

В. Е. Антонюк, А. Р. Маслов

**Конструктору
станочных
приспособлений**

Справочное пособие

Минск

«Беларусь», 1996

УДК 621.9.06 – 229.001.66(035.5)

ББК 34.63_5я2

A72

Рецензент

*Д-р техн. наук, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Белорусско-Российского университета
Шатуров Г. Н.*

Антонюк В. Е., Маслов А. Р.

A72 Конструктору станочных приспособлений: справочное пособие. 2-е изд., исправ. и дораб. // Минск: Изд-во «Беларусь». 1996 – 400 с.

ISBN 5-338-00229-9

Содержатся сведения, необходимые при проектировании различных видов станочных приспособлений, используемых в массовом и серийном производствах. Изложены основные принципы и последовательность конструирования приспособлений. Даны сведения о материалах, термической обработке, покрытиях и точности деталей приспособлений, рекомендации по технике безопасности, эргономике и эксплуатации станочных приспособлений. Рассмотрены способы базирования и закрепления обрабатываемых заготовок.

ББК 34.63_5я2

ISBN 5-338-00229-9

© В. Е. Антонюк, 1996

Глава I

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

В современных технологических процессах поточно-массового производства затраты на изготовление и эксплуатацию технологической оснастки составляют до 20 % себестоимости продукции.

Наибольший удельный вес в общем парке технологической оснастки составляют станочные приспособления, применяемые для установки и закрепления заготовок деталей.

Постоянное совершенствование методов обработки требует создания наиболее рациональных конструкций и экономического обоснования применения различных видов приспособлений, снижения их металлоемкости при обеспечении необходимой жесткости.

Классификация станочных приспособлений

Обычно станочные приспособления классифицируются по типу станков, степени специализации, уровню механизации и виду привода.

В зависимости от типа станков приспособления к ним делятся на токарные, фрезерные, расточные, шлифовальные, сверлильные, зубофрезерные, зубошвинговальные, зубошлифовальные, сборочные, сварочные, гибочные и др.

По степени специализации станочные приспособления делятся на:

- специальные, предназначенные для выполнения только одной операции в серийном и массовом производстве и спроектированные применительно к определенным условиям обработки, базирования, формы и размеров заготовки;

- переналаживаемые (групповые), используемые для обработки на одной операции группы деталей разных наименований, близких по конструктивно-технологическим параметрам, в мелкосерийном производстве;

- универсально-сборные, применяемые для обработки различных деталей на разных операциях в опытном и мелкосерийном производстве, собираемые из стандартных деталей;

- универсальные, предназначенные для обработки различных деталей в единичном и мелкосерийном производстве (патроны, станочные тиски, делительные головки, поворотные столы).

По уровню механизации и автоматизации приспособления де-

ляются на ручные, механизированные, полуавтоматические и автоматические.

По источнику энергии привода станочные приспособления делятся на пневматические, пневмогидравлические, гидравлические, электромеханические, магнитные, вакуумные и центробежно-инерционные.

В крупносерийном и массовом производстве применяются специальные приспособления преимущественно с пневматическим или гидравлическим приводом. Кроме основных требований (точность, жесткость, компактность) к приспособлениям предъявляются и дополнительные — по максимально возможной их механизации и автоматизации.

В условиях серийного производства требуются также обеспечение повышения производительности и облегчение труда рабочих, в связи с чем здесь применяются специальные приспособления с быстродействующими приводами. Эти приспособления должны удовлетворять таким условиям, как сокращение сроков и стоимости подготовки производства, времени на переналадку оборудования, экономичность. Поэтому для предприятий с серийным типом производства характерно применение переналаживаемых (групповых) и универсально-сборных приспособлений.

В настоящее время наиболее широко применяются два способа воздействия на обрабатываемый материал — резанием и холодным пластическим деформированием. Интенсификация этих процессов производится путем применения эффективных схем резания и пластического деформирования на основе оптимизации толщины срезаемой стружки, создания условий свободного резания, деления объемов деформируемого металла на части, разделения ширины среза по высоте и ширине и т. д. При обработке деталей выполняется ряд необходимых движений инструмента и заготовки, обеспечивающих требуемую форму макро- и микрогеометрии обработанной поверхности, а в некоторых случаях — заданные физико-механические свойства поверхности.

В процессе обработки происходит изменение величин и направления нагрузок на обрабатываемую деталь. Поэтому одним из основных требований интенсификации процесса обработки является обеспечение необходимой жесткости технологической системы. Она в свою очередь зависит от размеров и формы обрабатываемой детали, шероховатости поверхности стыков, физико-механических свойств заготовки и элементов технологической системы. Практически всегда повышение жесткости технологической системы приводит к улучшению параметров обработки и открывает пути повышения производительности. Жесткость технологической системы зависит от станочного приспособления. В связи с этим при достижении оптимальной жесткости приспособления станет возможной интенсификация процесса обработки деталей.

8

и особенно для загрузки и выгрузки

Порядок проектирования станочных приспособлений

В зависимости от степени технологической оснащенности могут осуществляться:

- проектирование оснастки для конкретного производства на те технологические операции, на которые она не была разработана;

- модернизация применяемой технологической оснастки с целью повышения ее производительности, сокращения числа ручных операций, улучшения условий обслуживания, ремонта;

- оборудование применяемой технологической оснастки элементами механизации загрузки и выгрузки, что связано с частичной модернизацией оборудования.

Обычно проектирование станочных приспособлений состоит из двух этапов. На первом этапе разрабатывают эскизы механической обработки детали и на них отмечают базовые поверхности и места зажима ее в приспособлении. Положение детали на эскизе должно быть таким же, как и в станочном приспособлении при выполнении операции на станке. Деталь изображается в том виде, какой она имеет после обработки на данной операции. Кроме того, должны быть заданы режимы резания и представлена схема приспособления (одно- или многоместная, одно- или многопозиционная, с ручным или механизированным съемом или загрузкой) с целью достижения заданной производительности.

Второй этап заключается в конструировании приспособления. При этом необходимо проработать и уточнить:

- годовую программу выпуска изделий;

- чертежи заготовки и готовой детали и технические условия на деталь;

- технологический процесс и эскиз механической обработки на соответствующей операции;

- техническую характеристику, паспортные данные, посадочные места и состояние станка, на котором будет установлено проектируемое приспособление;

- условия эксплуатации, обслуживания и ремонта проектируемого приспособления.

При конструировании приспособлений необходимо выполнить в приведенной ниже последовательности такие операции:

- вычертить: контур обрабатываемой детали (обычно в трех проекциях), оставив достаточно места для вычерчивания на проекциях всех элементов приспособления; вокруг контура обрабатываемой детали — направляющие элементы для режущего инструмента (кондукторные втулки) и контуры режущего инструмента; установочные (центрирующие) или опорные элементы (подвижные и неподвижные опоры);

- рассчитать усилие зажима, исходя из величины сил резания; погрешность обработки в зависимости от принятой схемы базирования. Если расчет покажет, что принятая схема базирования

и зажима не обеспечивает требуемой точности обработки, то следует изменить схему базирования и заново произвести расчет. В некоторых случаях при необеспечении точности за счет изменения данной схемы необходимо изменить схему обработки;

выбрать конструкцию зажимного устройства и вычертить зажимные элементы приспособления;

произвести расчет основных параметров зажимных устройств на прочность и жесткость и силового привода;

вычертить силовой привод, корпус и вспомогательные элементы приспособления;

выполнить необходимые разрезы и сечения, проставить габаритные и контрольные размеры (диаметры кондукторных втулок, расстояния между их осями, между базовыми поверхностями и т. д.), задав технические требования по точности изготовления приспособления.

Особенности конструирования станочных приспособлений

Конструирование станочных приспособлений, так же как и любых машин, — процесс творческий. Каждая конструкторская задача, как правило, имеет много решений. Используя имеющиеся теоретические знания и практический опыт, нужно выбрать из многих возможных решений одно, наилучшее. При этом приходится принимать во внимание ряд часто противоречивых технологических и эксплуатационных требований, предъявляемых к проектируемой конструкции. Нередко правильное решение может быть принято только после проведения сравнительных технико-экономических расчетов по различным конструктивным вариантам.

Целью конструирования является создание приспособлений, в полной мере отвечающих эксплуатационным требованиям и наиболее экономичных в изготовлении.

Для этого необходимо:

обосновывать применение каждого механизма, детали и элемента;

обеспечить удобство сборки, разборки и регулировки;

исключить по возможности подбор и подгонку деталей, а также операции выверки и регулировки деталей и узлов при сборке;

добиваться экономного расходования материалов и обеспечивать высокую прочность деталей способами, не требующими увеличения массы (придание деталям рациональных форм с наилучшим использованием материала, применение материалов повышенной прочности, введение упрочняющей обработки);

обеспечивать соответствие конструктивных форм деталей приспособления условиям технологии получения заготовок и механической обработки;

упрощать уход за приспособлением, сокращать объем операций обслуживания, устранять периодические регулировки;

предупреждать возможность перегрузки приспособления в эксплуатации, вводить предохранительные и предельные устройства;

предусматривать надежную автоматическую смазку трущихся поверхностей, не применять по возможности периодическую смазку;

избегать выполнения трущихся поверхностей непосредственно на корпусных деталях, открытых механизмов и передач, а также предусматривать защиту трущихся поверхностей от проникновения грязи, пыли и влаги;

предупреждать коррозию деталей, соприкасающихся с химически активными средами;

обеспечивать надежную страховку резьбовых соединений от самоотворачивания;

устранять возможность поломок и аварий в результате неумелого или небрежного обращения, вводить блокировки, автоматизировать и упрощать управление;

максимально использовать нормализованные и унифицированные детали и узлы;

заменять, если это возможно, оригинальные детали стандартными, нормализованными, унифицированными, заимствованными или покупными узлами и деталями;

придавать конструкции приспособления простые и гладкие внешние формы, облегчающие содержание его в чистоте;

сосредоточивать органы управления и контроля по возможности в одном месте;

предусматривать удобную очистку установочных поверхностей от стружки (струей сжатого воздуха, охлаждающей жидкости или путем отсоса специальным устройством);

обеспечивать удобство загрузки и выгрузки обрабатываемых деталей из рабочей зоны, предусматривать применение выталкивающих устройств для выгрузки деталей;

изучать опыт эксплуатации аналогичных приспособлений, оперативно исправлять дефекты, обнаруженные в процессе изготовления и эксплуатации.

В настоящее время почти каждая конструкция является итогом работы специалистов нескольких поколений. С течением времени повышаются технико-экономические требования к конструкциям, к надежности их действия и долговечности. Поэтому одним из важнейших условий успешного проектирования является тщательный анализ известных технических решений. Особенно важно изучение исходных материалов, поэтому главная его задача — правильный выбор основных параметров приспособления. Если отдельные конструктивные погрешности могут быть устранены в процессе его изготовления и доводки, то ошибки в основных параметрах и замысле конструкции обычно не поддаются исправлению.

Для того чтобы избежать таких ошибок, необходимо иметь достаточный фонд справочного материала, использовать информацию смежных организаций, обязательно изучать отечест-

венную и зарубежную патентную литературу, быть в курсе поисковых и исследовательских работ в своей отрасли, знакомиться с опытом других, даже далеких по профилю отраслей машиностроения.

Использование накопленного опыта не означает ограничения творческой инициативы конструктора, а наоборот, расширяет поле его деятельности.

Важным условием является хорошее знание конструктором технологии изготовления деталей приспособления, сборки и регулировки, новейших электрофизических, электрохимических и других технологических процессов, позволяющих более широко применять рациональные конструкции форм деталей, а также условий эксплуатации проектируемого приспособления.

Значительное место в работе конструктора занимает компоновка конструкции. При этом важно уметь выделить главное и установить правильную последовательность разработки конструкции.

Основной ошибкой начинающих конструкторов является стремление скомпоновать все элементы конструкции одновременно. Компоновку же следует начинать с выбора рациональной кинематической и силовой схем, определения наиболее целесообразного взаимного расположения деталей. Причем необходимо разрабатывать сразу несколько вариантов, анализировать их и выбрать наиболее оптимальный. Детализировать конструкцию на этапе компоновки не только бесполезно, но и вредно, так как внимание конструктора отвлекается от основных задач этого этапа.

В процессе компоновки при выборе размеров и форм деталей нужно производить ориентировочные и приближенные расчеты. Однако на их итоги всецело полагаться нельзя, ибо существующие методы расчетов не всегда учитывают все факторы, определяющие работоспособность конструкции. Есть ряд деталей (например, корпусные), не поддающихся точному расчету. Размеры же некоторых деталей зависят не только от прочности, но и от технологии их изготовления и других факторов.

При компоновке должны быть учтены все условия, влияющие на работоспособность конструкции приспособления, разработаны системы смазки, решены вопросы сборки, разборки, предусмотрены удобства обслуживания и т. д.

Часто в процессе проектирования обнаруживаются не замеченные в первоначальных вариантах недостатки, для устранения которых приходится возвращаться к существовавшим вариантам или разрабатывать новые. На всех стадиях компоновки следует учитывать опыт производителей.

Компоновку лучше всего осуществлять в масштабе 1:1. Чем глубже проработка конструкции, тем выше в конечном счете выигрыш в стоимости и сроках изготовления приспособления, а также в эффективности эксплуатации.

При проектировании следует соблюдать общие положения и правила выполнения чертежей Единой системы конструкторской

документации. Стандартами регламентированы: виды изделий (ГОСТ 2.101—68), виды и комплектность конструкторских документов (ГОСТ 2.102—68), стадии разработки (ГОСТ 2.103—68), основные подписи (ГОСТ 2.104—68), общие требования к текстовым документам (ГОСТ 2.105—79), текстовые документы (ГОСТ 2.106—68), спецификации (ГОСТ 2.108—68), патентный формуляр (ГОСТ 15.012—84), нормоконтроль (ГОСТ 2.111—68), правила построения, изложения и оформления технических условий (ГОСТ 2.114—70), карта технического уровня и качества продукции (ГОСТ 2.116—84), техническое предложение, эскизный и технический проект (ГОСТ 2.118—73, 2.119—73, 2.120—73), технологический контроль конструкторской документации.

По окончании проектирования необходимо проверить:

стыковку, привязки и другие кинематические связи, достаточность числа размеров, указаний, проекций, разрезов, увязывающих соседние узлы (сборочные единицы);

достаточно ли ясно показана конструкция узла, не следует ли заменить проекции и разрезы вырывами и сечениями;

наличие лишних проекций, разрезов, сечений;

использованы ли в максимальной мере нормализованные, стандартные и покупные изделия;

достаточность антикоррозионной защиты, правильность ее условного обозначения;

степень учета фактических нагрузок, возникающих при работе узла, и нагрузок, вызывающих деформации в нежелательном направлении; если эти деформации есть, то не опасны ли они при выполнении узлом его функций;

правильность: указания необходимых технических требований и характеристик; увязки размеров и достаточность их числа (установочных, габаритных, линейных, межосевых, межцентровых и т. д.); простановки чисел зубьев, модулей, направлений вращения, наличие указаний о крайних положениях, стрелок, указывающих направление движения, и т. д., выносков и соответствие обозначений нормальных и покупных деталей указанным в ГОСТах и нормах; выбора зазоров, материала, геометрического построения, конструкции для исключения влияния температурных деформаций;

возможность: сборки и разборки и рациональную их сложность, сборки и разборки без повреждения деталей, удобство проведения операции сборки и регулирования; свободного перемещения подвижного элемента без заеданий и задевания других элементов;

соблюдение правил техники безопасности и производственной санитарии при сборке и эксплуатации;

обеспечение нормального смазывания трущихся частей конструкции при любых ее положениях, возможность замены смазочного материала;

достаточность, надежность и правильность установки уплотняющих средств, обеспечивающих отсутствие как вытекания

смазочного материала из узла, так и проникновения внутрь среды извне, надежность прокладок, правильность выбора арматуры;

технологичность изготовления деталей, рациональность выбора метода получения заготовок;

наличие элементов, обеспечивающих надежное транспортирование узлов;

соответствие посадок характеру соединения;

указания мест заполнения жидкостью и ее уровней, наличие сливных отверстий для жидкости, возможность промывки и очистки полостей узла;

удобство чистки наружных поверхностей;

правильность заполнения штампа, соответствие названий в спецификации их номерам на чертеже.

Общие принципы разработки чертежей деталей приспособлений

От качества рабочих чертежей в известной мере зависит и качество изготовления всей конструкции. Рабочие чертежи, технические условия и другие документы должны содержать все данные, определяющие форму, размеры, допуски, материал, вид термической обработки, покрытия, а также особые требования к сборке и ряд других сведений, необходимых для изготовления, контроля и испытания деталей.

Рабочие чертежи должны быть такими, чтобы при их использовании требовался минимум дополнительных документов. Не допускаются ссылки на отдельные пункты стандартов и других документов, эти пункты следует приводить полностью на чертеже детали.

