинные тиски, призмы с прихватами и др.; при сверлении отверстий — кондукторы; при зубофрезеровании — оправки для установки заготовки нарезаемого колеса и т. п.

Приспособления бывают простые, с ручным закреплением обрабатываемых деталей и более сложные, с механизированным закреплением деталей (пневматические, гидравлические и др.).

Приспособления с ручным закреплением обрабатываемых деталей требуют значительных затрат времени и физической энергии рабочего, но они имеют небольшую стоимость. Такие приспособления применяют в основном при единичном производстве.

Приспособления с механизированным закреплением обрабатываемых деталей имеют более высокую стоимость, но они более производительны. Такие приспособления применяют в условиях серийного и массового производства.

Выбор режущего инструмента. Режущий инструмент, принятый в технологическом процессе, должен обеспечить заданную форму (например, эвольвентный профиль зуба), чистоту и точность обрабатываемых поверхностей при наибольшей производительности.

Выбор режущих инструментов по конструкции, размерам и материалу режущей части определяется: типом станка (токарный, фрезерный, зубофрезерный, зубодолбежный и т. п.), видом обработки (черновая или чистовая обработка), свойствами обрабатываемого материала, формой, размерами, заданной чистотой и точностью обрабатываемых поверхностей, размерами посадочного места на станке, предназначенного для крепления хвостовой части инструмента, масштабом производства и др.

Выбор вспомогательного инструмента. Вспомогательный инструмент служит для установки и закрепления режущих инструментов на станке. Это державки и оправки для закрепления резцов; оправки для закрепления фрез; переходные втулки для закрепления сверл и пальцевых фрез; быстросменные патроны для закрепления сверл; плавающие патроны для закрепления разверток; фрикционные патроны для закрепления метчиков; цанговые патроны для закрепления инструментов с цилиндрическим хвостовиком; многоинструментальные державки для закрепления инструментов на револьверных станках и автоматах.

Выбор вспомогательных инструментов определяется размерами хвостовой части режущих инструментов и размерами мест в станке, куда устанавливается хвостовик вспомогательного инструмента.

Выбор измерительных инструментов. Измеряют обрабатываемые поверхности универсальными и специальными измерительными инструментами.

Считается экономически целесообразным производить измерение в условиях единичного и мелкосерийного производства универсальными измерительными инструментами, а специальными измерительными приборами, автоматическими средствами контроля — в серийном и массовом производствах.

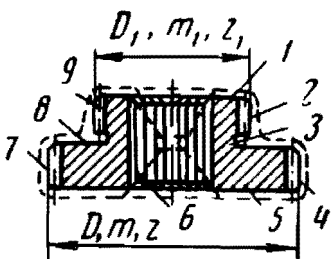
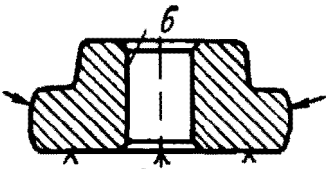
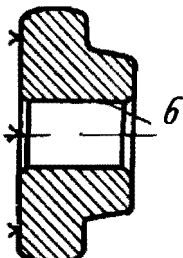
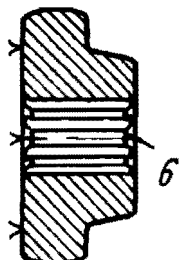
Приспособления, режущий, вспомогательный и измерительный инструмент выбирают по соответствующим альбомам, имеющимся на каждом машиностроительном предприятии. При разработке технологических процессов в соответствующей графе технологической карты указывается название приспособления (инструмента) и номер его чертежа или шифр.

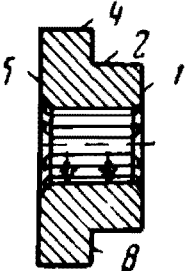
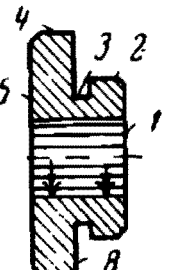
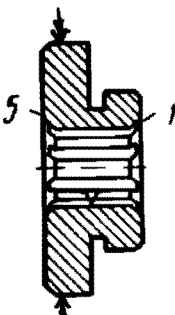
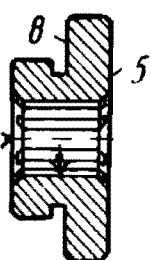
В табл. 44 приведен технологический процесс обработки цилиндрического двухвенцового колеса в условиях мелкосерийного производства. По этому технологическому процессу можно обрабатывать зубчатые колеса разных размеров диаметром от 50 до 200 мм. Для каждого размера зубчатого колеса меняться будет только режущий и измерительный инструмент, последовательность и содержание операций, а также оборудование для всех размеров колес остаются неизменными.

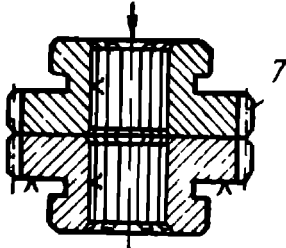
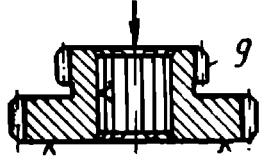
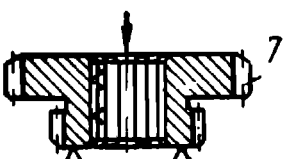
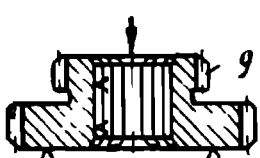
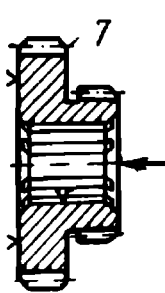
Вверху графы № 2 дан эскиз детали, на котором пунктиром показан контур заготовки, а цифрами обозначены обрабатываемые поверхности и технологические базы. В этой же графе дано содержание операций и эскизы обработки. На эскизах обработки жирными линиями и цифрами обозначены обрабатываемые поверхности, значками V обозначены технологические базы, а стрелками — направления усилий закрепления обрабатываемой детали.

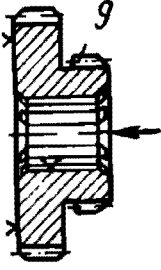

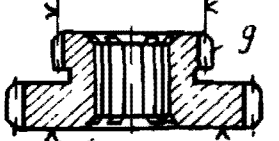
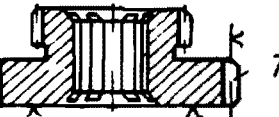
В графе № 3 указаны типы станков, а в графе № 4 — технологические базы. На большинстве заводов зуборезные работы

Технологический процесс обработки цилиндрического двухвенцового колеса (в условиях мелкосерийного производства)

№ операции	Содержание операций и эскизы обработки	Тип станка	Технологические базы
1	2	3	4
1	<p>Эскиз детали</p>  <p>Зенкеровать отверстие 6 и снять фаски в отверстиях с двух сторон</p> 	Вертикально-сверлильный станок	Поверхности 4 и 5
2	<p>Протянуть отверстие 6</p> 	Горизонтально-протяжной станок	Поверхность 5
3	<p>Протянуть шлицы в отверстии 6</p> 	То же	То же

Номер операции	Содержание операций и эскизы обработки	Тип станка	Технологические базы
1	2	3	4
4	<p>Обточить поверхности 2, 4 и подрезать торцы 1, 8, 5 начерно</p> 	Многорезцовый полуавтомат	Шлицевое отверстие 6
5	<p>Обточить поверхности 2, 4, подрезать торцы 1, 5, 8, проточить канавку 3, снять фаски</p> 	То же	То же
6	<p>Снять остатки на торцах 1, 5 и фасок в отверстии</p> 	Токарный станок	Поверхности 1, 5, 6
7	<p>Подрезать базовые торцы 5, 8</p> 	То же	Поверхности 1, 6

Номер операции	Содержание операций и эскизы обработки	Тип станка	Технологические базы
1	2	3	4
8	<p>Фрезеровать зубья 7 под шевингование на двух заготовках одновременно</p> 	Зубофрезерный полуавтомат	Отверстие 6 и торцы 5, 8
9	<p>Долбить зубья 9 под шевингование</p> 	Зубодолбежный полуавтомат	Отверстие 6 и торец 5
10	<p>Закруглить зубья 7</p> 	Зубозакругляющий полуавтомат	Отверстие 6 и торец 1
11	<p>Закруглить зубья 9</p> 	То же	Отверстие 6 и торец 5
12	<p>Зачистить заусенцы на зубьях 7 и 9</p>	Приспособление для зачистки зубьев	То же
13	<p>Шевинговать зубья 7</p> 	Шевинговальный станок	

Номер операции	Содержание операций и эскизы обработки	Тип станка	Технологические базы
1	2	3	4
14	Шевинговать зубья 9 	Шевинговальный станок	Отверстие 6 и торец 5
15	Промыть деталь	Моечная машина	
16	Контролировать размеры	Контрольные приспособления и инструмент	
17	Подвергнуть закалке ТВЧ и отпуску	Установка ТВЧ	
18	Калибровать отверстия 6 и шлицы	Пресс	Поверхность 5
19	Обкатать зубья 9 малого венца 	Обкатный станок	Отверстие 6 и торец 5
20	Обкатать зубья 7 большого венца 	То же	То же
21	Шлифовать отверстия 	Внутришлифовальный станок	Поверхность 7
22	Промыть деталь	Моечная машина	
23	Контролировать размеры. Испытать на шум и контакт	Контрольное приспособление и инструмент	

Карта-инструкция по нарезке зубьев

Завод	Инструкция по нарезке зубьев	Чертеж №
Отдел главного технолога		Лист 1: Листов: 1

Данные чертежа

Число зубьев _____		Диаметр окружности выступов _____
Модуль нормальный _____		Диаметр делительной окружности _____
Угол наклона спирали _____		Направление спирали _____

Данные о фрезе

№ чертежа _____	Черновая фреза	Чистовая фреза
Число заходов _____		
Угол подъема спирали _____		

Данные о настройке зубофрезерного станка

Фирма _____ модель _____ инв. № _____	Черновой проход	Чистовой проход
Угол установки фрезерного суппорта		
Набор сменных колес	Гитары деления Гитары дифференциала Гитары подач Гитары скоростей	

Число оборотов фрезы в мин.

Подача в мм на 1 оборот изделия

Глубина фрезерования

Угол наклона спирали (по настройке станка)

Приспособления

Наименование	№ чертежа		
Установка зубчатого колеса на приспособление			
Инструкцию заполнил технолог ОГТ	Фамилия, имя, отчество	Подпись	Дата

Групповая операция нарезания зубча

Завод			Г р у п п о в а я												
№ чертежа	Классы точности по ГОСТ 8889—58	Шифр изделия	№ спецификации	Зубофрезерование зубчатых											
				Схема установки			Параметры зубчатых колес или шестерен			№ чертежа фрезы		Станок		Угол установки фрезерного суппорта	
				Число зубьев	Модуль	Ø нач. окружности	Ширина зуба	Угол спирали	Направление спирали	Черновой	Чистовой	Число заходов	Фирма	Инвентарный номер	Модель
69882	ТЦН-7/1	3—6		2	80				2510—0002	1			Модуль 120824	ZWF—15	20°48'31"
Кл. В				171	374,3					1					20°48'31"
81513	ПК6Т-180	3—6а		2,5	80				2511—0000	1			Модуль 120824	ZWF—15	32°08'52"
Кл. Б			П	57	170,6					1					32°08'52"

выполняют на отдельных участках, и для них приходится делать выборки из основной технологической карты. Делать такие выборки не всегда удобно, поэтому для индивидуального и мелкосерийного производства рекомендуется составлять форму сводного документа для групповой операции.

В массовом и крупносерийном производствах на каждое нарезаемое зубчатое колесо заполняется отдельная карта — инструкция. В табл. 45 показан образец одной из таких карт.

Образец групповой операции зубофрезерования зубчатых колес приведен в табл. 46. В графе «Схемы установки» изображают схемы установки заготовки на станке.

тых колес на зубофрезерных станках

о п е р а ц и я				Лист 23	Цех 11	Шифр групповой операции						
колес и шестерен						Гр53-002						
Шестерни гитары диф- ференциала	проход	Угол наклона спирали (по настройке станка)	Отклонение углов наклона спирали (по настройке станка)	Приспособление и вспомогательный инструмент	Мерительный инструмент	Режим обработки		Норма времени	Расценка	Разряд	Технолог	Нормировщик
						п, об/мин фрезы	с м.м/об изделия					
проход	проход					Черновой проход		п. з.	п. з.	Характер норм		
						Чистовой проход		шт.	шт.			
$\frac{63}{69} \frac{58}{41}$		22°32'42,2"	+0,2	03228 опр. 12556	Тангенциальный зубомер	43Н	30	1,1	1,75	0—82,9	IV	
$\frac{63}{69} \frac{58}{41}$										Шагомер	30	0,7
$\frac{72}{52} \frac{46}{43}$		33°20'25,35"	-1,65	01840	Тангенциальный зубомер	34ХНЗМ	30	1,1	1,75	0—96,3	V	
$\frac{72}{52} \frac{46}{43}$				Шагомер						30	0,7	15,00
				12580								

Соблюдение технологических процессов — основной закон нормального хода производства. Однако установленный технологический процесс не является нерушимым, он должен постоянно совершенствоваться.

Совершенствование технологического процесса должно явиться одним из средств повышения производительности труда и улучшения качества изделий. Существующие на заводах Бюро рационализации и изобретательства привлекают рабочих к совершенствованию технологического процесса. За каждое принятое предложение выплачивается денежная премия, величина которой зависит от суммы получаемой от внедрения этого пред-

ложения экономии. На всех заводах рабочие-новаторы в содружестве с технологами и инженерами через свои заводские советы новаторов пересматривают действующие операции, вводя в них усовершенствования. Предложения рабочих рассматриваются и вносятся в новый технологический процесс. Необходимо строго соблюдать технологическую дисциплину, периодически проверять соответствие действующего технологического процесса записанному в карте и устранять замеченные отклонения.

МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ НАРЕЗАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

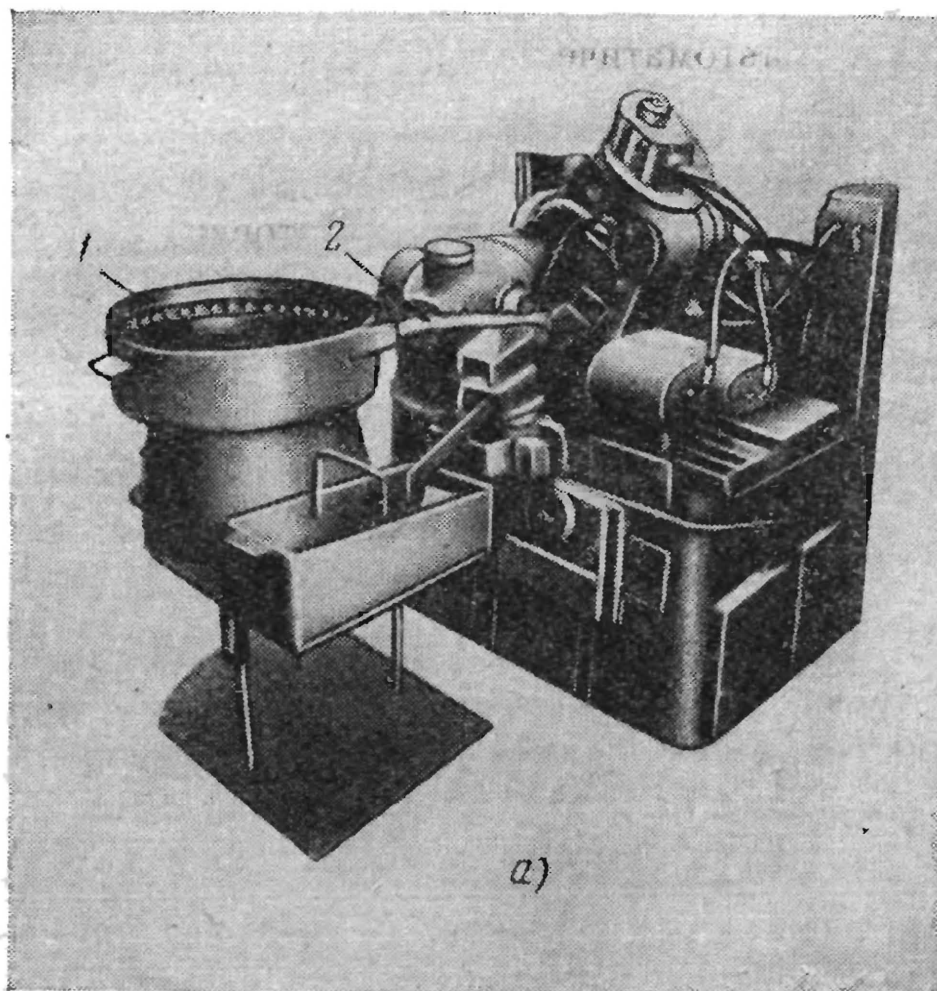
Технический прогресс нашего отечественного машиностроительного производства в современных условиях сопровождается широким развитием механизации и автоматизации производственных процессов, в том числе и процессов нарезания зубчатых колес.

В настоящее время имеется значительный опыт механизации и автоматизации зуборезных работ с использованием механических, пневматических, гидравлических и электрических устройств. Зубчатые колеса в отличие от большинства других деталей различных машин характеризуются не только сложностью геометрической формы, но и наличием целого ряда взаимосвязанных размерных параметров, которые должны быть выполнены с высокой степенью точности даже и для неотчетственных зубчатых передач. Тем не менее использование опыта механизации и автоматизации целого ряда станочного оборудования позволило сделать первые шаги в этой области.