Как правило, на рабочих чертежах не должно быть технологических указаний, за исключением случаев, когда указания по применению определенных способов изготовления и контроля связаны с обеспечением требуемого качества детали, а также при назначении видов и способов сварки.

На рабочих чертежах деталей обязательно указываются те размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатостей и другие технические требования, которым детали должны соответствовать перед сборкой до покрытия или перед дополнительной обработкой по чертежам других изделий.

При разработке рабочих чертежей следует соблюдать общие положения и правила выполнения чертежей различных изделий Единой системы конструкторской документации. Стандартами регламентированы: основные требования к чертежам (ГОСТ 2.109—73), форматы (ГОСТ 2.801—74), масштабы (ГОСТ 2.302—68), шрифты (ГОСТ 2.304—81), изображения — виды, разрезы, сечения (ГОСТ 2.305—68), нанесение размеров и предельных отклонений (ГОСТ 2.307—68), указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей (ГОСТ 2.308—79), обозначения шероховатости поверхностей

(ГОСТ 2.309—73), нанесение обозначений покрытий, термической и других видов обработки (ГОСТ 2.310—68), изображения резьб (ГОСТ 2.311—68), обозначения швов сварных соединений (ГОСТ 2.312—72), указания о маркировании и клеймении (ГОСТ 2.314—68), изображения крепежных изделий (ГОСТ 2.315—68). Регламентировано также выполнение чертежей проушин (ГОСТ 2.401—68), зубчатых колес и реек (ГОСТ 2.403—75, 2.404—75, 2.405—75), шлицевых соединений (ГОСТ 2.409—74).

При нанесении размеров необходимо, чтобы:

количество размеров на чертеже было минимальным, но достаточным для изготовления и контроля детали;

каждый размер был указан только один раз и обеспечивал возможность его выполнения и контроля при изготовлении детали;

на все размеры были проставлены (или оговорены) предельные отклонения;

размеры проставлялись так, чтобы наиболее точный из них имел наименьшую накопленную погрешность при изготовлении;

конструктор четко знал последовательность технологических этапов изготовления детали;

сопряженные размеры выбирались из схем размерных цепей общих видов и проставлялись на рабочих чертежах со своими допусками, полученными при расчете этих цепей;

в простых деталях, имеющих оси симметрии, размеры проставлялись не от осей симметрии, а от поверхностей детали.

При обработке деталей возможны дефекты не только линейных размеров, но и геометрической формы, а также расположения осей относительно поверхностей.

Допускаемые отклонения формы и расположения поверхностей можно изображать графически в соответствии с ГОСТ 2.308—79 или оговаривать в технических требованиях, перечисляемых на поле рабочего чертежа детали. При этом нужно придерживаться следующих правил:

для корпусных деталей следует указывать плоскостность базовых обработанных поверхностей, взаимную параллельность осей отверстий и осей отверстий базовой поверхности, перпендикулярность двух осей отверстий, оси отверстия плоскости, двух плоскостей, на посадочные места подшипников должны указываться (по ГОСТ 3325—85) отклонения от цилиндричности посадочных шеек и отверстий корпусов, осевое биение упорных заплечиков вала и отверстия;

в случае, когда торцы наружных колец подшипников упираются в крышки, прикрепляемые к корпусу, на чертеже корпуса надо указать неперпендикулярность наружной плоскости корпуса и оси отверстия, а на чертеже крышки — параллельность двух торцевых поверхностей;

для базовых отверстий зубчатых колес, шкивов, муфт и других подобных деталей нужно указывать овальность и конусность отверстий, которые должны быть не более 0,5...0,8 допуска на диаметр отверстия;

для деталей с короткими базовыми отверстиями (отношение $l/d > 1,0$) должны быть оговорены перпендикулярность опорных торцов к оси отверстия, при длинных базовых отверстиях ($l/d < 1,0$) допуски на осевое биение торцов ступицы могут в 1,5... 2 раза превышать табличные значения.

Для приобретения навыков разработки рабочих чертежей конструктор должен научиться мысленно представлять последовательность действий исполнителя каждой операции: модельщика, формовщика, фрезеровщика.

Нужно также иметь в виду, что при разработке рабочих чертежей в некоторой степени продолжается конструирование, так как и на этой стадии конструктор должен продолжать поиски решений по снижению веса, увеличению жесткости и повышению прочности деталей.

Пути снижения массы

Максимального снижения массы можно добиться путем придания деталям формы, обеспечивающей полную равнопрочность, при которой напряжения в каждом сечении детали по ее продольной оси и в каждой точке этого сечения одинаковы.

Однако при изгибе, кручении и других сложных процессах напряжение по сечению распределяется неравномерно. В этих случаях можно приблизиться к обеспечению условия равнопрочности путем выравнивания напряжений по сечению, удаления металла из наименее нагруженных участков и сосредоточения его в наиболее нагруженных местах.

Самыми распространенными показателями прочности и жесткости профилей являются: площадь сечения, осевой момент инерции и сопротивления.

В табл. 1 приведены наиболее распространенные профили; в табл. 2 — сечения при наименьшем весе; в табл. 3 — различные варианты снижения массы за счет применения равнопрочной формы деталей.

Пути увеличения жесткости

Жесткость — это способность конструкции сопротивляться действию внешних нагрузок с наименьшими деформациями или с деформациями, не нарушающими ее работоспособность. При недостаточной жесткости могут возникнуть повышенные деформации, фрикционная коррозия и сваривание поверхностей, возрасти трение и износ подвижных соединений. При этом в большинстве случаев становится невозможной работа конструкций, связанных с выполнением точных операций.

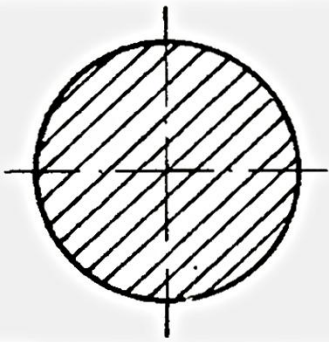
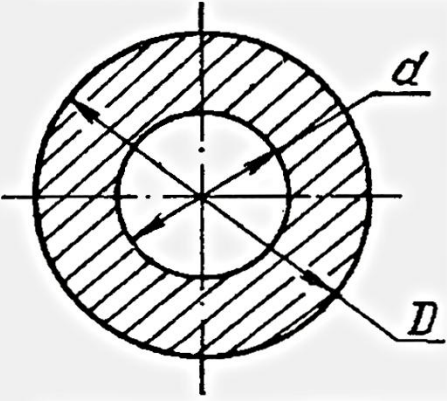
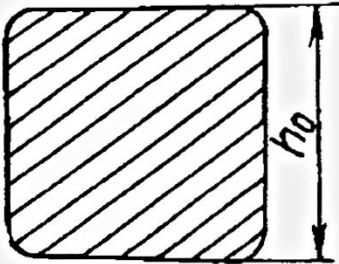
Коэффициентом жесткости называется отношение силы P , приложенной к конструкции, к максимальной деформации f , вызываемой этой силой. Величина, обратная коэффициенту жесткости, называется **коэффициентом упругости**.

Основными путями повышения жесткости являются приме-

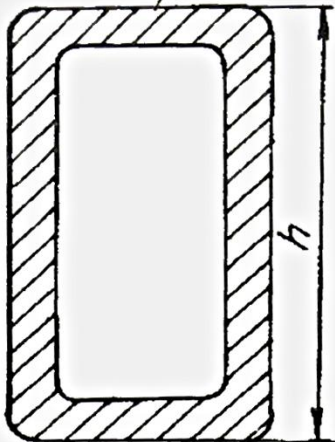
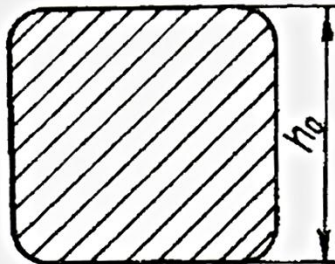
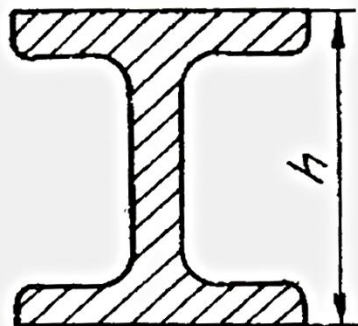
1. Основные характеристики профилей

Форма поперечного сечения	Площадь сечения F , см ²	Осевой момент инерции I , см ⁴	Момент сопротивления W , см ³
Квадрат	b^2	$b^2/12$	$b^3/6$
Прямоугольник	bh	$I_x = bh^3/12$ $I_y = hb^3/12$	$W_x = bh^2/6$ $W_y = hb^2/6$
Круг	$\pi d^2/4$	$\pi d^4/64$	$\pi d^3/32$
Кольцо $a = d_1/d$	$\pi(d^2 - d_1^2)/4$	$\pi d^4(1 - a^4)/64$	$\pi d^3(1 - a^3)/32$

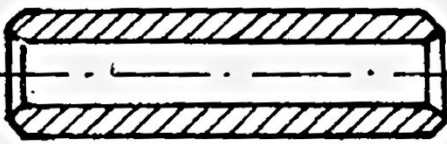
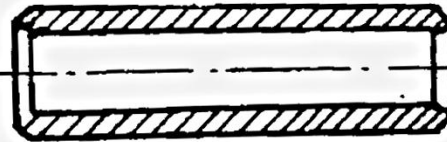
2. Рациональные сечения профилей одинаковой массы

Эскиз сечения	Соотношение параметров сечения и его величина	Показатель жесткости W/W_0	Показатель прочности I/I_0
	—	1	1
	d/D	0,6 0,8 0,9	2,1 4,5 10,0
	—	1	1

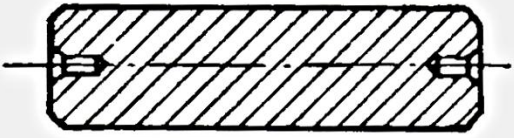
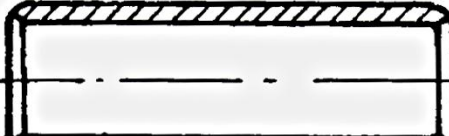
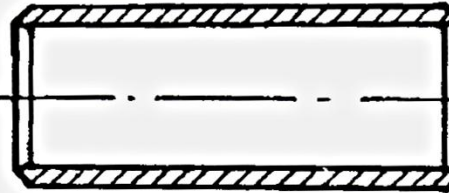
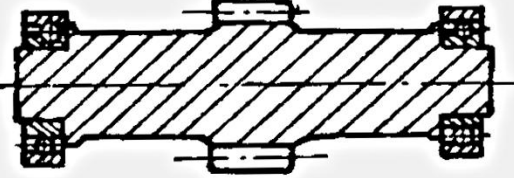
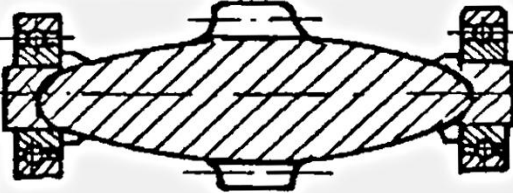
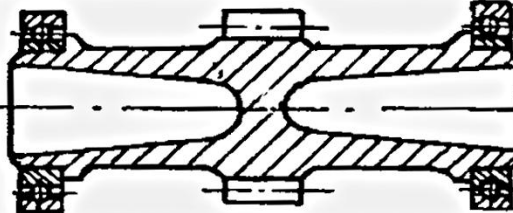
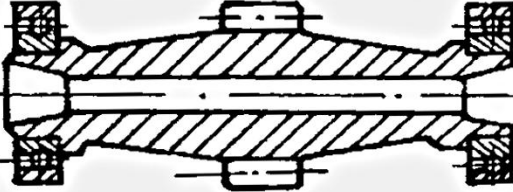
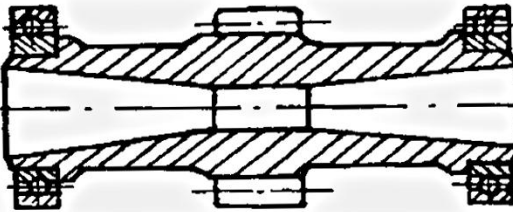
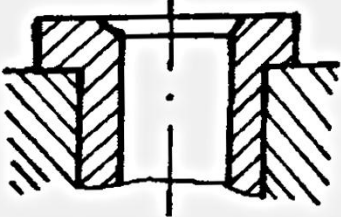
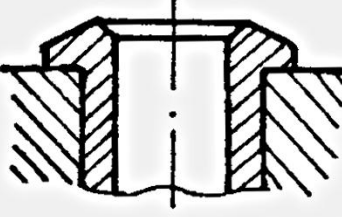
Продолжение табл. 2

Эскиз сечения	Соотношение параметров сечения и его величина		Показатель жесткости W/W_0	Показатель прочности I/I_0
	h/h_0	1,5 2,5 3,0	3,5 9 18	2,2 3,7 5,5
	—	—	1	1
	h/h_0	1,5 2,5 3,0	4,3 11,5 21,5	2,7 4,5 7,0

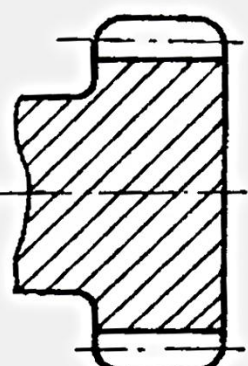
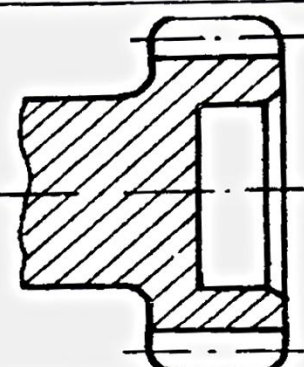
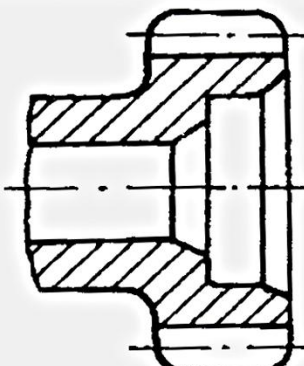
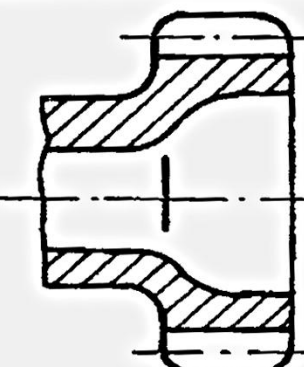
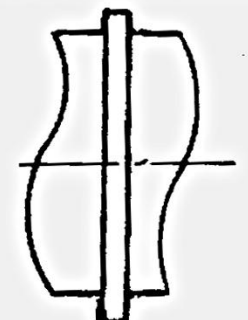
3. Снижение массы деталей путем придания им равнопрочной и рациональной формы

Нерациональная форма детали	Рациональные формы детали	Отношение массы детали рациональной формы к нерациональной
	 $d/D = 0,5$	0,78
	 $d/D = 0,6$	0,7

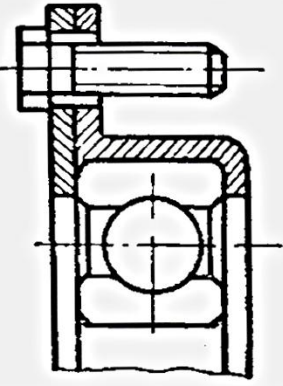
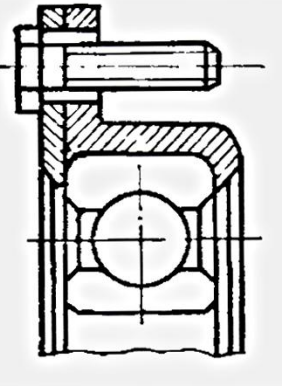
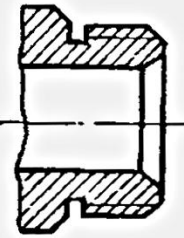
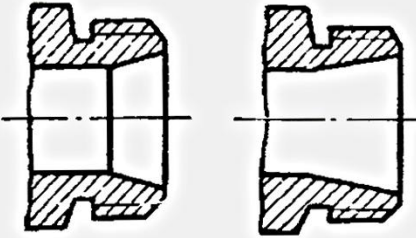
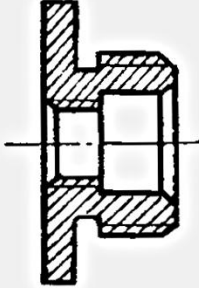
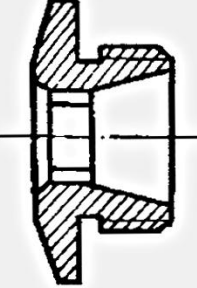
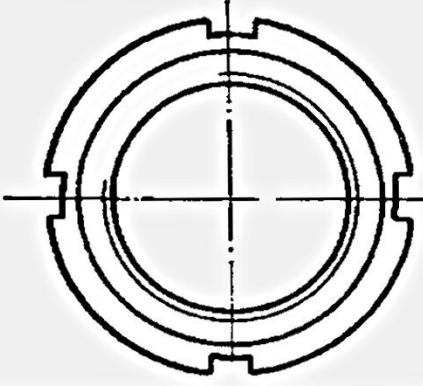
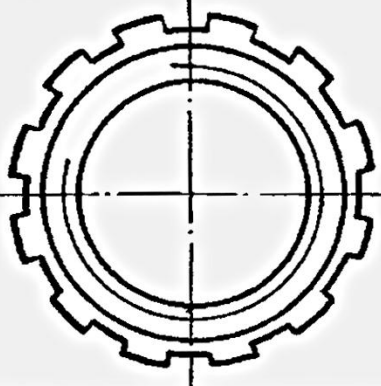
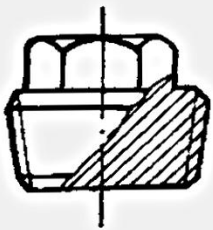
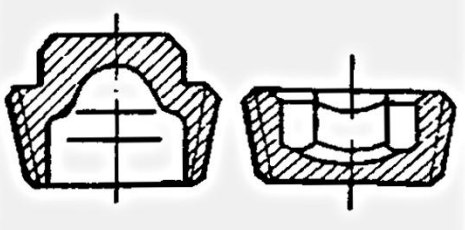
Продолжение табл. 3