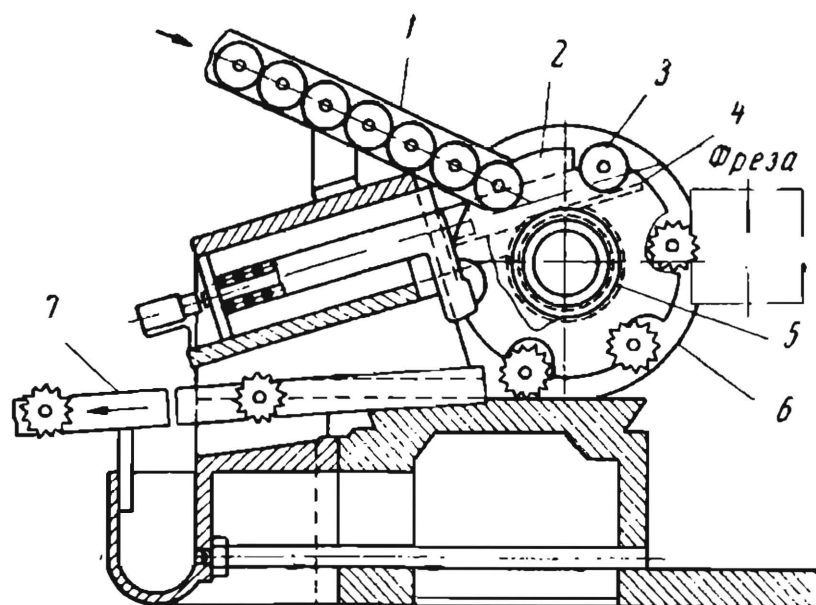
К настоящему времени наметились следующие основные направления механизации и автоматизации процессов зубонарезания:

- а) автоматизация отдельных зубообрабатывающих станков;
- б) создание автоматических систем из группы зубообрабатывающих станков;
- в) комплексная автоматизация производства зубчатых колес.

Общими для всех этих направлений автоматизации являются: автоматическая загрузка заготовок и снятие готовых деталей со станка, автоматический зажим заготовок нарезаемых колес, автоматическое освобождение нарезанных колес перед их разгрузкой. Автоматические системы на базе отдельных зубообрабатывающих станков могут быть оснащены и контрольно-измерительными средствами, которые обеспечивают автоматическую подналадку станка в зависимости от обнаруженных отклонений в основных параметрах деталей.



a)



b)

Рис. 127. Автоматическая загрузка зубофрезерного станка:

a — общий вид станка с загрузочным устройством, б — схема загрузочного устройства

Рассмотрим примеры автоматизации отдельных типов зубо-резного оборудования. На рис. 127 показан общий вид зубофрезерного станка с автоматической загрузкой и схема шестипозиционного загрузочного устройства. Из вибрационного бункера 1 (рис. 127, а) заготовки нарезаемых колес по наклонному питательному лотку 2 поступают к поворотному барабану, который, периодически поворачиваясь, подает заготовки в рабочую позицию к червячной фрезе.

Поворотный барабан 2 (рис. 127, б) приводится в действие гидравлическим цилиндром с помощью рейки 4, связанной со штоком гидроцилиндра, и шестеренки 5, жестко связанной с барабаном. После каждого рабочего цикла поворотный барабан с заготовками 3 совершает поворот на 60° . Очередная новая заготовка из питающего лотка 1 входит в свободное гнездо под действием собственного веса. При первом делительном повороте барабан перемещает заготовку в промежуточное положение между позицией загрузки и позицией нарезания зубчатого колеса, а после второго делительного поворота заготовка попадает в рабочую позицию перед червячной фрезой. В рабочей позиции в отверстие заготовки входит вмонтированная в гидравлическую заднюю бабку оправка, конец которой попадает в цанговый зажим ведущего шпинделя.

После того как нарезание колеса закончится, поворотный барабан перемещает заготовку в следующее промежуточное положение, при этом нарезанное колесо удерживается от выпадания щитком 6. При следующем повороте барабана нарезанное колесо выталкивается в выпускной лоток 7 и освободившееся гнездо сможет принять новую заготовку из питательного лотка. Приведенный станок с автоматической загрузкой рассчитан на нарезание зубчатых колес диаметром до 190 мм и может работать как с ручной загрузкой, так и с автоматической.

На рис. 128 показан другой зубофрезерный станок с автоматической загрузкой. Загрузочное устройство на этом станке представляет собой поворотный круглый стол 1 с несколькими оправками 2 для установки заготовок 3 нарезаемых зубчатых колес. На каждую оправку устанавливают по две заготовки. Поворачиваясь после окончания каждого цикла обработки на 40° , стол подает следующие две заготовки в рабочую позицию для нарезания.

Емкость данного загрузочного устройства ограничена, но оно имеет существенное эксплуатационное преимущество. Это устройство легко переналаживается для нарезания зубчатых колес других размеров. Для этого достаточно заменить оправки одного размера оправками другого размера.

Наряду с автоматизацией загрузки большое значение имеет механизация крепления заготовок на зуборезных станках. Механизация закрепления заготовок может осуществляться только

при условии получения высокой точности их установки на станке. Основными требованиями, предъявляемыми к этим приспособлениям, является обеспечение concentричности зубчатого венца к базовой поверхности (к центральному отверстию или к наружной посадочной поверхности ступицы) колеса.

Этим требованиям удовлетворяют приспособления, у которых в качестве центрирующих средств используют упругие втул-

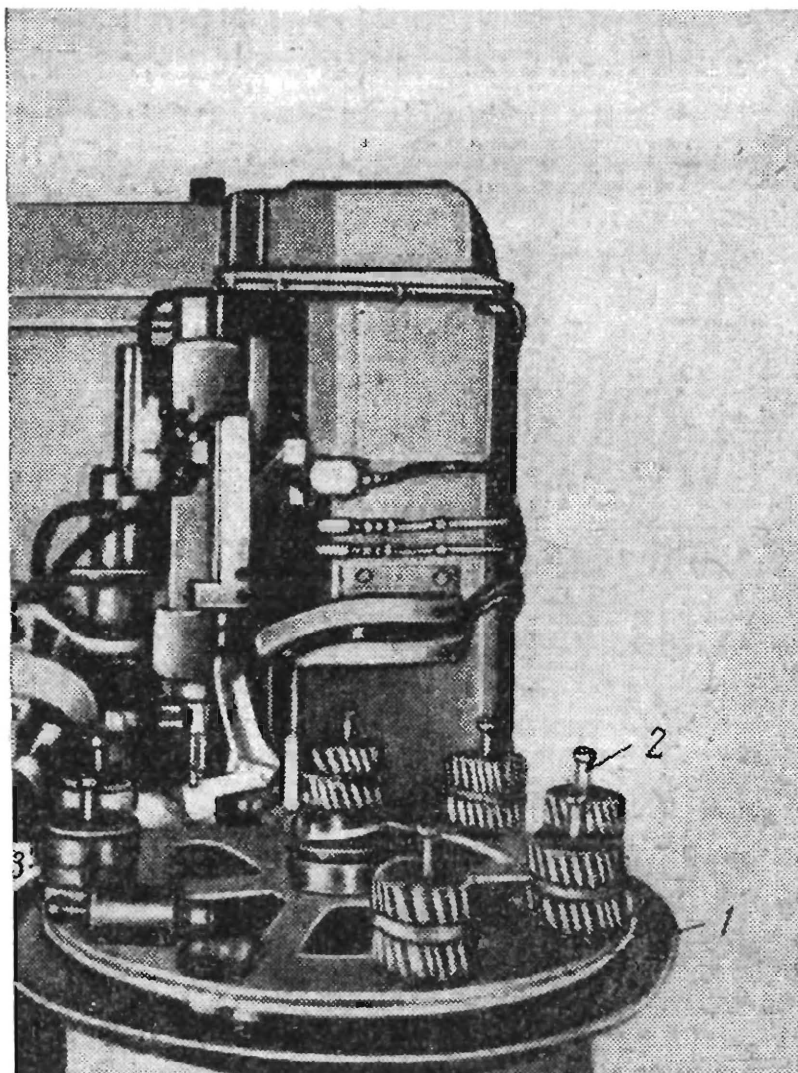


Рис. 128. Зубофрезерный станок с загрузочным устройством

ки с гидропластмассой или тарельчатые пружины и в некоторых случаях цанги.

Разрезные цанги обеспечивают точность центрирования 0,03—0,10 мм, тарельчатые пружины — 0,01—0,02 мм и упругие втулки с гидропластмассой — 0,005—0,02 мм.