Нерациональная форма детали	Рациональные формы детали	Отношение массы детали рациональной формы к нерациональной
	 $d/D = 0,7$	0,61
	 $d/D = 0,8$	0,51
	 $d/D = 0,9$	0,39
		0,9
		0,8
		0,8
		0,75
		0,75 (по буртику)

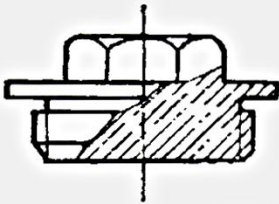
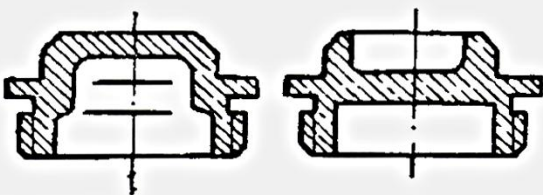
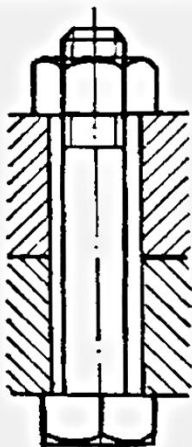
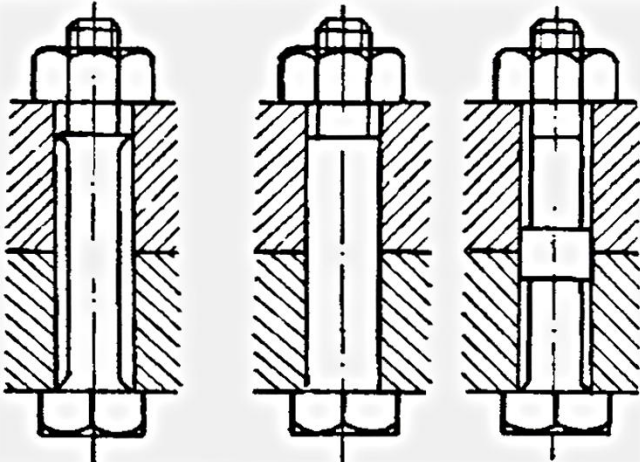
Продолжение табл. 3

Нерациональная форма детали	Рациональные формы детали	Отношение массы детали рациональной формы к нерациональной
		0,9
		0,8
		0,75
		0,8 (по буртику)
		0,8 (по буртику)

Продолжение табл. 3

Нерациональная форма детали	Рациональные формы детали	Отношение массы детали рациональной формы к нерациональной
		0,9
		0,9
		0,9
		0,95
		0,75

Продолжение табл. 3

Нерациональная форма детали /	Рациональные формы детали	Отношение массы детали рациональной формы к нерациональной
		0,75
		0,9

нение материалов с высоким модулем упругости, ребер и перегородок, замкнутых рамных конструкций, устранение изгибающих напряжений и замена их напряжениями сжатия-растяжения, уменьшение зазоров, создание предварительного натяга, сокращение числа стыков.

Примеры увеличения жесткости отдельных конструкций приведены в табл. 4.

Пути повышения циклической прочности

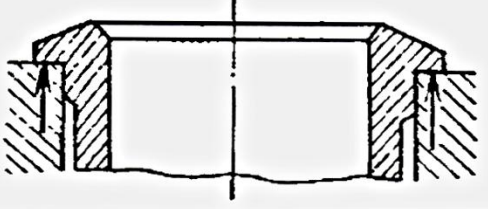
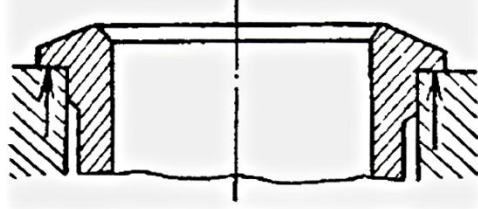
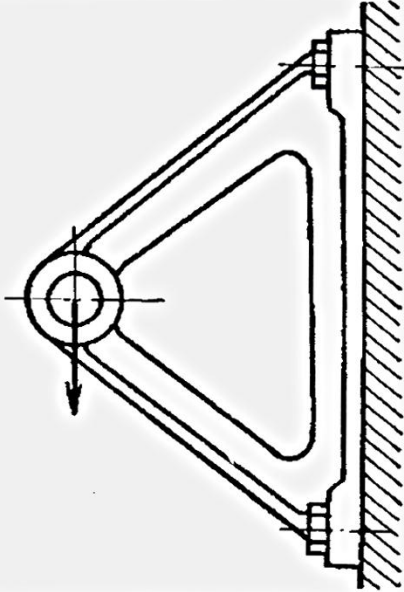
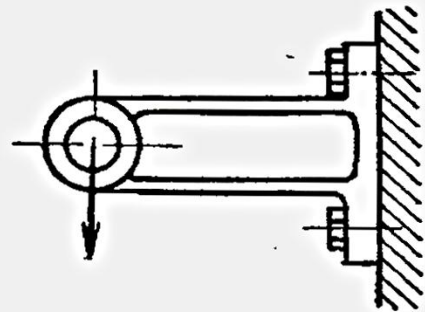
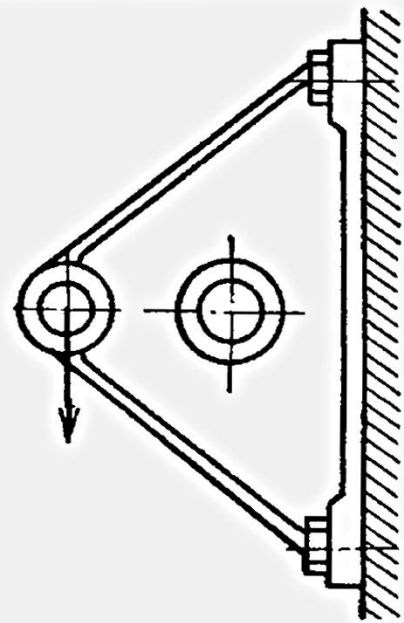
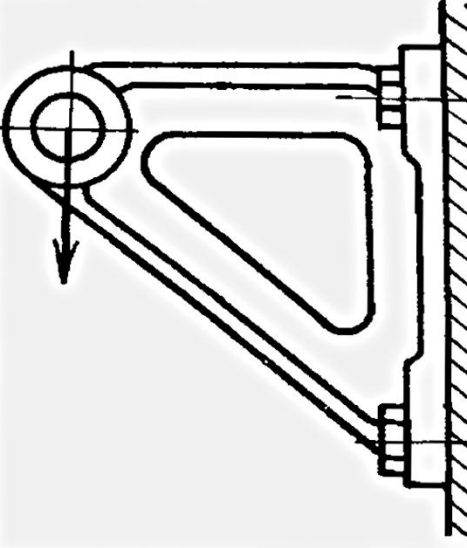
В связи с тем, что большинство конструкций станочных приспособлений подвергается воздействию переменных нагрузок, обеспечение циклической прочности является необходимым условием достижения долговечности и надежности.

Способность материала выдерживать без разрушения неограниченно большое число нагружений определяет его *циклическую прочность*, а величина напряжений при этом — *предел усталости материала*.

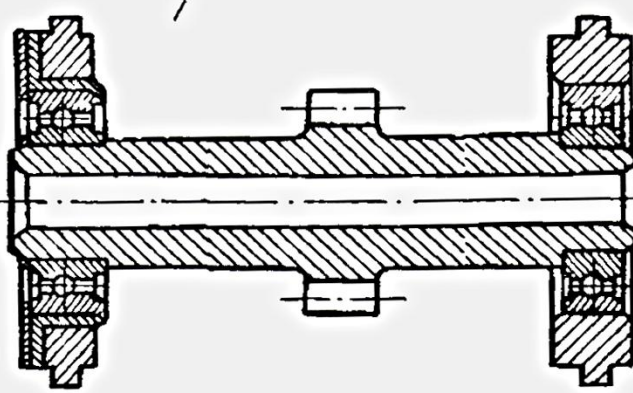
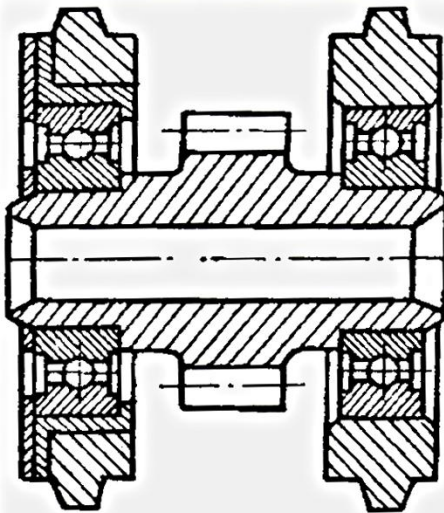
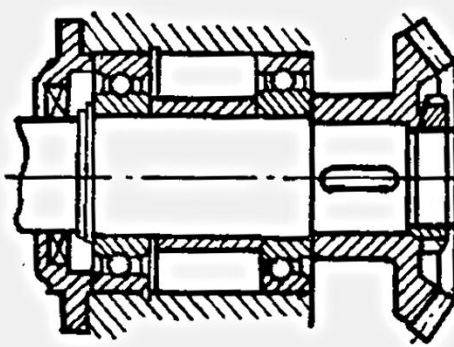
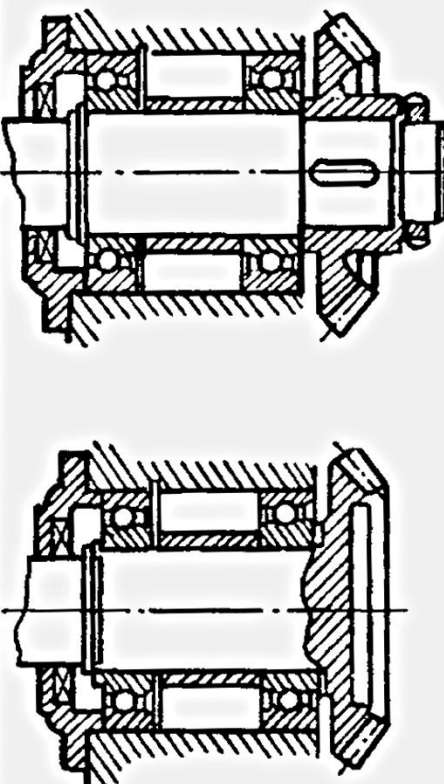
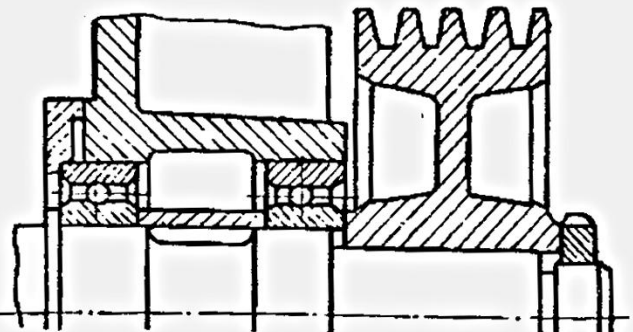
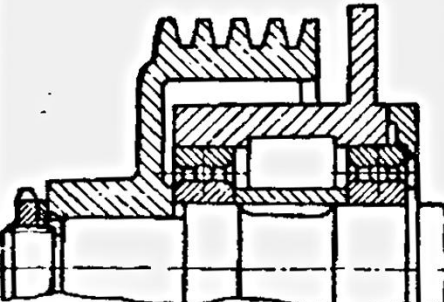
Пределы усталости материалов имеют гораздо больший диапазон колебания значений, чем механические характеристики при статическом нагружении, и зависят от условий нагружения, типа цикла, степени асимметрии, технологии изготовления, состояния поверхности и ряда других факторов. Между усталостной и статической прочностью нет определенной зависимости.

Усталостная прочность конкретных деталей в значительной мере зависит от концентраторов напряжений, которые могут в 2...3 раза и более повысить средний уровень напряжений, действующих в опасном сечении детали.

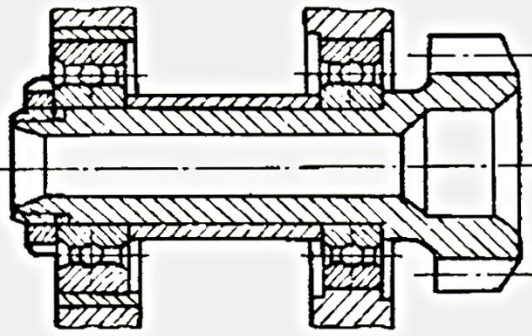
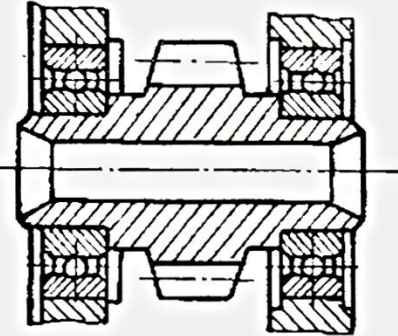
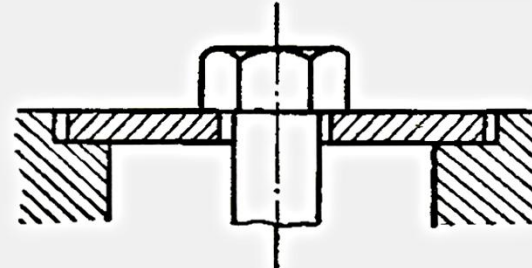
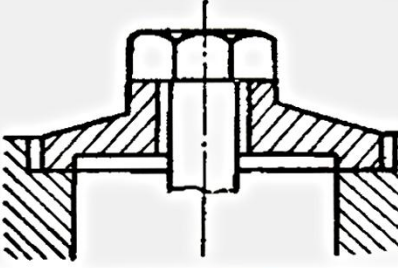
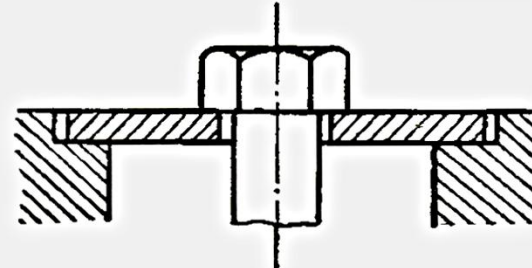
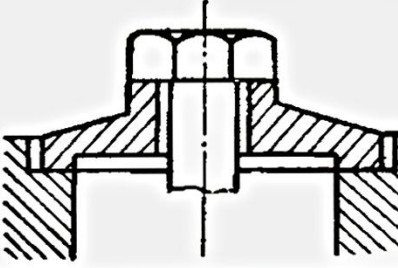
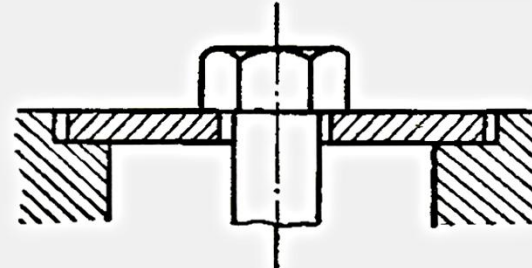
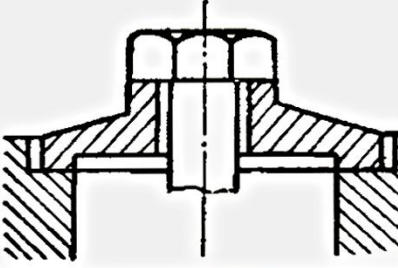
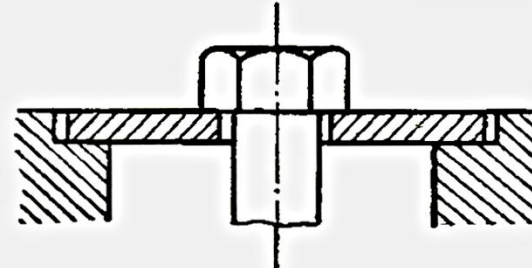
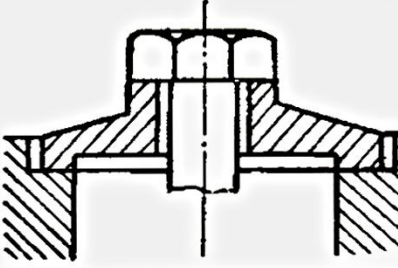
4. Увеличение жесткости машиностроительных конструкций

Исходная конструкция	Измененная конструкция	Сущность изменения
		Уменьшение вылета буртика
		
		Замена изгиба растяжением-сжатием
		

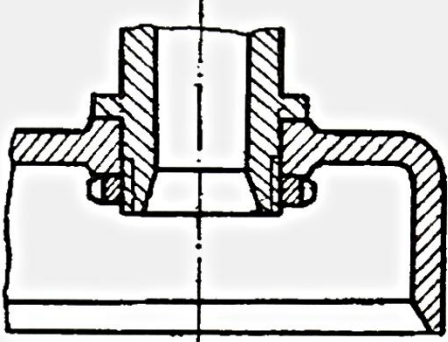
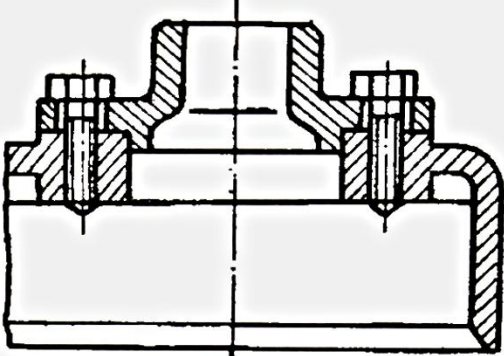
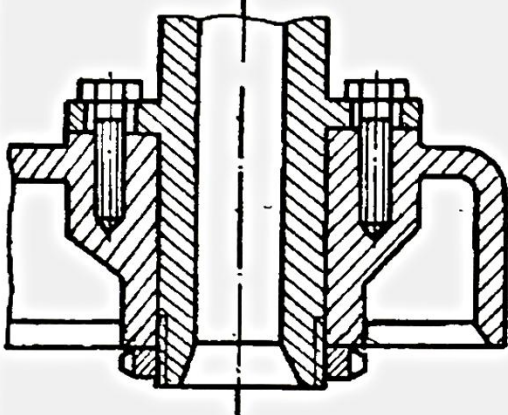
Продолжение табл. 4

Исходная конструкция	Измененная конструкция	Сущность изменения
		Уменьшение пролета между опорами
		
		Уменьшение вылета консоли усилением узла заделки

Продолжение табл. 4

Исходная конструкция	Измененная конструкция	Сущность изменения
		Ликвидация консоли
		Усиление жесткости кольцевым воротником
		Придание формы равного сопротивления
		Уменьшение напряжений изгиба
		

Продолжение табл. 4

Исходная конструкция	Измененная конструкция	Сущность изменения
		Усиление заделки
		

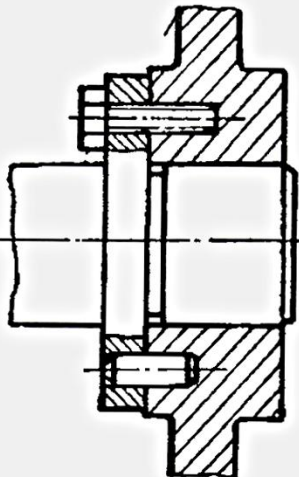
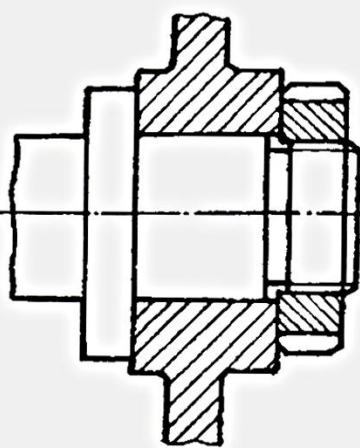
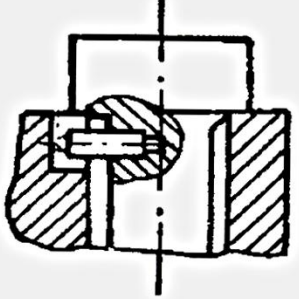
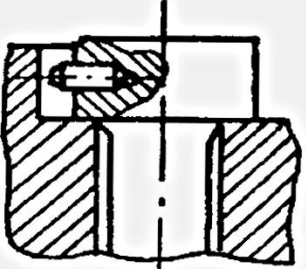
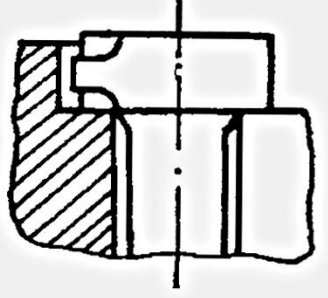
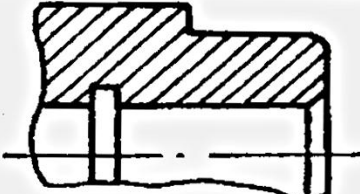
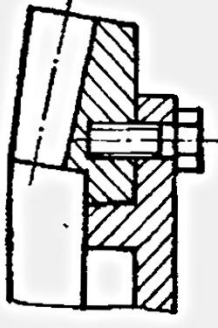
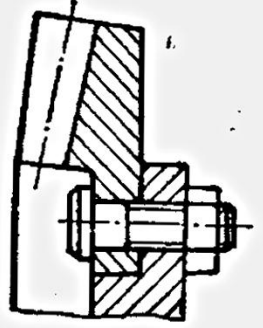
Обычно различают геометрические и технологические концентраторы напряжений.

К геометрическим концентраторам напряжений относятся: засверловки, отверстия, резьбовые отверстия, кольцевые выточки, канавки, ступеньки с острыми входящими углами, поднутрения, лыски, резьбы, шпоночные канавки, шлицы, впадины зубьев, сварные швы, клейма и т. д., к технологическим — участки с перерезанными волокнами, полученными при предшествующей горячей обработке заготовок; места переходов у кованных и штампованных заготовок, пресовых посадок; литейные дефекты, являющиеся следствием вытяжки металла; грубая механическая обработка поверхности детали; гальванопокрытия и т. д.

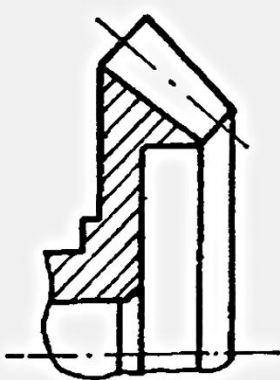
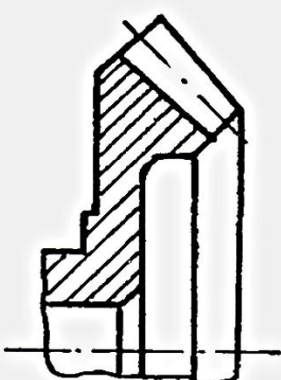
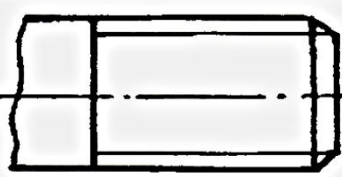
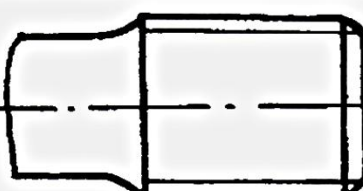
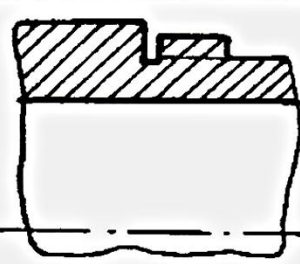
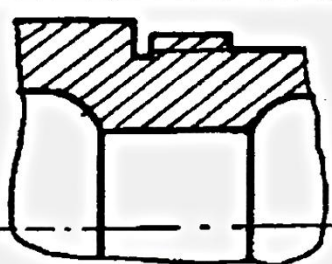
В табл. 5 приведены примеры устранения геометрических концентраторов напряжений.

К технологическим методам повышения усталостной прочности относятся: применение термической, химико-термической и термо-механической обработки сталей с целью создания в поверхностных слоях предварительных напряжений сжатия; улучшение шероховатости поверхностей деталей путем полирования, притирки, суперфиниширования, упрочнение поверхностного слоя пластической деформацией (дробеструйная обработка, накатывание роликами, алмазное выглаживание, ультразвуковое упрочнение, импульсный гидронаклеп и т. д.).

5. Устранение концентрации напряжений

Исходная конструкция	Измененная конструкция	Сущность изменения
		Крепежные болты замены кольцевой гайкой
		Фиксирующий штифт пере- несен на головку
		Фиксирующий усик выпол- нен вместе с головкой
		Концентраторы перенесены в различные плоскости
		Отверстия перенесены в сторону от зубьев на диск

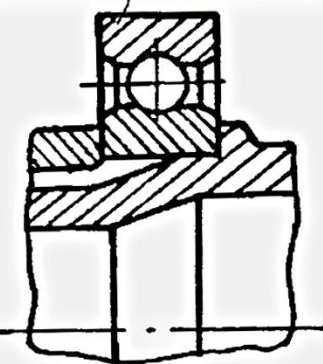
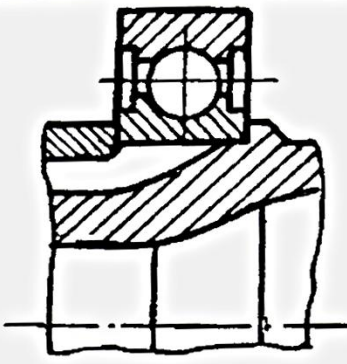
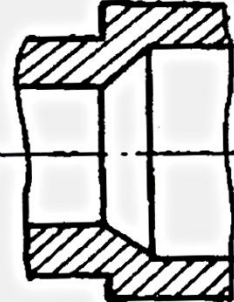
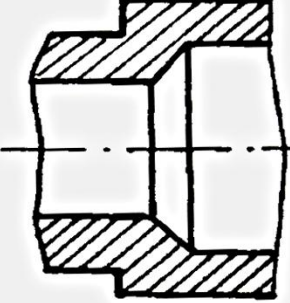
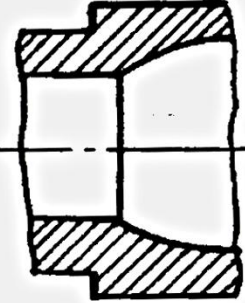
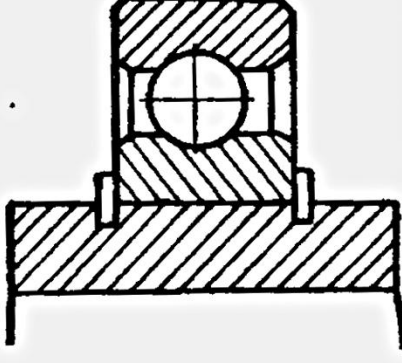
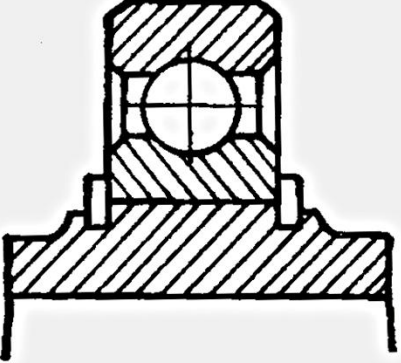
Продолжение табл. 5

Исходная конструкция	Измененная конструкция	Сущность изменения
		Усилен зубчатый венец и сделаны плавные переходы от венца к зубьям
		Увеличен диаметр нарезанного участка
		Усилен вал на участке резьбы

Пути совершенствования конструкций

У шпиндельных узлов оптимальные расстояния между опорами должны быть в пределах 3...4 диаметров передней опоры. Такие узлы имеют повышенную жесткость и минимальные габаритные размеры. В качестве материала для них рекомендуется применять азотируемые (38ХВФЮА, 40ХФА) или цементуемые стали (18ХГТ, 12ХНЗА, 20Х), обладающие высокой твердостью и износостойкостью, малой деформируемостью и высокой прочностью. При этом особое внимание нужно уделять точности изготовления конических посадочных поверхностей под посадки подшипников. Коническая поверхность внутреннего отверстия двухрядных роликоподшипников должна быть выполнена на шпинделе с отклонением угла конуса не более 1'. На работу шпиндельного узла существенно влияет натяг подшипника, оптимальная величина которого должна быть в пределах 2...4 мкм. Правильность выбора величины натяга контролируют по температуре нагрева подшипника в процессе эксплуатации. При особо высоких требованиях к виброустойчивости и точности вращения рекомендуется применять *подшипники скольжения*. Эти подшипники требуют высокой точности выполнения сопрягаемых поверхностей. Обязательным при этом является определение требований к отклонению по некруглости и конусности. Весьма существенный фактор, влияющий на ресурс работы

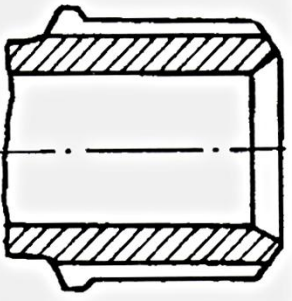
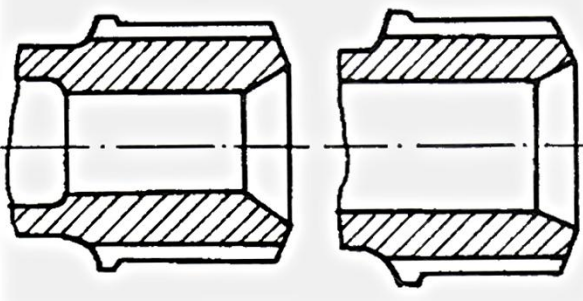
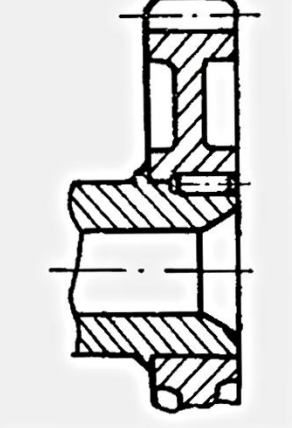
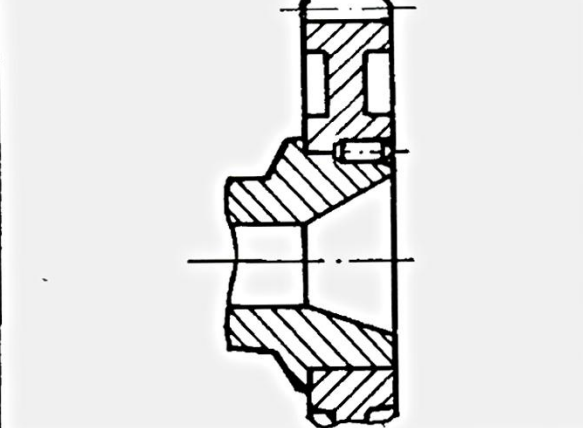
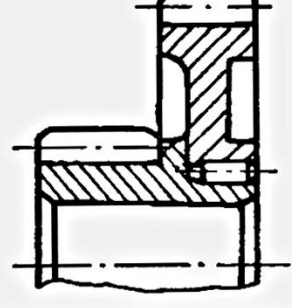
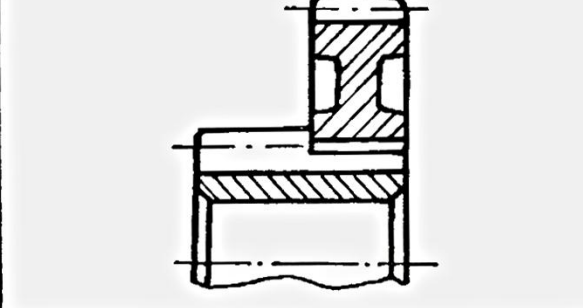
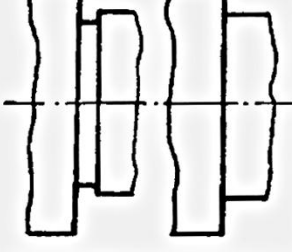
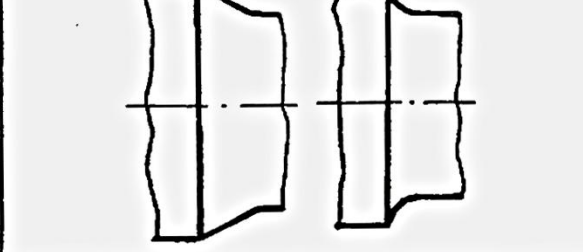
Продолжение табл. 5