На рис. 129, а приведена оправка с механизированным приводом и автоматическим выталкивателем нарезанных колес к зубофрезерному станку. Корпус 1 приспособления, одновременно являющийся пневмоцилиндром, крепится на столе станка. Поршень 2 пневмоцилиндра под действием сжатого воздуха, посту-

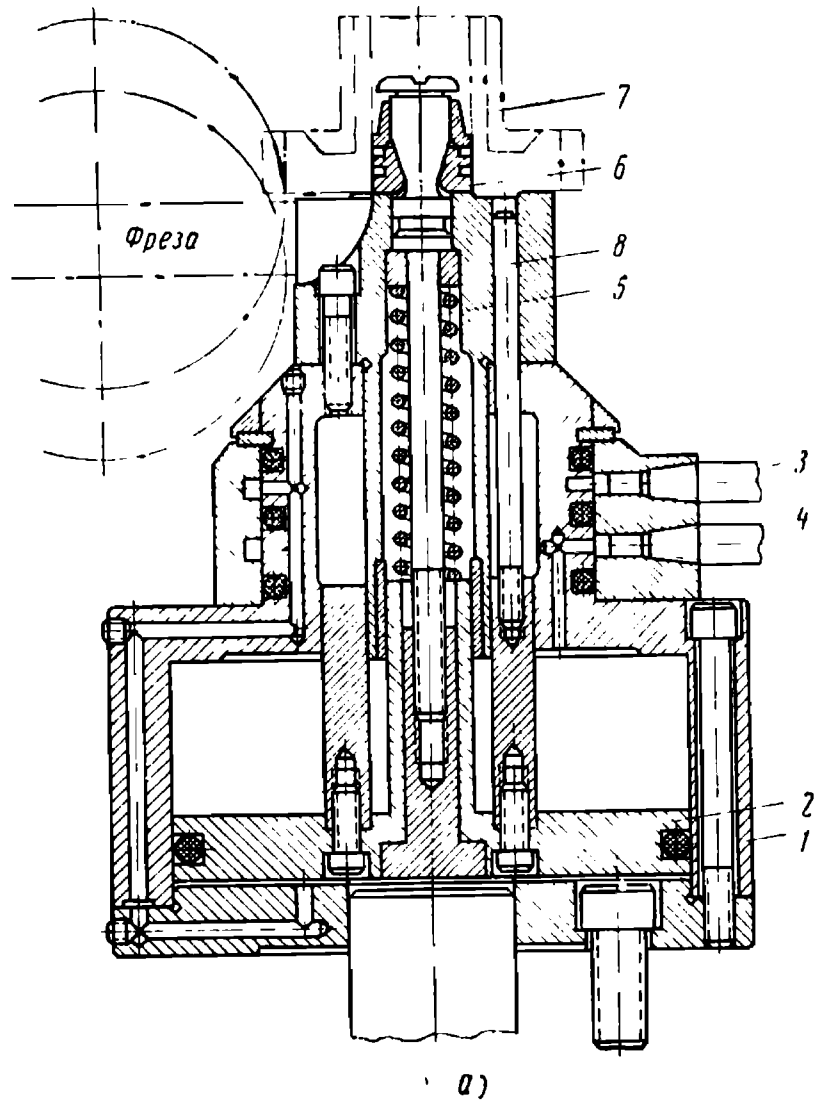


Рис. 129. Оправки для зубофрезерных станков

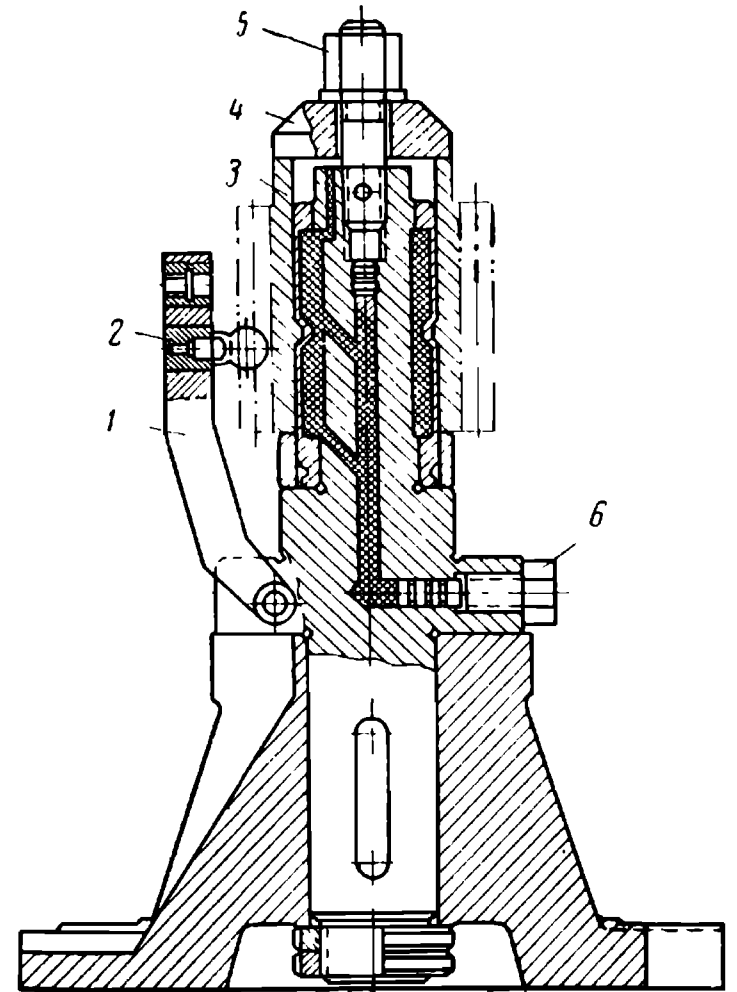
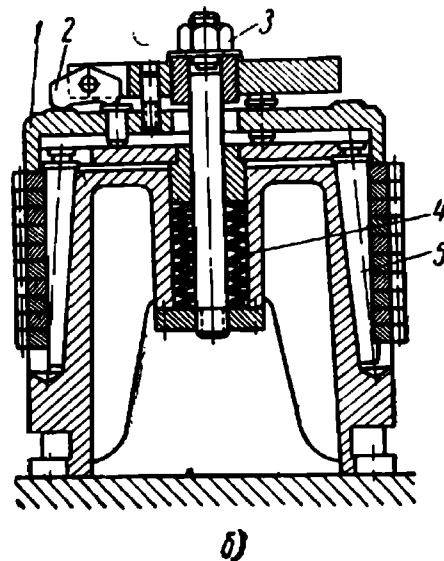


Рис. 130 Приспособление для чистового нарезания зубьев

пающего через трубопроводы 3 и 4, перемещает вверх и вниз оправку 5, которая верхним коническим концом воздействует на разрезную цангу 6. При движении поршня вниз оправка разжимает цангу, которая центрирует и закрепляет заготовку 7.

По окончании обработки сжатый воздух впускается и изделие освобождается. При этом выталкиватели 8, связанные с поршнем, снимают деталь с оправки.

Меньшую степень механизации имеет приспособление к зубофрезерному станку, показанное на рис. 129, б. Пакет заготовок нарезаемых зубчатых колес поджимается сверху специальной шайбой 1, действующей от трех кулачков 2, шарнирно закрепленных на верхней плите. При поворачивании гайки 3 кулачки испытывают давление от тарельчатых пружин 4, сообщаемое им плавающими плунжерами, и передают его на заготовки. Одновременно клиньями 5 заготовки центрируются.

Приспособление, показанное на рис. 130, служит для чистового фрезерования зубьев колес. Предварительно обработанное колесо центрируется тонкостенной упругой втулкой 3 и закрепляется гайкой 5 через шайбу 4. Откидной кронштейн 1 со сменным фиксатором 2 служит для установки впадины зуба колеса симметрично зубьям фрезы. Давление в полости, заполненной гидропластмассой, создается ввинчиванием болта 6.

На рис. 131, а показано приспособление с механизированным приводом к зубодолбежному станку.

В этом приспособлении, предназначенном для нарезания зубчатых венцов 1 пакетами, зажим заготовок производится тарельчатыми пружинами 2 через зажимную оправку 3 и крышку 4, а освобождение изделий — поршнем гидравлического цилиндра 5. Центрирование заготовок выполняется двенадцатью радиально расположенными скользящими коническими колодками.

Перемещение колодок по коническому барабану допускает изменение диаметра центрирующей поверхности примерно на 2 мм, что позволяет закреплять заготовки, имеющие разность в посадочном отверстии в пределах 2 мм. После установки заготовки зажимную крышку соединяют с зажимной оправкой, которая при снятии давления жидкости в гидроцилиндре под действием пакета тарельчатых пружин опускается вместе с зажимной крышкой вниз; при этом скользящие колодки центрируют заготовки.

Показанное на рис. 131, б приспособление к зубодолбежному станку имеет меньшую степень механизации. Центрирование заготовки осуществляется за счет упругой деформации втулки 1 под действием гидропластмассы, а дополнительное крепление изделия производится гайкой 3 и съемной шайбой 2. Благодаря равномерной деформации тонкостенной части втулки 1 выбирается технологический зазор между базовой поверхностью и втулкой и обеспечивается точная концентричность зубчатого

венца по отношению к посадочному отверстию. На зубострогальных станках также применяются оправки, позволяющие сокращать вспомогательное время на установку и закрепление заготовок нарезаемых конических колес.