Исходная конструкция	Измененная конструкция	Сущность изменения
		Увеличены сечения вала на участке расположения концентраторов
		Ослабленный участок усилен за счет разности входящих углов
		Внутренним ступенькам приданы плавные переходы
		Усилен вал на ослабленном участке

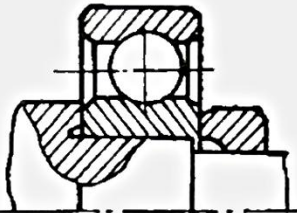
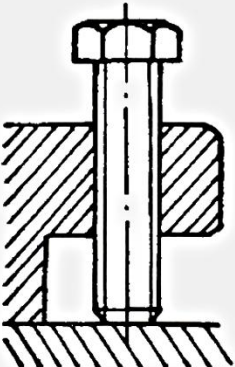
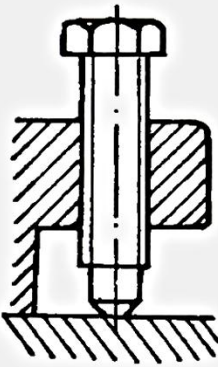
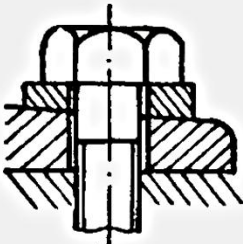
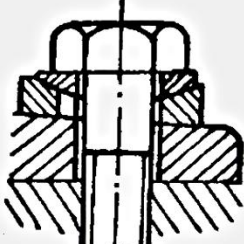
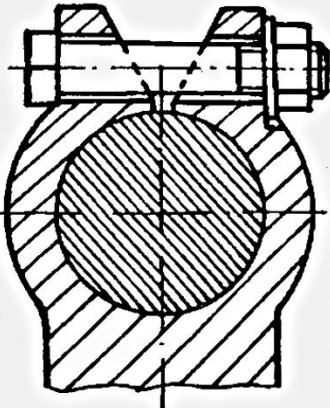
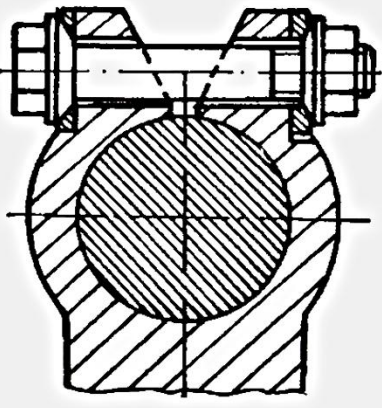
подшипника, -- перекос осей. В связи с этим при монтаже подшипников скольжения требуется исключить возможные перекосы осей из-за погрешностей как изготовления и монтажа, так и деформации шпинделя. Для стабильной работы подшипника скольжения необходим постоянный температурный режим. Он обеспечивается при использовании температурных компенсаторов при подаче смазки постоянной температуры.

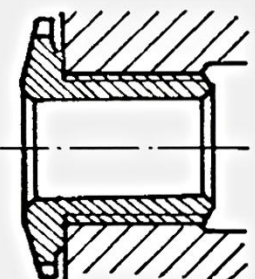
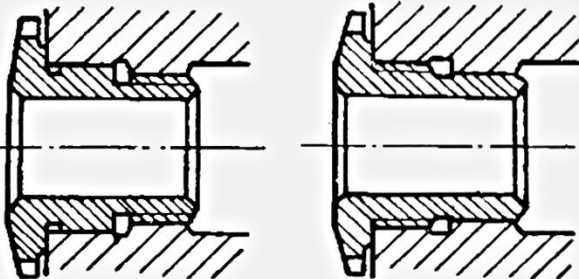
Подшипники качения обеспечивают нормальную работу, если при их монтаже и эксплуатации не было значительных перекосов и деформации колец. Допустимые перекосы составляют 8'

Продолжение табл. 5

Исходная конструкция	Измененная конструкция	Сущность изменения
		Усилен вал на ослабленном участке
		Утолщены вал и ступица
		Зубчатое колесо насажено на продолжение зубьев малого колеса
		На участках перехода использованы галтели

Продолжение табл. 5

Исходная конструкция	Измененная конструкция	Сущность изменения
		Применены галтели повышенной прочности
		
		
		Устранен изгиб в резьбовых деталях

Исходная конструкция	Измененная конструкция	Сущ-ность изме-нения
		Осу-ще-стве-но цент-риро-вание в резь-бовых со-еди-не-ниях

для радиальных однорядных подшипников, $4...6'$ — для радиально-упорных, до $2...4^\circ$ — для сферических. Большую роль играют погрешность формы посадочных отверстий и биение торцевых опорных поверхностей. В зависимости от класса точности подшипника должны назначаться конусность и отклонение от цилиндричности опорных поверхностей, а также биение заплечиков.

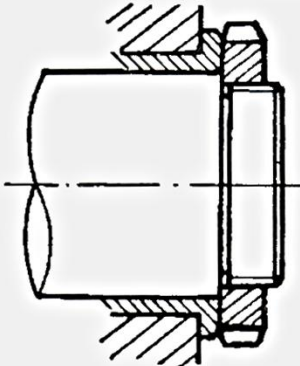
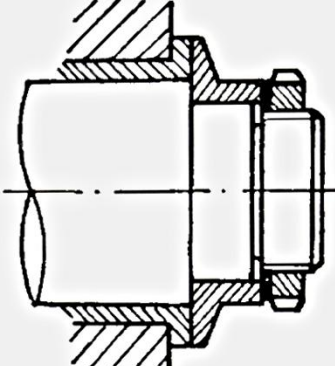
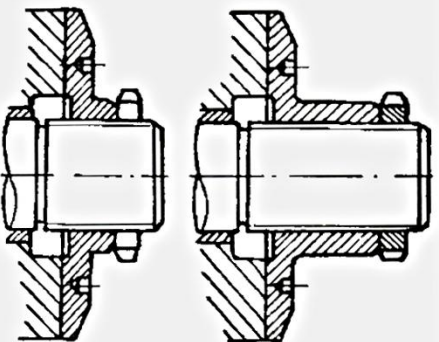
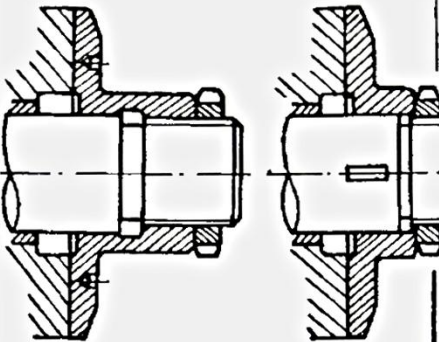
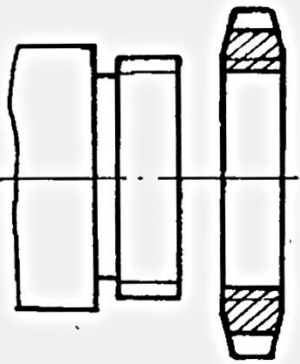
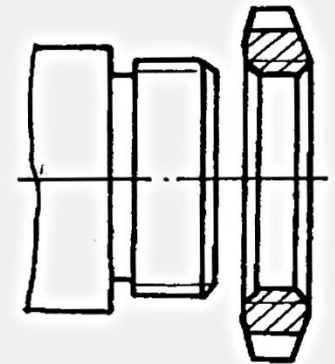
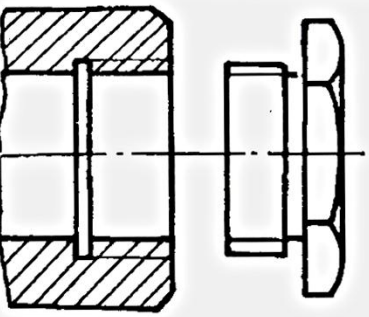
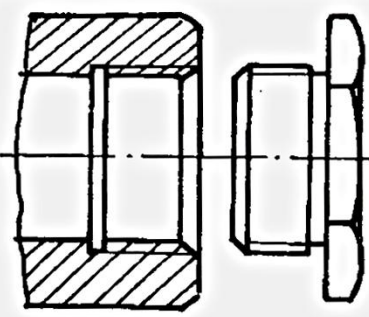
В *резьбовых соединениях* необходимо обеспечить совпадение шагов. На работоспособность соединения существенно влияет отклонение от перпендикулярности опорной поверхности, которое должно быть для точных резьб в пределах $30...40'$ и для грубых — $100...130'$.

Поворотные и делительные механизмы рекомендуется использовать с коническими фиксаторами с самотормозящими углами. В механизмах поворота желательно применять амортизаторы, а также механизм разгрузки, двойную фиксацию. Положительный эффект дает повышение жесткости центральной опоры.

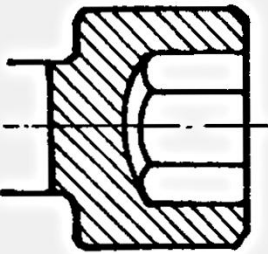
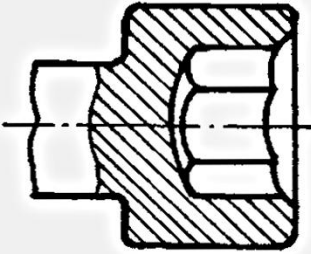
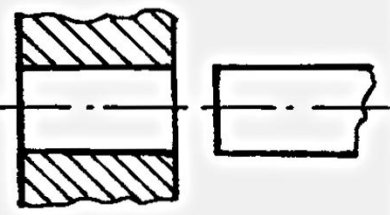
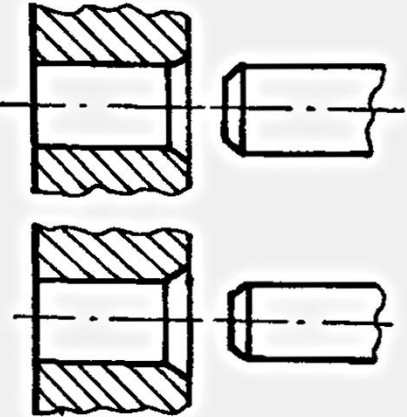
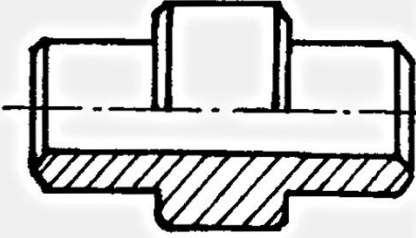
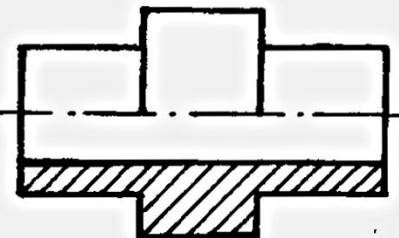
В *передачах винт — гайка* требуется достижение параллельности перемещения относительно оси винта с целью исключения защемления в крайних положениях. Для уменьшения сил трения нужно применять тела качения или гидростатическую смазку, а для ликвидации зазоров — две короткие гайки с регулируемым зазором. Повысить точность перемещения позволяет переход от передач винт — гайка к передачам червяк — червячная рейка.

Направляющие должны обеспечивать постоянство перемещения на протяжении всей рабочей зоны. Одним из основных условий их стабильной работы является надежная защита от попадания в них грязи, стружки, пыли и т. п. Предпочтительны V-образные направляющие. Для уменьшения сил трения целесообразно применение пар трения пластмасса — сталь или

Продолжение табл. 5

Исходная конструкция	Измененная конструкция	Сущность изменения
		Применено центрирование в резьбовых соединениях
		
		Использованы фаски
		

Продолжение табл. 5

Исходная конструкция	Измененная конструкция	Сущность изменения
		
		Использованы фаски
		
		

пластмасса — чугун. Желательно использовать антискачковые смазочные материалы — масла типа ИНС.

При монтаже *зубчатые передачи* требуют точного положения осей зубчатых колес и базирования этих колес на валах. При несоблюдении данных требований нарушается точность зацепления, что приводит к резкому ухудшению работы передачи: повышению шума, снижению работоспособности. Для снижения шума рекомендуется применять заплосные передачи, передачи с коэффициентами перекрытия свыше 2, с модифицированными профилями.

Повышение точности изготовления деталей станочных приспособлений

Точность изготовления деталей обуславливает эксплуатационные качества и надежность приспособления. Особое внимание следует уделять точности производства таких деталей, как направляющие, зубчатые передачи, подшипниковые опоры, винтовые передачи, центрирующие устройства, шпиндельные узлы и т. д., которые определяют точность базирования и выполнения заданных перемещений в приспособлении.

В табл. 6 приведены ориентировочные значения экономически достижимой точности при различных видах обработки деталей из сталей.

6. Размерная точность изготовления деталей

Вид поверхности	Метод обработки	Квалитет
Вал	Точение:	
	черновое	10...12
	чистовое	9...11
	точное	8...9
	алмазное	6...7
	Шлифование:	
	бесцентровое	6
	в центрах	5...6
	предварительное	8...9
	тонкое	5
	Обкатывание роликом и шариком	6...8
	Электроэрозионная обработка	8...12
	Суперфиниширование	5
	Доводка (ручная и механическая)	5

Продолжение табл. 6

Вид поверхности	Метод обработки	Квалитет
Отверстие	Сверление:	
	ручное	13
	через кондуктор	11...12
	после предварительного сверления	11
	Зенкерование	10...11
	Растачивание:	
	черновое	8...10
	чистовое	7...9
	точное	7
	на координатно-расточных станках	6...7
	Растачивание алмазное	6
	Развертывание:	
	предварительное	7...9
	окончательное	6...7
	Протягивание	6...8
	Прошивание	6...8
	Развальцовывание	6...7
	Раскатывание	6...8
	Калибрование	6
	Шлифование:	
	предварительное	8...9
	точное	6
	Хонингование	5...6
	Суперфиниширование	5
	Доводка (ручная и механическая)	5
	Электроэрозионное прошивание	8...13
	Электрохимическое прошивание	8...13
	Электроалмазное шлифование	5...6
Плоскость	Строгание	8...10
	Долбление	11...12
	Фрезерование	8...9
	Обтачивание торцов:	
	черновое	12
	чистовое	10...11
	точное	8
	Шлифование:	
	торцов	6...7
	плоскостей	6
	Хонингование	6
	Суперфиниширование	5
	Доводка (ручная и механическая)	5
	Шабрение	6...8
	Слесарная опиловка	10...11

Продолжение табл. 6

Вид поверхности	Метод обработки	Квалитет
Резьба	Нарезание:	
	плашкой-метчиком	6...8
	резцом-гребенкой	6...8
	Фрезой	8
	Накатывание роликами	7...8
	Шлифование	5...6
Контурные поверхности плоских деталей	Холодная штамповка:	
	вырубка	12
	пробивка	11

Глава II

МАТЕРИАЛЫ ДЕТАЛЕЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Чугуны

Чугуны являются сплавами железа с углеродом (содержание последнего более 1,5 %). Чугуны делятся на белые, серые, модифицированные, высокопрочные, ковкие, антифрикционные, жаростойкие, коррозионностойкие. В станочных приспособлениях наибольшее применение находят серые чугуны, из которых изготавливаются корпусные и малонагруженные детали. Эти чугуны обладают хорошими литейными и удовлетворительными механическими свойствами, имеют относительно низкую стоимость. Модифицированные чугуны отличаются от серых

наличием графитизирующих присадок и имеют повышенные механические свойства. У высокопрочных и ковких чугунов высокие механические свойства, однако из-за более сложной технологии их производства применяются в станочных приспособлениях довольно редко. Антифрикционные, жаростойкие и коррозионностойкие чугуны используются для изготовления деталей с требуемыми свойствами (тормозные диски, детали сварочных приспособлений).

В табл. 7 указаны области применения чугунов, в табл. 8...10 — их механические свойства.