На рис. 132 показана оправка для установки и закрепления заготовок конических колес на зубострогальных станках. Заготовку устанавливают в разрезных кулачках 1, на которые дей-

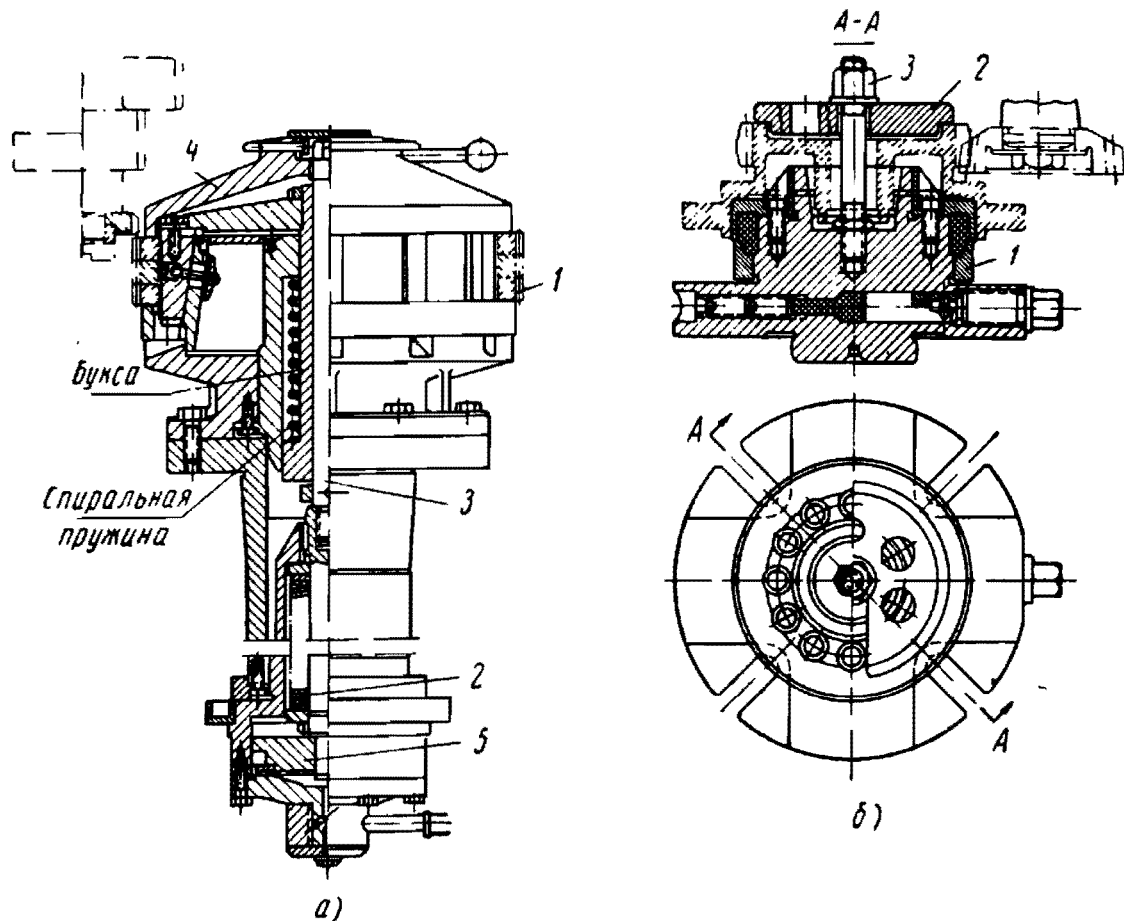


Рис. 131. Приспособления для установки и закрепления нарезаемых колес на зубодолбежном станке

ствует упругая втулка 2. Под давлением гидропластмассы 3, передающей давление винта 4, упругая втулка деформируется, и через разрезные кулачки обеспечивается центрирование и закрепление заготовки. Применение сменных разрезных кулачков делает приспособление универсальным, позволяющим центрировать и закреплять заготовки колес с различными посадочными размерами в определенном диапазоне диаметров. В серийном производстве нередко приходится использовать приспособление для обработки зубчатых колес с различными диаметрами отверстий либо венца. В таких случаях используют наличную оправку и основание приспособления, а разницу между посадочными диаметрами оправки и базовым отверстием заготовки компенсируют промежуточной втулкой.

С помощью специальных приспособлений можно автоматизировать процесс нарезания зубчатых колес не только на зуборезных станках, но и на горизонтально-фрезерных станках.

На рис. 133 показано приспособление, обеспечивающее автоматизацию нарезания конических зубчатых колес на горизонтально-фрезерных станках. Оно состоит из закрепленного на столе станка основания 1, в ушках которого смонтирована люлька 3 со шпинделями 4 (от двух до четырех в зависимости от размера нарезаемых колес). За один цикл продольного хода стола станка происходит фрезерование впадины и поворот нарезаемого колеса на один шаг. Поворот выполняется делитель-

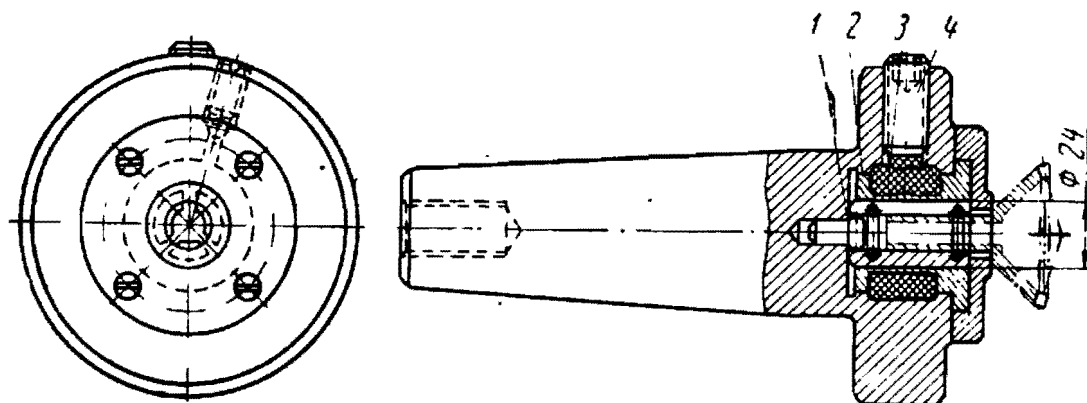


Рис. 132. Оправка для установки и закрепления заготовок на зубострогальном станке

ным механизмом, состоящим из червячной пары 2, сменных промежуточных зубчатых колес 15 и делительных барабанов 12 и 11. Барабан 11 в сочетании со стойкой 10, закрепленной на боковой части станины станка, представляет собой мальтийский механизм.

Барабан 12 при вращении против часовой стрелки свободно поворачивается на втулке 14, а при повороте по часовой стрелке посредством одностороннего фиксатора 6 увлекает за собой и втулку 14.

На барабане 12 жестко укреплено зубчатое колесо (на рисунке не показано), соединенное с зубчатым колесом барабана 11. Передаточное отношение зубчатой пары барабана 11 и 12 равно трем.

При отходе стола станка в исходное крайнее правое положение (холостой ход) стойка 10 роликом 9 поворачивает барабан 11 на 120° . При этом посредством эксцентрика (на рисунке показан пунктиром), сидящего на оси барабана, и рычага 8 фиксатор 7 выводится из впадины барабана 12. При перемещении стола станка по направлению к фрезе (рабочий ход) барабан 11 также поворачивается на 120° , а барабан 12 делает один оборот по часовой стрелке вместе со втулкой 14, которая через шпонку поворачивает вал 13. На валу сидит ведущее зубчатое

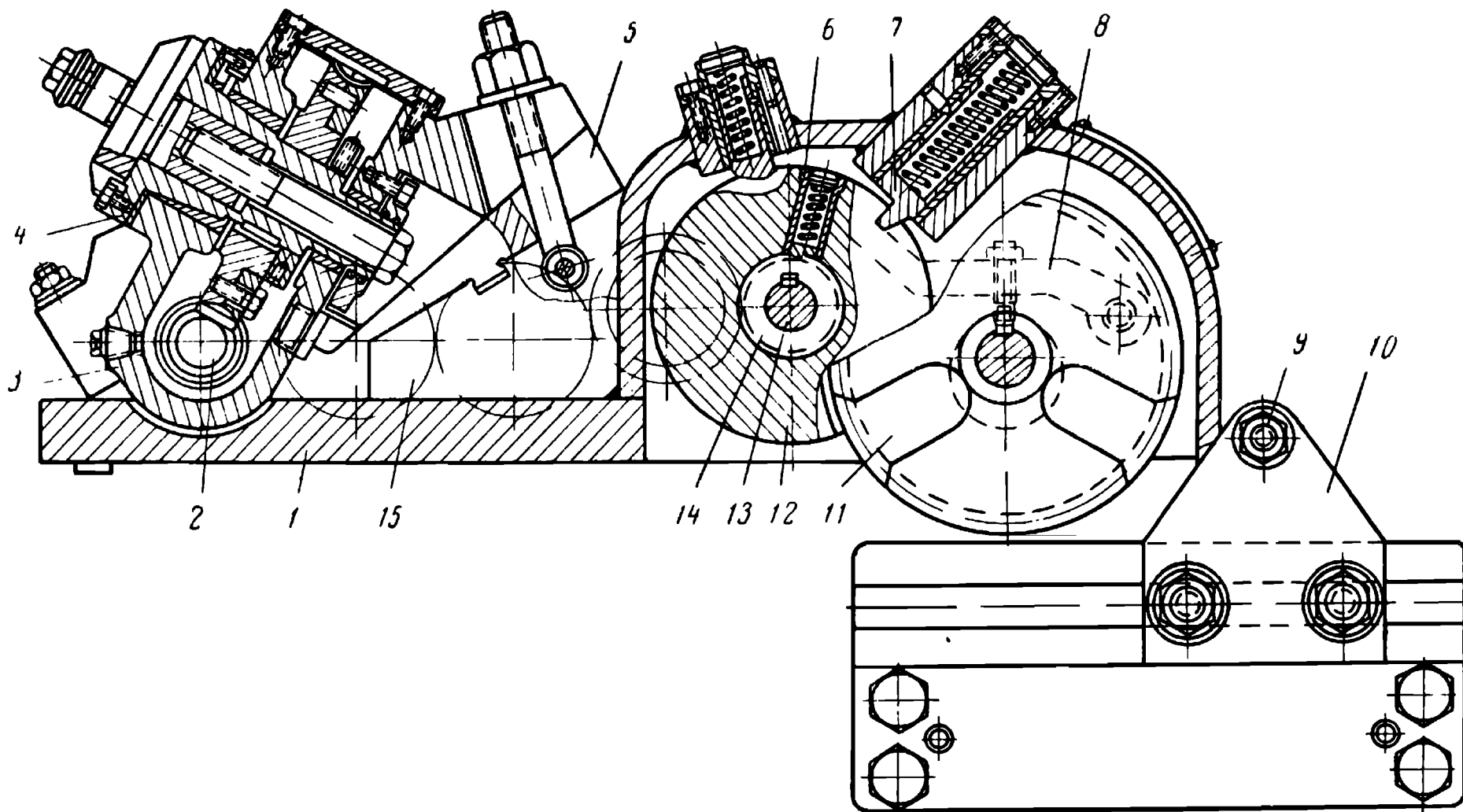


Рис. 133. Приспособление для полуавтоматического нарезания конических колес на горизонтально-фрезерном станке

колесо (на рисунке показано пунктиром), приводящее в движение промежуточные зубчатые колеса механизма, которые вместе с червячной парой обеспечивают поворот шпинделя на один шаг.

Наладка приспособления для обработки различных деталей достигается при помощи сменных зубчатых колес и подкладок 5, обеспечивающих необходимый угол поворота шпинделя и угол наклона люльки.

Применение таких приспособлений превращает горизонтально-фрезерные станки в зубофрезерные полуавтоматы.

С помощью подобных приспособлений можно обрабатывать на горизонтально-фрезерных станках на полуавтоматическом цикле и другие детали, например фрезерование различных шлицевых валиков, многогранных поверхностей и др.

МНОГОСТАНОЧНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Многостаночное обслуживание предусматривает работу одного рабочего на нескольких станках при нормальной их загрузке. Основная цель многостаночного обслуживания — повышение производительности труда и снижение себестоимости продукции. Эта цель достигается лишь в том случае, если станки при многостаночном обслуживании имеют достаточно высокий коэффициент использования, если рабочий обеспечивает нормальную работу всех станков без простоев.

Как известно, процесс обработки деталей на станках, в том числе и нарезание зубчатых колес, состоит из основных операций обработки резанием (машинное время) и комплекса ручных приемов по установке и съему детали, по управлению станком и др. (вспомогательное время).

В современных станках в период машинного (основного) времени происходит резание металла без участия рабочего. Поэтому за это время можно выполнять ручную работу на другом станке. Чтобы и первый и второй станки работали без простоев, время на ручные приемы на одном станке должно совпадать с машинным временем другого станка и наоборот, причем время на ручные приемы не должно быть больше машинного времени. В противном случае рабочий не сможет обеспечить нормальную работу станков и будут простои оборудования. При соблюдении этих условий рабочий сможет полноценно обслуживать не только два, но и несколько станков. Следует заметить, что в условиях многостаночного обслуживания понятие машинное время относится не ко всему машинному времени, необходимому на обработку детали, а к так называемому непрерывному времени автоматической работы станка, когда рабочий освобождается не только от ручных работ, но и от наблюдения за станком.

Например, при организации многостаночного обслуживания горизонтально-фрезерных станков, занятых нарезанием зубчатых колес методом копирования, принимается в расчет не пол-

ное машинное время, а время нарезания одного зуба, так как после нарезания каждого зуба рабочий должен повернуть заготовку на один шаг и включить рабочую подачу, т. е. затратить вспомогательное время. Для создания нормальной многостаночной работы требуется:

1. Подбор операций с возможно малым вспомогательным временем или возможно большим отношением машинного времени к вспомогательному.

2. Оборудование станков средствами механизации и автоматизации с целью максимального освобождения рабочего от наблюдения за станком.

3. Удобное расположение станков, объединяемых в группу многостаночной работы.

4. Правильная организация рабочего места, к которой относятся: закрепление деталей за станками и своевременное снабжение рабочих мест заготовками и инструментами, а также поддержание порядка, чистоты, освещенности и т. п.

Подбирать детали для обработки на станках, объединенных в группу для многостаночного обслуживания, следует с таким расчетом, чтобы непрерывное машинное время одного станка перекрывало сумму вспомогательного времени остальных станков группы и чтобы было соответствующее чередование на станках машинного и вспомогательного времени. При этом условия отдельные станки не будут простаивать. Для уменьшения вспомогательного времени проводят такие технологические мероприятия, как внедрение одновременной обработки зубчатых колес пакетами, благодаря чему в несколько раз можно увеличивать непрерывное машинное время; применение различных приспособлений с механизированным приводом, позволяющих значительно сокращать вспомогательное время на установку и закрепление заготовок нарезаемых колес и др.

В табл. 47 приведена примерная группировка зуборезных станков для многостаночного обслуживания при мелкосерийном производстве, которая применяется на Уральских машиностроительных заводах.

Опыт организации многостаночного обслуживания на зуборезных участках позволяет дать следующие рекомендации по расположению зуборезных станков. Группа из трех—пяти зуборезных станков должна иметь замкнутый вид; механизмы управления станков должны быть обращены к центру рабочего места зубореза-многостаночника. Линейная установка станков нежелательна, так как вызывает большую затрату времени на переходы рабочего от станка к станку и лишает его возможности одновременно следить за работой всех станков. Станки, требующие от рабочего большего внимания, следует располагать ближе к центру рабочего места. Расстояния между станками должны быть подобраны так, чтобы обеспечить удобство раз-

**Группировка зуборезных станков для многостаночного обслуживания
при мелкосерийном производстве**

Число станков в группе	Типы станков	Модуль нарезаемого колеса, мм	Количество станков по размерам	
Однотипные станки				
4	Зубофрезерный	До 24	1	
	То же	22	1	
	”	15	1	
	”	15	1	
5	Зубодолбежные, работающие долбяками по методу обкатки	До 10	Все станки одного размера	
5	Зубошевронные, работающие долбяком	До 10		То же
5	Зубострогальные для конических колес	От 1 до 16		”
Станки различных типов				
3	Зубофрезерный	Разных модулей	1	
	Зубошевронный		1	
	Зубострогальный для конических колес		1	
4	Зубофрезерный	До 24	1	
	То же	До 15	1	
	Зубодолбежный	До 8	1	
	Зубострогальный для конических колес	До 16	1	

борки каждого станка в случае ремонта, возможность размещения обрабатываемых деталей между станками и установку внутри рабочего места переносного столика с инструментом, необходимым для текущей работы. Рабочий шкаф с инструментом, стеллажом с оправками размещают вблизи станков; здесь же должно находиться место хранения установочных приспособлений, необходимых для работы.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА И ЭКОНОМИКЕ ПРОИЗВОДСТВА

§ 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА

Правильно установленная система заработной платы является одним из важнейших условий роста производительности труда. На промышленных предприятиях применяют прямую сдельную, сдельно-прогрессивную и повременную системы оплаты труда.

При прямой сдельной системе оплаты труда труд рабочего оплачивается за единицу сделанной им продукции, например за нарезание зубчатого колеса. Чем больше зуборезчик сдает годных зубчатых колес, тем выше его зарплата. Такая система оплаты труда создает непосредственную заинтересованность зуборезчика в повышении производительности и рациональном использовании времени и оборудования. Прямая сдельная оплата является основной формой заработной платы в машиностроении.

При сдельно-прогрессивной системе труд рабочего при достижении определенной нормы выработки оплачивается по сдельным расценкам, а затем за каждое последующее нарезанное колесо он получает по новой, повышенной и прогрессивно-возрастающей расценке. В этой системе еще больше усиливается роль заработной платы в борьбе за увеличение выработки, за повышение производительности труда.

При повременной системе труд оплачивается по затраченному количеству времени. Эту систему оплаты труда применяют на различного рода вспомогательных работах по обслуживанию основного производства, текущему ремонту оборудования, ремонту инструмента и т. д., т. е. там, где не может быть применена сдельная оплата.

В основе регулирования зарплаты лежит тарифная система, определяемая тарифной сеткой и тарифно-квалификационным справочником.