7. Отливки из чугуна

Марка чугуна	Краткая характеристика	Область применения
--------------	------------------------	--------------------

Серый чугун

СЧ15	Низкая износостойкость и пониженные механические свойства	Малоответственные отливки с толщиной стенок до 30 мм. Детали, работающие при средних нагрузках без трения (крышки, планшайбы, плиты, стойки, корпуса, шкивы, маховички)
СЧ20	Низкая износостойкость и пониженные механические свойства, способность воспринимать небольшие сжимающие нагрузки	Ответственные отливки с толщиной стенок 10...30 мм. Детали, работающие на износ при средних нагрузках. Отливки больших габаритов (корпуса пневмокамер и пневмоцилиндров, тормозные барабаны)
СЧ25	Высокие механические свойства, хорошая износостойкость и обрабатываемость режущим инструментом	Ответственные отливки с толщиной стенок до 40 мм. Детали, работающие на износ при больших нагрузках и высокой герметичности (гидроцилиндры, гильзы, корпуса)
СЧ30	Высокие механические свойства и износостойкость, способность воспринимать значительные переменные нагрузки и повышенная плотность	Ответственные сложные отливки с толщиной стенок до 60 мм, с повышенными требованиями к однородности свойств в различных частях отливки. Детали, работающие при переменных нагрузках в условиях интенсивного износа (зубчатые колеса, поршни, храповики)

Высокопрочный чугун

Ч45-5	Высокая прочность и ударопрочность	Корпуса гидроаппаратуры, ступицы, кронштейны
ВЧ50-2	Высокие прочность, жесткость и износостойкость	Детали, работающие на износ и испытывающие вибрационные нагрузки (корпуса насосов, ре-

Продолжение табл. 7

Марка чугуна	Краткая характеристика	Область применения
ВЧ60	Высокая прочность и жесткость, повышенная износостойкость	дукторов, кронштейны, бугели, тормозные диски, звездочки) Ответственные детали, работающие на износ при больших нагрузках (коленчатые и распределительные валы, копиры, толкатели)
<i>Ковкий чугун</i>		
КЧ30-6	Способность работать в условиях динамических нагрузок	Ответственные детали, испытывающие вибрационные нагрузки (коленчатые валы, толкатели, зубчатые колеса)
<i>Антифрикционный чугун</i>		
АЧС-1, АЧС-2	Предназначены для работы в узлах трения в паре с термически обработанным валом при средних скоростях скольжения	Цапфы, опоры, подпятники, подшипники скольжения
АЧВ-1	Предназначен для работы в узлах трения в паре с термически обработанным валом при высоких скоростях скольжения	То же
АЧВ-2	Предназначен для работы в узлах трения в паре с термически не обработанным валом при высоких скоростях скольжения	

8. Механические свойства отливок из серого чугуна (по ГОСТ 1412—85)

Марка чугуна	Толщина стенок, мм	Временное сопротивление при растяжении σ_b , МПа	Твердость, HB
СЧ15	8	180	224
	15	150	210
	30	110	201
	50	105	163
СЧ20	8	220	240
	15	200	230
	30	160	216
	50	140	170

Продолжение табл. 8

Марка чугуна	Толщина стенок, мм	Временное сопротивление при растяжении σ_b , МПа	Твердость, HB
СЧ25	8	270	255
	15	250	245
	30	210	238
	50	180	187
СЧ30	8	330	270
	15	300	260
	30	260	250
	50	220	197

9. Механические свойства отливок из чугуна с шаровидным графитом (по ГОСТ 7293—85)

Марка чугуна	Временное сопротивление при растяжении σ_b , МПа	Условный предел текучести $\sigma_{0.2}$, МПа	Относительное удлинение δ , %	Твердость, HB
ВЧ35	350	220	22	140...170
ВЧ40	400	250	15	140...202
ВЧ45	450	310	10	140...225
ВЧ50	500	320	7	153...245
ВЧ60	600	370	3	192...227
ВЧ70	700	420	2	228...302

10. Свойства отливок из антифрикционного чугуна (по ГОСТ 1585—85)

Марка чугуна	Твердость, HB	Удельное давление p , МПа	Окружная скорость, v , м·с	pv , МПа·м·с
АЧС-1	180...241	5	5	12
АЧС-1	180...241	14	0,3	2,5
АЧС-2	180...229	10	0,3	2,5
АЧВ-1	210...260	1,5	10	12
АЧВ-1	210...260	20	1	20

Стали

Стали являются сплавами железа с углеродом. Последний составляет до 1,7 %.

Стали подразделяются: по химическому составу, качественным признакам, по назначению и способу производства.

По химическому составу стали делятся на углеродистые (с содержанием углерода от 0,85 до 1,3 %) и легированные, включающие кроме железа и углерода различные легирующие элементы;

по качественным признакам — на обыкновенного качества, качественные и высококачественные; по назначению — на конструкционные, инструментальные и с особыми физическими свойствами; по способу производства — на конверторные, мартеновские и электростали.

Наибольшее применение для изготовления станочных приспособлений находят конструкционные стали. Они делятся на углеродистые и легированные.

Сталь углеродистая обыкновенного качества изготавливается в мартеновских печах (спокойная, кипящая, полуспокойная) и в бессемеровских конверторах (спокойная и кипящая).

В зависимости от назначения и гарантируемых характеристик сталь подразделяется на две группы и одну подгруппу и поставляется: группа А — по механическим свойствам (марок Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6); группа Б — по химическому составу (марок БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6); подгруппа В — по механическим свойствам и химическому составу (марок ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5).

Сталь углеродистая качественная, конструкционная изготавливается в мартеновских и электрических печах (спокойная, кипящая и полуспокойная). Она поставляется по химическому составу и механическим свойствам одновременно.

В зависимости от химического состава сталь делится на две группы: I — с нормальным и II — с повышенным содержанием марганца.

Сталь легированная конструкционная по химическому составу и механическим свойствам подразделяется на качественную, высококачественную и особо высококачественную. В зависимости от основных легирующих элементов различается 13 групп стали.

Углеродистые стали обыкновенного качества применяются для производства деталей, не подвергаемых термической обработке. Детали из углеродистых качественных сталей проходят термическую обработку. Легированные стали используются для изготовления ответственных высоконагруженных деталей.

Для деталей с заданными специфическими свойствами (коррозионной стойкостью, жаропрочностью) применяются высококачественные стали. Они подразделяются на группы:

I — коррозионностойкие (нержавеющие стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии — атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной, солевой, межкристаллитной коррозии под напряжением и др.);

II — жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности в газовых средах при температурах выше 550 °С, работающие в ненагруженном или слабонагруженном состоянии;

III — жаропрочные стали и сплавы, способные работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени.

Для изготовления ряда сложных и ответственных деталей станочных приспособлений применяются инструментальные углеродистые и легированные, инструментальные быстрорежущие и подшипниковые стали. Их условные обозначения приведены в табл. 11, рекомендации по применению — в табл. 12...21, основные механические свойства — в табл. 22.

11. Условные обозначения марок сталей

Материал	Обозначение
Сталь углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380 -88)	Буквы «Ст» и цифры от 1 до 6 — условный номер марки в зависимости от химического состава и механических свойств (Ст1, Ст3). Степень раскисления обозначается двумя строчными буквами, добавляемыми после обозначения марки стали: кп — кипящая, пс — полуспокойная, сп — спокойная (Ст3кп). Буква Г после номера марки стали указывает на повышенное содержание марганца (Ст3Г).
Сталь углеродистая качественная конструкционная (ГОСТ 1050—88)	Две цифры от 05 до 85, показывающие среднее содержание углерода в сотых долях процента.
Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543—71)	Двузначное число, показывающее среднее содержание углерода в сотых долях процента, и буквы справа от этих чисел, означающие, что в состав стали входят легирующие элементы (40Х, 40ХН, 30ХГС). Цифра, стоящая после буквы, обозначающей легирующий элемент, показывает примерное его содержание в целых процентах (35Г2, 20Х2, ГН2). Если содержание легирующего элемента менее 1 %, цифра отсутствует (50Х, 15ХР).
Сталь углеродистая инструментальная (ГОСТ 1435—74)	Буква У и цифры, показывающие среднее содержание углерода в десятых долях процента (У7, У8). Для обозначения высококачественных сталей в конце ставится буква А (У8А).
Сталь легированная инструментальная (ГОСТ 5950—73)	Цифры слева от букв показывают среднее содержание углерода в десятых долях процента, если его в стали меньше, чем 1 % (9Х, 4ХС, 5ХГН). Цифры после букв, обозначающих легирующий элемент, показывают примерное его содержание в целых процентах (Х12, Х12М, ХВ5).

12. Углеродистые стали обыкновенного качества

Марка стали	Термическая обработка	Твердость после терм. обработки, HRC ₃	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			пластичность	свариваемость		
Ст0	Без термической обработки	—	Хорошая	Хорошая	Ненагруженные детали (прокладки, шайбы, ограждения)	Продолжение табл. 12
Ст1кп	То же	—	То же	То же	Малонагруженные детали (болты, заклепки, оси)	
Ст2кп	»	—	»	»	Малонагруженные сварные детали средних размеров (крышки, тяги, серьги, винты, заглушки)	
Ст3кп	»	—	»	»		
Ст4кп	»	—	»	»		

Марка стали	Термическая обработка	Твердость после терм. обработки, HRC ₃	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			пластичность	свариваемость	прокалываемость	
Ст5пс	Нормализация или улучшение	40...45	Удовлетворительная	Удовлетворительная	Слабая	Средненагруженные детали (пальцы, оправки, клинья, втулки, тяги, винты, крышки, оси)
Ст6пс	Закалка в воде, отпуск	48	То же	Ограниченная	Удовлетворительная	Нагруженные детали с повышенной прочностью (шпонки, звездочки, муфты, зубчатые колеса, шлицевые валы, кулачки)

13. Углеродистые качественные конструкционные стали

Марка стали	Термообработка	Твердость после термообработки, HRC ₂	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			пластичность	свариваемость	прокаливаемость	
08	Не подвергается термообработке	—	Высокая	Хорошая	Низкая	Детали, изготавливаемые методом холодной штамповки (винты, гайки, колпачки), и сварные детали (кожухи, емкости)
10, 15	Цементация, закалка в воде, отпуск	57...63 поверхности	То же	То же	То же	Детали с высокой поверхностной твердостью и невысокой прочностью сердцевины (кулачковые валики, болты, винты, гайки, ключи, шайбы, червяки, установочные под шупы, постоянные опоры)
20	Цементация, закалка в воде, отпуск	57...63 поверхности	Высокая	Хорошая	Низкая	Износостойкие детали при наличии ударных нагрузок (зубчатые колеса, кулачковые муфты, втулки, байонетные зажимы, кондукторные втулки диаметром свыше 25 мм)
25	Закалка в воде, отпуск	27...33	То же	То же	Слабая	Детали, не испытывающие больших нагрузок (оси, валы, соединительные муфты, винты)
30, 35	То же	32...42	Удовлетворительная	Ограниченная	Удовлетворительная	Малонагруженные детали (оси, валики, шпиндели, втулки, звездочки, тяги, траверсы, рычаги, диски, крепежные детали, верхние кондукторные плиты, захваты)

Продолжение табл. 13

Марка стали	Термообработка	Твердость после термообработки, HRC ₃	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			пластичность	свариваемость	прокаливаемость	
40	Закалка в воде, отпуск	33...52	Удовлетворительная	Ограниченная	Хорошая	Средненагруженные детали (оси, валы, штоки, шпиндели, шлицевые валы, звездочки, гайки, шпонки, штоки, зубчатые колеса, кронштейны)
45, 50	То же	32...42	Умеренная	То же	Пониженная	Ответственные детали различного характера (корпуса, оси, валы, муфты, фланцы, кольца, кронштейны)
55лп	Закалка в масле, отпуск	42...51				
	Закалка с нагревом ТВЧ, отпуск	40...47				
	Поверхностная закалка ТВЧ, охлаждение под водяным душем, отпуск	58...60	Низкая	Не сваривается	Пониженная	Ответственные детали с тонкими сечениями (тонкие шпиндели, зубчатые колеса)

14. Легированные конструкционные стали

Марка стали	Термообработка	Твердость после термообработки, HRC,	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			пластичность	свариваемость	прокаливаемость	
15X	Цементация, закалка в масле, отпуск	46...51	Хорошая	Удовлетворительная	Пониженная	Износостойкие детали, работающие при больших скоростях (пальцы, оси, валики, цепи, венцы, шестерни)
20X	Цементация, закалка в масле, отпуск	57...63	Удовлетворительная	То же	То же	Износостойкие детали, работающие при больших скоростях скольжения и нагрузках (шестерни, кулачковые муфты, втулки, шпиндели в подшипниках скольжения, червяки, оправки, шлицевые валики, основные втулки, кондукторные и сменные диаметром свыше 25 мм)
35X	Закалка в масле, отпуск	46...51	Удовлетворительная	Ограниченная	Удовлетворительная	Небольшие средненагруженные детали (оси, валики, зубчатые колеса, болты, гайки, силовые шпильки)
40X	Закалка в масле, отпуск	36...43 46...51	То же	То же	Хорошая	Детали, работающие при средних давлениях и небольших скоростях или на износ при средних окружностях и невысоких ударных нагрузках (зубчатые колеса, шпиндели, валы, ролики, втулки)

Продолжение табл. 14

Марка стали	Термообработка	Твердость после термообработки, HRC ₂	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			пластичность	свариваемость	прокаливаемость	
	Закалка с нагревом ТВЧ с глубиной закаленного слоя 1,8...2,2 мм, отпуск	51...55 поверхности	Низкая	Ограниченная	Повышенная	Средненагруженные детали (оси, валы, валы-шестерни, шевронные шестерни, пальцы, втулки, редукторные валы, ответственные болты, зубчатые колеса)
45X	Закалка в масле, отпуск	50...55				Крупные средненагруженные детали (валы, валики, шпиндели, диски трения, зубчатые колеса)
40Г, 50Г	Закалка в масле, отпуск	50...55	Удовлетворительная	Ограниченная	Повышенная	Детали с высокими износостойкими и пружинящими свойствами (цапги, мембраны, тарельчатые пружины)
65Г	Закалка в масле, отпуск	59...63 поверхности контакта 44...49 пружинящей части	То же	Плохая	Повышенная	Детали, работающие при больших скоростях скольжения и средних давлений при наличии ударных нагрузок (зубчатые колеса, шпиндели, валы, втулки, пальцы, оси, ходовые винты)
18ХГТ, 25ХГТ, 15ХГНТА	Цементация, закалка в масле, отпуск	57...61 поверхности	Удовлетворительная	Ограниченная	Повышенная	

Марка стали	Термообработка	Твердость после термообработки, HRC ₃	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			пластичность	свариваемость	прокаливаемость	
35ХМ	Закалка в масле, отпуск	45...53	То же	То же	Хорошая	Детали, работающие при высокой температуре (нагруженные валы, зубчатые колеса, крепежные детали)
20ХНР	Цементация, закалка, отпуск	58...60 поверхности	Удовлетворительная	Удовлетворительная	Хорошая	Высоконагруженные детали (зубчатые колеса, шлицевые валы, пальцы)
40ХН	Закалка в масле, отпуск	50...54	То же	Плохая	То же	Средне- и высоконагруженные детали (зубчатые колеса, шлицевые валы, муфты, цилиндры, нажимные винты, шпиндели)
12ХН3А, 20ХН3А	Цементация, закалка, отпуск	59...63 поверхности	»	Ограниченная	Глубокая	Высоконагруженные детали повышенной износостойкости (шаровые пальцы, ответственные валы, ролики, зубчатые колеса)

Продолжение табл. 14

Марка стали	Термообработка	Твердость после термо- обработки, HRC ₃	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			пластичность	свариваемость	прокалываемость	
30ХГСА, 35ХГСА	Закалка в масле, отпуск	45...50	Удовлетворительная	Ограниченная	Глубокая	Высоконагруженные детали (валы, зубчатые колеса, ролики, муфты, полуоси)
38Х2МЮА	Азотирование	870...1020 поверхности	Пониженная	Не сваривается	То же	Детали с очень высокой поверхностной твердостью и износоустойчивостью (нагруженные червяки, шпиндели скоростные и прецизионные, копиры, эксцентрики, кулачки, втулки, измерительные шестерни)

15. Инструментальные углеродистые стали

Марка стали	Термообработка	Твердость после термообработки, HRC,	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			пластичность	свариваемость	прокаливаемость	
У7, У7А	Закалка через воду в масле, отпуск	59...63	Низкая	Плохая	Пониженная	Детали приспособлений, подвергающиеся ударам и толчкам (пальцы установочные и центрирующие, центры токарные, втулки кондукторные диаметром до 25 мм)
У8, У8А, У8Г	Закалка через воду в масле, отпуск	59...63	То же	То же	То же	Детали повышенной твердости и вязкости, подвергающиеся ударам (цанги, втулки кондукторные диаметром до 25 мм)
У8ГА	Закалка через воду в масле, отпуск	60...64	Низкая	Плохая	Пониженная	Детали приспособлений, не подвергающиеся сильным ударам (копирь, копирные ролики, втулки кондукторные диаметром до 25 мм)
У12, У12А, У13А	Закалка через воду в масле, отпуск	62...64	То же	То же	То же	Детали приспособлений, не подвергающиеся ударам, но требующие большой твердости (шаблоны, кондукторные втулки)

16. Инструментальные легированные стали

Марка стали	Термообработка	Твердость, HRC,	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			пластичность	свариваемость	прокалываемость	
9ХС	Закалка в масле, отпуск	51...61	Удовлетворительная	Низкая	Повышенная	Детали, работающие в условиях интенсивного износа (штампы, пуансоны)
ХВГ	Закалка в масле, отпуск	62...63	Низкая	Ограниченная	Глубокая	Детали, для которых недопустимо повышенное коробление при закалке (измерительные шестерни, матрицы, накатники)
7Х3, 8Х3	Закалка в масле, отпуск	39...45	Удовлетворительная	Не сваривается	То же	Детали с высокой износостойкостью при повышенных температурах (штампы, пресс-формы для пластмасс и резины)
Х12Ф1, Х12М	Закалка в масле, отпуск	58...59	Удовлетворительная	Ограниченная	Повышенная	Детали с высокой износостойкостью и минимальным короблением при закалке (штампы сложной формы, пуансоны, матрицы, фильеры)

17. Быстрорежущие инструментальные стали

Марка стали	Термообработка	Твердость, HRC_s	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			пластичность	свариваемость	прокаливаемость	
P18	Закалка с трехкратным отпуском	63...65	Низкая	Хорошая	Глубокая	Особо ответственный режущий инструмент (протяжки, зубообрабатывающий и резьбообрабатывающий инструмент — фрезы, гребенки, шезеры, плашки, долбяки)
P6M5, P9F5	Закалка с трехкратным отпуском	62...65	То же	То же	То же	Универсальный режущий инструмент нормальной производительности
P6M5K5, P9K10	Закалка с трехкратным отпуском	64...65	Высокая	»	»	Инструмент высокой производительности

18. Рессорно-пружинные углеродистые легированные стали

Марка стали	Термическая обработка	Твердость, HV	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Область применения
65Г	Закалка в масле при 830 °С, отпуск при 470 °С	241	980	8	Детали с большой износостойкостью и хорошими пружинящими свойствами (шайбы, пружины, пружинные кольца, диски)
60С2	Закалка в масле при 870 °С, отпуск при 470 °С	269	1270	6	Ответственные пружины с толщиной проволоки свыше 7 мм
50ХФА	Закалка в масле при 850 °С, отпуск при 470 °С	269	1270	8	Ответственные нагруженные пружины, работающие при повышенных температурах (до 300 °С)

19. Подшипниковая сталь

Марка стали	Термообработка	Твердость, HRC ₃	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			пластичность	свариваемость	прокаливаемость	
ШХ15	Закалка в масле, отпуск	59...65	Низкая	Плохая	Повышенная	Детали с высокой износостойкостью (копиры, ролики, втулки, храповики, калибры)

20. Высоколегированные коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные стали

Марка стали	Термообработка	Твердость, HRC ₃	Технологические свойства в состоянии поставки			Область применения
			пластичность	свариваемость	прокаливаемость	
40X9C2	Закалка в масле, отпуск	40...50	Плохая	Ограниченная	Повышенная	Детали, обладающие повышенной коррозионной стойкостью при высоких температурах (клапаны, крепежные детали, пресс-формы)
40X10C2M	Закалка в масле, отпуск	28...35	То же	То же	То же	Детали повышенной твердости, работающие при повышенных температурах (пружины, пластинчатые пружины, торсионные валы)
08X17T	Отжиг	—	»	»	»	Корпусные детали, работающие при повышенных температурах (пресс-формы, ролики)

21. Отливки из конструкционной нелегированной и легированной стали

Марка стали	Термическая обработка	Краткая характеристика	Область применения
25Л	Нормализация	Низкая коррозионная стой-	Детали средней прочности (корпуса пневма-
35Л	Закалка и отпуск	кость, хорошая свариваемость	тических патронов, подшипников, шкивы)
	Нормализация	То же	Детали средней прочности, (угольники, звез-
45Л	Закалка и отпуск		дочки, арматура)
	Нормализация	Низкая коррозионная стой-	Детали, работающие при ударных нагрузках,
	Закалка и отпуск	кость, плохая свариваемость	коромысла, корпуса
55Л	Нормализация	То же	То же
	Закалка и отпуск		

22. Механические свойства конструкционных сталей, МПа

Марка стали	Термическая обработка	Твердость	Временное сопротивление σ_b	Предел текучести σ_t	Предел выносливости				Допускаемые напряжения при статической нагрузке			
					при растяжении $\sigma - 1p$	при изгибе $\sigma - 1$	при кручении $\tau - 1$	при растяжении σ_p	изгибе $[\sigma_{из}]$	кручении $[\tau]$	срезе $[\tau_{ср}]$	смятии $[\sigma_{см}]$
Ст2кп	Без термообработки	—	320...410	216	123	152	93	113	137	83	69	172
Ст3кп	То же	—	360...460	235	132	167	98	123	147	93	74	186
Ст4кп	»	—	400...510	255	147	186	113	137	168	103	83	206
Ст5мс	Нормализация или улучшение	HRC, 40...45	490...630	284	177	221	132	162	196	123	98	245
Ст6мс	Закалка в воде, отпуск	HRC, 48	590	314	216	265	157	191	226	142	113	284

Продолжение табл. 22

Марка стали	Термическая обработка	Твердость	Временное сопротивление σ_b	Предел текучести σ_t	Предел выносливости			Допускаемые напряжения при статической нагрузке				
					при растяжении σ_{-1}	при изгибе σ_{-1}	при кручении τ_{-1}	растяжении $[\sigma_p]$	изгибе $[\sigma_{из}]$	кручении $[\tau]$	срезе $[\tau_{ср}]$	смятии $[\sigma_{см}]$
10	Нормализация Цементация, закалка в воде, отпуск	HB 131 HRC, 57...63	321 392	206 245	123 142	152 177	93 108	108 128	142 152	78 98	64 69	162 191
20	Нормализация Цементация, закалка в воде, отпуск	HB 163 HRC, 57...63	412 491	245 294	147 177	186 221	113 132	137 162	168 196	103 123	83 98	206 235
35	Нормализация Закалка в воде, отпуск	HB 179 HRC, 32...42	530 981	314 638	186 353	235 441	142 265	177 324	206 392	132 245	108 196	265 490
45	Нормализация Улучшение Закалка в масле, отпуск Закалка в воде, отпуск Закалка в воде, отпуск Закалка с нагревом ТВЧ, отпуск	HB 207 HB 192...285 HRC, 32...42 HRC, 42...51 HRC, 45...54 HRC, 51...61	598 798 883 810...307 1177 736	353 441 638 687 932 441	216 265 319 319 392 265	270 334 397 397 530 336	162 201 240 240 319 201	196 235 294 294 392 235	235 284 353 353 471 284	147 181 226 226 294 181	123 142 181 181 235 142	294 353 441 441 589 353

Продолжение табл. 22

Марка стали	Термическая обработка	Твердость	Временное сопротивление σ_b	Пре- дел теку- че- сти σ_t	Предел выносливости			Допускаемые напряжения при статической нагрузке				
					при растя- жении σ_{-1p}	при изгибе σ_{-1}	при круче- нии τ_{-1}	рас- тяже- нии $[\sigma_p]$	изгибе $[\sigma_{из}]$	круче- нии $[\tau]$	среза $[\tau_{ср}]$	смяти $[\sigma_{см}]$
65Г	Нормализация	HB 229	736	432	265	336	196	235	284	181	142	353
	Улучшение	HB 230...280	883	687	319	397	240	294	353	226	181	441
	Закалка в масле, отпуск	HRC, 44...49	1472	1226	520	657	392	491	589	373	294	746
20Х	Нормализация	HB 179	784	637	206	255	147	186	226	137	113	275
	Цементация, закалка в масле, отпуск	HRC, 57...63	834	618	334	412	235	284	343	216	172	422
40Х	Нормализация	HB 217	981	784	245	304	177	196	235	147	118	294
	Улучшение	HB 230...280	785	638	314	392	226	265	314	196	157	392
	Закалка в масле, от- пуск	HRC, 36...43	1079	883	432	540	314	373	441	275	226	549
	Закалка в масле, от- пуск	HRC, 46...51	1275	1079	510	638	373	432	520	324	265	657
18ХГТ	Улучшение	HB 217	981	883	275	343	196	256	265	167	137	335
	Цементация, закалка в масле, отпуск	HRC, 57...61	981	785	392	491	284	324	392	245	196	481

Продолжение табл. 22

Марка стали	Термическая обработка	Твердость	Временное сопротивление σ_b	Пре- дел теку- щей проч- ности σ_T	Предел выносливости			Допускаемые напряжения при статической нагрузке				
					при растя- жении σ_{-1p}	при изгибе σ_{-1}	при круче- нии τ_{-1}	рас- стяже- нии $[\sigma_p]$	изгибе $[\sigma_{из}]$	круче- нии $[\tau]$	среза $[\tau_{ср}]$	смятин $[\sigma_{см}]$
12ХНЗА	Улучшение Цементация, закал- ка в масле, отпуск	HB 217 HRC, 59...63	932	687	373	461	265	314	373	235	186	471
			981	834	392	491	294	334	402	245	196	500
30ХГСА	Улучшение Закалка в масле, от- пуск	HB 229 HRC, 45...50	1979	833	432	540	314	363	432	275	216	540
			1472	1275	589	736	422	500	608	383	304	746
ШХ15	Закалка в масле, от- пуск	HRC, 59...65	2158	1668	451	647	324	726	873	540	432	708

Примечание. Допускаемые напряжения при переменных нагрузках следует принимать с уменьшением допускаемых напряжений при статической нагрузке: в 1,35...1,45 раза — при пульсирующих нагрузках от нуля до наибольшей; в 1,75...1,85 раза — при знакопеременных (симметричных) нагрузках.

Твердые сплавы

Твердые спеченные сплавы обладают большей твердостью и износостойкостью, чем высокопрочные легированные стали, и применяются для изготовления быстроизнашивающихся деталей станочных приспособлений. Недостатком твердых сплавов является повышенная хрупкость, поэтому детали из них следует предохранять от воздействия ударных нагрузок. Рекомендации по применению твердых сплавов приведены в табл. 23.

23. Твердые спеченные сплавы

Марка	Краткая характеристика	Область применения
ВК6	Высокая износостойкость, средняя прочность и сопротивляемость ударам	Быстроизнашивающиеся детали (фильтры, сопла, центры, опоры, направляющие вставки
T5K10	Высокие износостойкость, прочность и сопротивляемость ударам, вибрациям и выкрашиванию	калибров, контактные щупы) То же

Цветные металлы и сплавы

При изготовлении станочных приспособлений наиболее широко применяются алюминиевые и медные сплавы.

Алюминиевые сплавы подразделяются на литейные и деформируемые. Из литейных сплавов наибольшее распространение получили силумины — сплавы, содержащие кремний, а из деформируемых — дюралюмины, включающие легирующие элементы.

Медные сплавы делятся на бронзы и латуни. Бронзы бывают: оловянные, свинцовые, алюминиевые. Они обладают высокими антифрикционными свойствами. Латуни содержат различные легирующие элементы, что обуславливает их различные технологические, механические и специальные свойства.

Рекомендации по применению цветных металлов и сплавов приведены в табл. 24...27.

24. Алюминиевые литейные сплавы

Марка сплава	Механические свойства		Рекомендуемая термическая обработка	Краткая характеристика	Область применения
	Временное сопротивление разрыву σ_b , МПа	Твердость, НВ			
АЛ4	160 250	50 70	— Закалка и полное искусственное старение	Повышенная герметичность	Детали сложной конфигурации с повышенной герметичностью (пневмоцилиндры, пневмоаппаратура, распределители)
АЛ9	160 230	50 70	— Закалка и полное искусственное старение	Хорошие механические свойства, коррозионная стойкость	Детали средней нагруженности и сложной конфигурации (корпуса многошпиндельных головок, крышки)
АЛ24	130 270	60 70	— Закалка и неполное искусственное старение	Хорошая свариваемость, повышенная коррозионная стойкость	Детали с повышенной коррозионной стойкостью и детали, изготовляемые с применением сварки (емкости, цилиндры)

25. Медь

Марка	Механические свойства		Краткая характеристика	Область применения
	Временное сопротивление разрыву σ_b , МПа	Твердость, НВ		
М3	400...900 200...250	110 45	Высокие пластичность, электропроводность, теплопроводность, коррозионная стойкость, хорошая обрабатываемость резанием, давлением	Электротехнические изделия, охлаждающие элементы

26. Медно-цинковые сплавы (латуни)

Марка	Способ получения заготовки	Механические свойства		Область применения
		Временное сопротивление разрыву σ_b , МПа	Твердость, НВ	
ЛЦ40Мц1,5	П	372	100	Детали проектной конфигурации, детали узлов трения, работающие при спокойных нагрузках и температуре не выше 60 °С (втулки)
	К	392	110	
ЛЦ23А6ЖЗ.Мц2	П	686	160	Ответственные детали, работающие при высоких и знако-переменных нагрузках (червячные колеса, гайки ходовых винтов, втулки)
	К	705	165	
ЛЦ30А3	П	294	80	Коррозионностойкие детали (штуцеры, переходники)
	К	392	90	

Примечание. П — литье в песчаную форму, К — литье в кокиль.

27. Бронзы оловянные и безоловянные литейные

Марка	Способ получения заготовки	Механические свойства		Термическая обработка	Краткая характеристика	Область применения
		Временное сопротивление разрыву σ_b , МПа	Твердость, НВ			
БрО5Ц5С5	П	147	60	Отжиг при нагреве до 300...350 °С с медленным охлаждением на воздухе	Оловянистая бронза с хорошей литейными свойствами и обрабатываемостью	Фасонные детали с большой прочностью и хорошей износостойкостью (подшипники скольжения, венцы червячных зубчатых колес, пневмоаппаратура)
БрО10Ф1	К	176	60			
	П	215	80			
БрА9ЖЗЛ	К	245	90	Отжиг	Безоловянная бронза с большой прочностью, твердостью, износостойкостью	Детали, работающие с большими ударными нагрузками, с небольшими скоростями скольжения - до 2,5 м/с (подшипники, червячные колеса)
	П	392	100			

Примечание. П — литье в песчаную форму, К — литье в кокиль.

Неметаллические материалы

Из неметаллических материалов при изготовлении станочных приспособлений широко применяются пластмассы, резина, паронит, стекло органическое, войлок и т. п.

Пластмассы представляют собой композиции из синтетических или природных высокомолекулярных смол и наполнителей, пластификаторов и других веществ, которые придают пластмассам определенные свойства. Пластмассы обладают удовлетворительными механическими свойствами и рядом специфических характеристик (шумопоглощение, антифрикционные или фрикционные электроизоляционные, химические). В деталях станочных приспособлений применяют фторопласты, полиамиды, полиуретаны.

Кроме того, используется резина, получаемая при вулканизации натуральных и синтетических каучуков. Она обладает высокой эластичностью, хорошо гасит колебания, износостойка.

Текстолит и ретинакс изготовляют прессованием текстильной ткани или бумаги, пропитанных формальдегидными смолами. Имеют высокие диэлектрические свойства.

В табл. 28 даны рекомендации по применению неметаллических материалов в станочных приспособлениях, характеристики механических свойств — в табл. 29.