Внутри тарифной сетки установлены коэффициенты по каждому рабочему разряду, и часовая оплата данного разряда определяется тарифной ставкой первого разряда, умноженной на коэффициент разряда рабочего. Тарифные ставки для 1-го разряда в различных отраслях промышленности различны. На машиностроительных заводах для рабочих устанавливают 3—4 тарифные различные ставки 1-го разряда:

- 1) для повременщиков на холодных работах;
- 2) для повременщиков на горячих работах;
- 3) для сдельщиков на холодных работах;
- 4) для сдельщиков на горячих и тяжелых работах.

Разряд рабочего устанавливают в соответствии с тарифно-квалификационным справочником, в котором точно указано, что должен знать и что должен уметь делать рабочий каждого разряда по определенной специальности.

Для применения сдельной оплаты необходимо определить затраты времени на операцию, т. е. норму времени. Нормой времени называется время, необходимое для выполнения какой-либо операции при нормальных условиях; исчисляется оно в минутах или в часах. Задание, которое дается зуборезчику в виде количества деталей (зубчатых колес), подлежащих обработке в час или в смену, называется нормой выработки и исчисляется в штуках в час или смену. На предприятиях сдельная оплата труда производится по техническим нормам и по опытно-статистическим нормам.

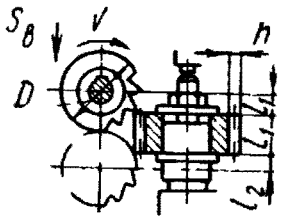
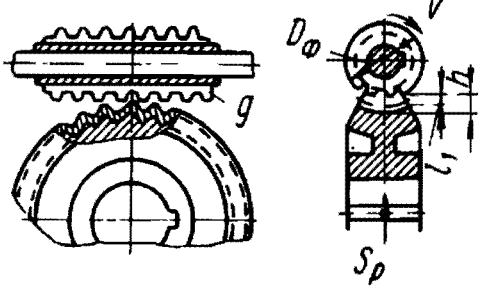
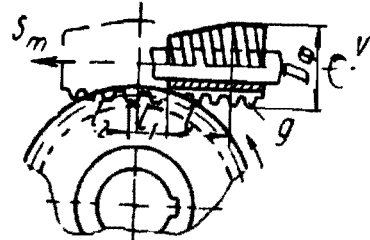
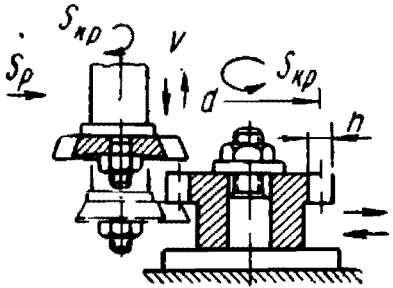
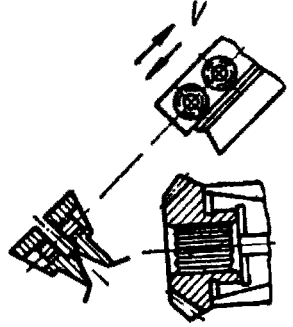
Техническая норма определяется расчетом на основе правильной организации труда и рабочего места, эффективного использования станка и инструмента, применения рациональных режимов резания и учета опыта передовых зуборезчиков цеха. Техническая норма времени складывается из подготовительно-заключительного и штучного времени.

Подготовительно-заключительное время ($T_{пз}$) учитывает затраты времени на ознакомление с заданием, чертежом и операционной картой, подготовку рабочего места, наладку станка (включая установку и съем приспособлений и инструмента), настройку станка на заданный режим резания, оформление и сдачу обработанных деталей и т. д. Это время затрачивается рабочим один раз для обработки всей заданной партии зубчатых колес и продолжительность его не зависит от размера партии колес (количества обрабатываемых колес).

Поэтому подготовительно-заключительное время дается на всю партию нарезаемых колес.

Штучное время ($T_{шт}$) состоит из основного (технологического) времени ($T_о$), вспомогательного времени ($T_в$), времени на обслуживание рабочего места ($T_{обс}$) и времени на перерывы для отдыха и личные надобности ($T_{отд}$), т. е.

Формулы для определения основного времени (T_0) на зуборезных станках

Зубофрезерование		Зубодолбление		Зубострогание
П о д а ч и				
s_B мм/об стола	s_p мм/об стола	s_0 мм/об стола	s_p мм/дв. ход $s_{кр}$ мм/дв. ход	t — сек. на обработку одного зуба
				

Расчетные формулы для определения основного времени (T_0 , мин.)

$$T_0 = \frac{(l_1 + l + l_2) \cdot z}{s_B \cdot n_{\phi} \cdot K} \quad T_0 = \frac{3 \cdot m \cdot z}{s_p \cdot n_{\phi} \cdot K} \quad T_0 = \frac{2,94m \cdot \sqrt{z} \cdot z}{s_0 \cdot n_{\phi} \cdot K} \quad T_0 = \frac{h}{s_p \cdot n} + \frac{\pi \cdot m \cdot z}{s_{кр} \cdot n} \cdot n_0 \quad T_0 = \frac{t \cdot z}{60}$$

- Обозначения:
- l — длина нарезаемого зуба, мм;
 - l_1 — величина врезания фрезы $(1,1-1,3) \cdot \sqrt{h(d_{\phi}-h)}$, мм;
 - l_2 — величина перебега фрезы, мм, $l_2 = 2-3$ мм;
 - h — глубина впадины, мм;
 - z — число зубьев нарезаемого колеса;
 - K — заходность фрезы;
 - m — модуль нарезаемого колеса;
 - s_p — радиальная подача за двойной ход долбяка, мм, а при зубофрезеровании — за 1 оборот стола с заготовкой;
 - $s_{кр}$ — круговая подача за двойной ход долбяка, мм;
 - n — число двойных ходов долбяка в минуту;
 - n_0 — число обкатов (проходов);
 - s_0 — тангенциальная подача за 1 оборот заготовки, мм;
 - t — время обработки одного зуба, сек.;
 - n_{ϕ} — число оборотов фрезы в минуту.

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обс} + T_{отд}.$$

Основное время при зубонарезании — это время, в течение которого заготовка зубчатого колеса подвергается процессу обработки путем снятия стружки (зубонарезание). Основное время рассчитывают по формулам, приведенным в таблице 48.

Вспомогательное время расходуется на установку, крепление и снятие обрабатываемых зубчатых колес, управление станком, проверку и укладку обработанных зубчатых колес и т. п. При расчете технической нормы вспомогательное время выбирают по нормативам, разрабатываемым научно-исследовательскими организациями.

Сумма основного и вспомогательного времени называется **оперативным временем**.

Время обслуживания рабочего места затрачивается на уход за рабочим местом, в том числе на подналадку станка в процессе работы, на смазку и чистку станка, на уборку стружки, на смену затупившегося инструмента и т. п. Это время принимается в размере 3—4% от оперативного времени.

Время перерывов на отдых и личные надобности обычно принимается в размере 2% от оперативного времени.

Зная состав технической нормы и проанализировав каждую ее составляющую в отдельности, можно разработать план мероприятий по рационализации процесса нарезания колес, чтобы сократить продолжительность общего времени обработки и увеличить производительность труда.

Опытно-статистические нормы времени устанавливаются на основе использования статистических данных о затратах времени на одинаковые или аналогичные технологические операции или на основании опыта нормировщика.

§ 2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ХОЗРАСЧЕТЕ

Хозрасчет — это метод планового ведения социалистического хозяйства, основанный на соизмерении затрат предприятий в денежном выражении с результатами производственно-хозяйственной деятельности, возмещении расходов предприятий их доходами и обеспечении рентабельности производства, т. е. превышения доходов над расходами.

Важнейшими признаками перевода предприятия на хозрасчет является наделение его оперативно-хозяйственной самостоятельностью, выделение в его распоряжение основных и оборотных средств, присвоение ему прав юридического лица, дающих возможность предприятию заключать договоры на снабжение сырьем и другими средствами производства и на реализацию готовой продукции, наличие самостоятельного плана и законченного бухгалтерского учета и отчетности.

Главнейшим источником социалистического накопления является систематическое снижение себестоимости продукции. Чтобы снизить себестоимость, необходимо знать ее составляющие, их влияние на стоимость продукции.

Себестоимость представляет собой сумму расходов на производство продукции (машины, детали). Каждая машина (изделие) состоит из ряда деталей, изготавливаемых пооперационно, и себестоимость машины складывается из себестоимости деталей, а себестоимость деталей складывается из себестоимости технологических операций и стоимости заготовки (материала). Себестоимость состоит из прямых и косвенных (накладных) расходов.

Прямые расходы включают стоимость материала изделия (M) и заработную плату (Z), затраченную на изготовление (обработку) изделия. Например, если заготовка для зубчатого колеса стоит 50 коп., а обработка его, включая токарную и зуборезную операции, стоит 90 коп., то прямые расходы на изготовление зубчатого колеса будут: 50 коп. + 90 коп. = 1 р. 40 к.

Накладные (косвенные) расходы (H) включают в себя стоимость электроэнергии, которую потребляют станки; стоимость текущего ремонта оборудования; стоимость масла для смазки станков и эмульсии для охлаждения режущих инструментов; стоимость освещения, отопления и водоснабжения цеха; стоимость транспортирования деталей и уборки помещения, а также амортизацию¹ производственного оборудования и т. д.

В накладные расходы также входят заработная плата начальника цеха, начальников смен и отделений, старших и сменных мастеров и других инженерно-технических работников, служащих, вспомогательных рабочих и младшего обслуживающего персонала.

В машиностроении цеховые накладные расходы по деталям распределяют пропорционально заработной плате, затрачиваемой на их изготовление. Например, если за данный месяц накладные расходы цеха составили 4200 руб., а производственная зарплата — 2100 руб., тогда на 1 руб. зарплаты приходится $4200 : 2100 = 2$ руб. цеховых накладных расходов. При данных цеховых расходах цеховая себестоимость зубчатого колеса будет:

$$50 \text{ коп.} + 90 \text{ коп.} + 2 \text{ руб.} = 3 \text{ р.} 40 \text{ к.}$$

Таким образом, цеховая себестоимость равна:

$$C = M + Z + H,$$

т. е. себестоимость состоит из трех элементов: стоимости материала, заработной платы и накладных расходов. На заводе име-

¹ Амортизация — это перенесение стоимости восстановления изношенного оборудования на изготавливаемую продукцию (машину, деталь).

ются еще и такие расходы, как содержание конструкторского, технологического и других общезаводских отделов, службы снабжения и сбыта и др., которые являются общезаводскими накладными расходами. Если к цеховой себестоимости прибавить общезаводские накладные расходы, то получим заводскую себестоимость.

Себестоимость — это основной качественный показатель работы, цеха и предприятия. Чем ниже цеховая себестоимость, тем лучше работает цех, и чем ниже заводская себестоимость, тем лучше работает завод в целом. В этом показателе наиболее полно отражается, насколько производительно работает каждый рабочий, каждый производственный участок, каждый цех и завод в целом; насколько рационально используется материал, оборудование и другие средства производства.

Каждый рабочий на своем рабочем месте может непосредственно влиять на снижение себестоимости детали путем экономии расхода основных материалов и сокращения накладных расходов. Увеличение выпуска продукции в течение каждой смены и месяца за счет повышения производительности труда, при одних и тех же накладных расходах, снижает долю этих расходов на один рубль производственной заработной платы и тем самым снижает себестоимость.

Сокращения цеховых расходов каждый зуборезчик может достигать за счет экономии инструментов, вспомогательных и смазочных материалов и электроэнергии, бережного отношения к станку и др.

В целях более рационального и экономного расходования всех материальных средств и максимального снижения себестоимости выпускаемой продукции цехи и участки переходят на ведение работ хозрасчетным способом. Сущность хозрасчета заключается в том, что цех получает план не только по количеству продукции, но и по всем экономическим показателям и работа цеха учитывается по количеству и наименованию обработанных деталей, расходу зарплаты, расходу материалов, топлива, электроэнергии, инструмента и цеховой стоимости деталей.

Хозрасчет мобилизует цеховой коллектив на выполнение плана и снижение себестоимости и повышает заинтересованность рабочих в улучшении всех показателей работы цеха.

ЛИТЕРАТУРА

- Тайц Б. А. и Марков Н. Н. Нормы точности и контроль зубчатых колес. Машгиз, 1962.
- Китаев В. Е. и др. Электротехника. Профтехиздат, 1961.
- Корытный Д. М. Зуборезный инструмент. Машгиз, 1960.
- Кропивницкий Н. Н. и др. Технология металлов. Машгиз, 1961.
- Кувшинский В. В. Фрезерование. Машгиз, 1959.
- Лоскутов В. В. Зуборезные станки. Машгиз, 1957.
- Мерчанский Д. П. Зуборезное дело. Машгиз, 1962.
- Миценгендлер М. Л. Расчет и примеры наладок зубострогальных станков для нарезания конических колес. Машгиз, 1962.
- Тихонов А. А. и Заславский М. А. Технология машиностроения. Машгиз, 1962.
- Шавлюга Н. И. Механизация и автоматизация в зуборезном деле. Машгиз, 1962.
- Абакумов М. М. Современные станочные приспособления. Машгиз, 1960.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
--------------------	---

Глава I

Основные сведения о машиностроительном производстве и организации рабочего места зуборезчика

§ 1. Производственный процесс	5
§ 2. Организация рабочего места	6

Глава II

Техника безопасности, противопожарные мероприятия и промышленная санитария

§ 1. Техника безопасности и противопожарные мероприятия	8
§ 2. Промышленная санитария и гигиена труда	10

Глава III

Основные сведения о зубчатых колесах и зубчатых передачах

§ 1. Элементы зубчатых колес и зубчатых зацеплений	12
§ 2. Виды зубчатых передач и зубчатых колес	19
§ 3. Корригирование зубчатых колес	32
§ 4. Передаточные отношения	33
§ 5. Кинематические схемы	36
§ 6. Оформление чертежей зубчатых колес и червяков	44

Глава IV

Режущие инструменты и процесс резания металлов

§ 1. Общие сведения о режущих инструментах	50
§ 2. Зуборезные инструменты	56
§ 3. Процесс образования стружки	78
§ 4. Элементы режима резания	81
§ 5. Силы резания и мощность	85
§ 6. Стойкость зуборезного инструмента и выбор рациональных режимов резания	88

Глава V

Контроль зубчатых колес

§ 1. Общие понятия о точности обработки и о системе допусков . . .	91
§ 2. Средства и методы измерения параметров, обеспечивающих кинематическую точность цилиндрических зубчатых колес	99
§ 3. Средства и методы измерения параметров цилиндрических зубчатых колес, обеспечивающих плавность их работы	103
§ 4. Средства и методы измерения параметров цилиндрических зубчатых колес, обеспечивающих контакт зубьев	108
§ 5. Средства и методы измерения параметров цилиндрических зубчатых колес, обеспечивающих боковой зазор в передаче	109
§ 6. Контроль конических зубчатых колес	113

Глава VI

Нарезание зубчатых колес на горизонтально-фрезерных и универсально-фрезерных станках

§ 1. Делительные головки	117
§ 2. Нарезание цилиндрических зубчатых колес с прямыми зубьями	127
§ 3. Нарезание цилиндрических колес с винтовыми зубьями	131
§ 4. Нарезание червячных зубчатых колес	136

Глава VII

Нарезание зубчатых колес на зуборезных станках

§ 1. Классификация зуборезных станков	140
<i>А. Нарезание зубчатых колес на зубофрезерных станках</i>	<i>142</i>
§ 2. Зубофрезерный станок 5Д32	144
§ 3. Наладка зубофрезерных станков	151
§ 4. Наладка станка 5Д32 для нарезания цилиндрических колес с прямыми зубьями	158
§ 5. Наладка станка 5Д32 для нарезания цилиндрических колес с винтовыми зубьями	167
§ 6. Наладка станка 5Д32 для нарезания червячных колес	171
§ 7. Технические характеристики наиболее распространенных моделей зубофрезерных станков	177
<i>Б. Нарезание зубчатых колес на зубодолбежных станках</i>	<i>178</i>
§ 8. Зубодолбежный вертикальный станок 5А12	181
§ 9. Наладка зубодолбежного станка 5А12	188
§ 10. Зубодолбежные станки для нарезания шевронных зубчатых колес	196
§ 11. Технические характеристики наиболее распространенных моделей зубодолбежных станков	197
<i>В. Нарезание конических зубчатых колес на зубострогальном станке</i>	<i>200</i>
§ 12. Зубострогальный станок 526	203
§ 13. Наладка зубострогального станка 526	210
§ 14. Техническая характеристика зубострогальных станков	219
<i>Г. Закругление зубьев и шевингование зубчатых колес</i>	<i>221</i>
<i>Д. Уход за зуборезными станками</i>	<i>224</i>

Глава VIII	
Электрооборудование зуборезных станков	226
Глава IX	
Общее понятие о технологическом процессе	236
Глава X	
Механизация и автоматизация процессов нарезания зубчатых колес	249
Глава XI	
Многостаночное обслуживание	259
Глава XII	
Основные сведения об организации труда и экономике производства	262
§ 1. Организация труда	262
§ 2. Краткие сведения о хозрасчете	265
Литература	268

Абакумов Михаил Митрофанович

ОСНОВЫ ЗУБОРЕЗНОГО ДЕЛА. Учеб. пособие для бригадно-индивидуальной подготовки рабочих на производстве. М., «Высшая школа». 272с. с илл. 6.П4.63

Научный редактор *В. В. Кузьмин*

Редактор *Ю. М. Максимова*

Обложка худ. *В. З. Казакевича*

Технический редактор *А. М. Токер*

Корректоры: *Л. В. Еленева* и *В. И. Милешин*

Т-11990	Сдано в набор 12/V 1964 г.	Подп. к печати 10/X 1964 г.
Формат 60×90 ^{1/16}	Объем 17 п. л.	Уч.-изд. л. 16,77.
Изд. № 6320	Тираж 21.000 экз.	Цена 52 коп.

Москва, И-51, Неглинная ул., 29/14
Издательство «Высшая школа»

Московская типография № 8 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати,
Хохловский пер., 7. Зак. 846