28. Неметаллические материалы

Марка	Область применения
Текстолит конструкционный (по ГОСТ 5—78): ПТК, ПТ	Зубчатые колеса, втулки, подшипники скольжения, ролики, прокладки
ПТМ-1, ПТМ-2	Вкладыши подшипников
Стеклотекстолит (по ГОСТ 10292—74): ВТФ-С	Детали повышенной тепло- и влагостойкости
КАСТ-В	Детали конструкционные и теплоизоляционные
КАСТ-Р, КАС	Детали конструкционные
Пресс-материал: П-50С, П-75С	Конструкционные детали повышенной прочности
П-5-2	Конструкционные детали, работающие при повышенных температурах
ПН-67	Конструкционные детали и подшипники скольжения, работающие при температурах $-180 \pm 125^\circ\text{C}$
Ретинакс (по ГОСТ 10851—73)	Тормозные детали

Марка	Область применения
Древесно-слоистые пластики (ДСП) (по ГОСТ 13913—78): ДСП-А, ДСП-Б, ДСП-В, ДСП-Г	Подшипники скольжения, зубчатые колеса, шкивы
Паронит (по ГОСТ 481 80): ПМБ — маслбензостойкий	Прокладки толщиной 0,4...6 мм, допустимые давления рабочей среды до 3,9 МПа
Фторопласт: Д4 (по ГОСТ 10007—80); Ф4 (по ГОСТ 14906—77); Ф3 (по ГОСТ 13744—87)	Подшипники скольжения, прокладки, уплотнители
Стекло органическое конструкционное: СОЛ, СТ-1, 2-55	Защитные щитки, смотровые окна, кожухи толщиной 0,8...24 мм
Капрон первичный	Подшипники скольжения, зубчатые колеса
Полиамиды (по ГОСТ 19459—87)	Подшипники скольжения, зубчатые колеса с более высокими механическими свойствами, чем из капрона
Полиуретан ПУ	Детали, работающие при температурах от —60 до +100 °С
Картон прокладочный (по ГОСТ 9347—74): марки А (пропитанный) марки Б (непропитанный)	Прокладки толщиной 0,3...1,5 мм То же, толщиной 0,3...1,75 мм
Резиновые и резинотканевые пластины (по ГОСТ 7338—77): тип I — резиновые; тип II — резинотканевые; ОМБ — ограниченно-маслобензиностойкая; ПМБ — повышено-маслобензиностойкая; МБ — маслобензиностойкая	Диафрагмы, прокладки толщиной 0,5...60 мм
Кожа техническая	Манжеты, прокладки
Войлок полугрубошерстный технический (по ГОСТ 6308—71)	Уплотнения

29. Механические характеристики неметаллических материалов

Наименование и марка материала	Предел прочности при растяжении σ_p , МПа	Предел прочности при изгибе $\sigma_{из}$, МПа
Текстолит конструкционный:		
ПТК	100	160
ПТ	85	145
ПТ-1	65	120
Стеклотекстолит:		
КАСТ	210...330	—
КАСТ-В	200...320	150
КАСТ-Р	170...280	—
Пресс-материалы:		
ПМ-67	95	160
П-50С	200	180
П-75С	250	150
Асботекстолит:		
А	65...119	110
Б	65...119	90
Древеснослоистые пластики:		
ДСП-Б	220...260	260...280
Стекло органическое:		
СОЛ	72...77	99...119
СТ-1	78...83	101...118
2-55	92...108	121...155
Полиамид:		
П68-С	50...60	80...90
П68-Н	70...73	80...90
АК-7		
Фторопласт:		
4	21...25	11...14
4Д	12...20	11
Полиуретан:		
ПУ-1	50...60	70...80

Глава III

ТЕРМИЧЕСКАЯ, ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ И УПРОЧНЯЮЩАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Основной задачей термообработки (отжиг, нормализация, закалка) является перевод исходной структуры в аустенит и получение более мелкого зерна. Температура, при которой металл или сплав из одного структурного состояния переходит в другое, называется критической (или критической точкой).

Характеристика основных видов термической обработки дана в табл. 30, рекомендуемые режимы различных видов термообработки для сталей, применяемых при изготовлении станочных приспособлений и инструмента, — в табл. 31...35.

Химико-термическая обработка стали широко применяется для повышения усталостной прочности деталей. Сущность ее состоит в поверхностном их насыщении каким-либо веществом при повышенных или высоких температурах.

Основные виды химико-термической обработки приведены в табл. 36, режимы — в табл. 37, рекомендации по термической обработке чугуна — в табл. 38, виды упрочняющей обработки — в табл. 39.

30. Основные виды термической обработки

Вид обработки	Характеристика
	<i>Отжиг</i>
Полный	Нагрев изделия до температуры выше верхней критической точки (на 20...30°C) и выдержка при этой температуре с последующим медленным охлаждением. Применяется для размельчения структуры и улучшения механических свойств стали
Неполный	Нагрев изделия до температуры между верхней и нижней критическими точками и выдержка при этой температуре с последующим медленным охлаждением. Применяется главным образом для заэвтектоидных сталей с той же целью, что и полный отжиг
Диффузионный (гомогенизация)	Нагрев изделия до температуры, на 150...200 °C превышающей верхнюю критическую точку, длительная выдержка при этой температуре с последующим медленным охлаждением. Применяется для устранения химической неоднородности стали

Вид обработки	Характеристика
Изотермический	Нагрев изделия до температуры на 20...30 °С выше верхней критической точки, выдержка с последующим ступенчатым охлаждением (остановка при температуре ускоренного распада аустенита). Применяется с той же целью, что и полный отжиг, но сокращает продолжительность операции
Светлый	Обычный отжиг, но с применением контролируемых атмосфер. Используется для защиты поверхности металла от окисления и обезуглероживания
Сфероидизирующий (маятниковый)	Нагрев при периодическом колебании температуры ниже и выше нижней критической точки для получения округленной формы цементита. Применяется для улучшения обрабатываемости стали резанием
Рекристаллизационный	Нагрев изделия до температуры 600...700 °С, длительная выдержка и последующее замедленное охлаждение. Применяется для исправления искажений кристаллической решетки металла после холодного деформирования
	<i>Нормализация</i>
	Нагрев изделия до температуры выше верхней критической точки на 30...50 °С, выдержка и последующее охлаждение на спокойном воздухе. Применяется для размельчения структуры и повышения механических свойств низко- и среднеуглеродистых сталей и как подготовительная операция перед закалкой
	<i>Закалка</i>
Полная	Нагрев изделия до температуры выше верхней критической точки на 30...50 °С, выдержка и последующее резкое охлаждение. Применяется для улучшения механических и физических свойств стали
Неполная	Отличается от полной закалки температурой нагрева, которая находится между верхней и нижней критическими точками. Применяется в основном для заэвтектоидных сталей
Изотермическая	Нагрев изделия до температуры выше верхней критической точки на 30...50 °С, выдержка и последующее охлаждение до полного распада аустенита. Применяется в тех случаях, когда необходимо получить после закалки минимальную деформацию стальных изделий

Вид обработки	Характеристика
Поверхностная	Нагрев поверхностного слоя изделий до температуры закалки электрическим током, высокотемпературным пламенем и др. с последующим быстрым охлаждением. Обеспечивает получение высокой твердости в относительно тонком слое без изменения структуры и твердости в более глубоко расположенных слоях
Ступенчатая	Отличается от изотермической закалки тем, что кратковременная выдержка в промежуточной охлаждающей среде делается лишь для выравнивания температуры по сечению изделия. Распад аустенита происходит при дальнейшем охлаждении на воздухе
С подстуживанием	Нагретые детали перед погружением в охлаждающую среду некоторое время охлаждаются на воздухе или выдерживаются в термостате с пониженной температурой. Применяется обычно после цементации для сокращения цикла термической обработки стали
В двух охлаждающих средах (прерывистая)	Детали, выдержанные при закалочной температуре, последовательно охлаждаются в двух закалочных средах: в воде и масле. Применяется обычно для высокоуглеродистой стали
С самоотпуском	Операция аналогична полной закалке, но отличается от нее тем, что детали охлаждаются не полностью. Вследствие этого сохранившееся внутри них тепло обеспечивает отпуск закаленного наружного слоя
Светлая	Отличается от обычной закалки применением контролируемых сред при нагреве и охлаждении. Используется для защиты поверхности деталей от окисления и обезуглероживания
Обычный	<i>Отпуск</i> Нагрев закаленной стали ниже критической точки и последующая выдержка. При отпуске происходит распад мартенсита с образованием цементита, что сопровождается изменением ее свойств и уменьшением остаточных напряжений. Если сталь не склонна к отпускной хрупкости, охлаждение после отпуска производится на воздухе, в противном случае применяется ускоренное охлаждение (в воде или масле)

Вид обработки	Характеристика
Низкий	Нагрев в интервале температур 150...250 °С. Применяется для снятия внутренних напряжений и уменьшения хрупкости мартенсита
Средний	Нагрев в интервале температур 350...475 °С. Применяется обычно для придания упругости материалу изделий (пружинам, рессорам и др.)
Высокий	Нагрев в интервале температур 500...680 °С. Применяется, как правило, при термоулучшении конструкционных сталей
<i>Термическое улучшение</i>	Термическая обработка стали, состоящая из закалки и высокого отпуска
<i>Термомеханическая обработка</i>	Упрочнение стали посредством совмещения деформаций при повышенных температурах с операциями термической обработки. Сталь приобретает повышенную прочность по сравнению с обычной термической обработкой
<i>Старение</i>	Нагрев и длительная выдержка деталей при повышенных температурах. Применяется для деталей и инструментов с целью упрочнения и стабилизации их размеров
<i>Обработка холодом</i>	Глубокое охлаждение деталей после закалки при температуре ниже нуля с целью дополнительного превращения остаточного аустенита в мартенсит. Применяется для повышения твердости и износостойкости закаленных сталей, а также стабилизации размеров деталей

31. Термическая обработка качественной конструкционной углеродистой стали

Марка стали	Температура нагрева для закали, °C	Охлаждающая среда	Температура отпуска, °C	Твердость, HRC ₂
25	860...900	Вода	200...300	28...35
30	850...890	То же	200...300	31...36
40	830...850	»	200...300	41...46
45	800...830	»	150...160	49...53
		»	200...300	46...51
		»	300...400	41...46
		»	400...500	34...41
50	790...830	»	180...200	51...56
		»	350...400	41...49
		»	500...550	25...34
65	780...810	»	280...300	51...59
		»	300...400	46...53
		»	400...500	38...46
65Г	790...810	Масло	200...220	58...63
		То же	380...430	41...46

32. Термическая обработка легированных конструкционных сталей

Марка стали	Температура нагрева для закали, °C	Охлаждающая среда	Температура отпуска, °C	Твердость, HRC ₂
38ХА	840...860	Масло	180...200	46...51
			300...400	41...46
40Х	830...850	То же	200...300	51...55
			300...400	46...51
			400...500	39...46
45Х	820...850	»	200...220	51...56
35Г2	810...850	»	200...300	49...57
			400...500	35...39
45Г2	800...840	»	300...400	44...50
			400...500	34...44
50Г2	790...820	»	500...600	28...34
40ХГР	850	»	550...600	39...46
40ХГ	860...880	»	200...250	49...56
			550...600	31...56
38ХС	900...920	»	220...250	53...56
40ХС	900...920	»	240...260	51...56
15ХМ	860...900	»	650	29...32
30ХМ	860...890	»	500	25
35ХМ	850...870	»	200...220	46...51
20ХН	840...870	»	200	26...32
40ХН	800...840	Масло	180...200	51...55
			500...600	25...26
30ХГС	860...880	То же	200...220	46...51
			450...500	36...41

Продолжение табл. 32

Марка стали	Температура нагрева для закали, °C	Охлаждающая среда	Температура отпуска, °C	Твердость, HRC ₃
30ХГСН	890...900	»	200...300	45...48
38ХГМ	840...850	»	600...650	35...39
30ХНВА	860...880	»	520...600	36...49
40ХНМА	850...860	»	600...620	—
30ХГНА	870...890	»	500	—
38ХМЮА	930...950	»	650...670	850... 1000 HV

33. Термическая обработка конструкционных цементируемых сталей

Марка стали	Температура цементации, °C	Закалка		Отпуск	
		Температура нагрева, °C	Охлаждающая среда	Температура нагрева, °C	Твердость, HRC ₃
10, 20	900...920	780...800	Вода	180...200	57...63
15Г, 20Г	880...900	780...800	То же	180...200	57...63
15Х	900...920	790...820	»	150...180	59...63
20ХГ	880...900	800...820	»	180...200	57...61
20ХГР	900...930	830...850	»	180...200	59...64
18ХГН	900...920	780...810	»	180...200	57...63
18ХГМ	880...900	780...300	»	180...200	59...63
18ХГТ	900...920	800...820	»	180...200	59...63
12ХН3А	900...920	790...800	»	180...200	57...63
12Х2Н4А	900...920	780...800	»	180...200	59...64
20Х2Н4А	920...930	780...800	»	150...160	59...64

34. Термическая обработка углеродистой инструментальной стали

Марка стали	Отжиг		Закалка			Отпуск	
	Температура нагрева в °C	Твердость, HB	Температура нагрева, °C	Охлаждающая среда	Твердость, HRC ₃	Температура нагрева, °C	Твердость, HRC ₃
У7	790...810	187	790...810	Через	62...64	160...200	61...63
У7А	740...860			воду в		300	53...57
				масло		400	49...53
У8, У8А	740...760	187	780...820	То же	63...65	160...200	62...64
						300	53...57
						400	49...53
У9, У9А	740...760	192	770...790	»	63...65	260...200	63...65
						300	53...57
						400	49...53
У10	750...770	197	770...790	»	62...64	160...200	63...65
У10А						300	55...59

Марка стали	Отжиг		Закалка			Отпуск	
	Температура нагрева, °C	Твердость, HB	Температура нагрева, °C	Охлаждающая среда	Твердость, HRC ₂	Температура нагрева, °C	Твердость, HRC ₂
У11, У12	750...770	207	770...790	»	62...64	400	49...53
У11А						300	55...59
У12А						400	49...53
У13	750...770	217	770...790	»	62...64	160...200	63...66
У13А						300	55...59
						400	49...53

35. Термическая обработка легированной инструментальной стали

Марка стали	Отжиг		Закалка			Отпуск	
	Температура нагрева, °C	Твердость, HB	Температура нагрева, °C	Охлаждающая среда	Твердость, HRC ₂	Температура нагрева, °C	Твердость, HRC ₂
X12	850...870	269...217	950...1000	Масло	63...65	200...400	59...63
X12M	850...870	255...217	1000...1050	ло	63...66	150...200	63...64
XГ	780...800	241...197	800...840	То же	63...67	150...200	62...65
X	780...800	229...187	835...855	»	63...66	150...200	62...65
X09	780...800	229...179	825...850	»	63...66	150...170	61...63
9XC	790...810	241...197	850...880	»	62...66	150...200	64...65
6XC	820...840	229...187	840...860	»	Св. 63	150...200	61...63
4XC	820...840	207...170	880...900	»	57...54	200...250	53
Ф	760...780	217...179	780...820	Вода	63...65	180...200	61...65
8XФ	800...820	207...170	800...850	То же	Св. 65	200...220	63...65
85XФ	770...780	207...170	840...860	Масло	63...64	200...400	51...61
В1	780...800	229...187	780...800	Вода	62...64	150...200	59...61
			810...830	Масло	63...61	200...300	59...53
3X2B8	860...880	255...207	1070...1125	То же	59...53	150...200	59...53
4X2B8	820...840	255...207	1025...1075	»	52...55	500...600	41...49
XB5	780...800	285...229	800...820	Вода	65...67	200...300	61...65
4XB2C	800...820	217...179	860...900	Масло	54...57	200...300	52...54
5XB2C	800...820	255...207	860...900	То же	55...57	150...200	53...58
6XB2C	780...800	285...229	860...900	»	55...61	200...300	54...59
XBГ	780...800	255...207	820...850	Масло	64...66	150...200	63...64
9XBГ	780...800	241...197	800...830	ло	63...65	170...230	61...63
5XBГ	760...780	217...179	830...860	То же	57...59	200...300	53...56
5XHM	790...820	241...197	820...860	»	59...61	150...200	51...59
5XГМ	790...810	241...197	820...850	»	54...59	200...300	53...58
5XHT	790...820	241	830...860	»	54...59	400...500	41...48
X12Φ1	850...870	255...207	1040...1080	»	63...65	100...200	60...64

36. Основные виды химико-термической обработки

Вид химико-термической обработки	Характеристика	Назначение
Цементация	Насыщение поверхностных слоев углеродом на заданную глубину. В зависимости от вида карбюризатора различают твердую, жидкую и газовую цементацию	Для деталей, которые должны иметь твердую поверхность и вязкую сердцевину
Цианирование	Насыщение поверхностных слоев одновременно углеродом и азотом на заданную глубину. В зависимости от вида карбюризатора различают твердое, жидкое и газовое цианирование	Для деталей, которые должны иметь повышенные поверхностную твердость, износостойкость и усталостную прочность
Азотирование	Поверхностное насыщение азотом на заданную глубину. В зависимости от назначения различают прочностное и антикоррозионное азотирование	Для деталей с высокой поверхностной износостойкостью
Алитирование	Поверхностное насыщение алюминием на заданную глубину	Для деталей с повышенной жаростойкостью
Силицирование	Поверхностное насыщение кремнием на заданную глубину	Для деталей с повышенной кислотостойкостью
Сульфидирование	Насыщение поверхности серой	Для деталей с повышенной износостойкостью
Диффузионное хромирование	Насыщение поверхности хромом	Для деталей с повышенной коррозионной стойкостью

37. Режимы химико-термической обработки

Вид химико-термической обработки	Марка стали	Температура химико-термической обработки, °C	Скорость насыщения, мм/ч	Окончательная обработка	Твердость, HRC ₂
Цементация в твердом карбюраторе	10	900...950	0,1...0,15	Отпуск при 150...170 °C	≥ 56
	15XA				≥ 58
	12XH3A				≥ 58
	12X2H4A				≥ 58
	20				≥ 58

Продолжение табл. 37

Вид химико-термической обработки	Марка стали	Температура химико-термической обработки, °C	Скорость насыщения, мм/ч	Окончательная обработка	Твердость, HRC ₃
Газовая цементация	20X	900...950	0,2...0,63	Отпуск при 150...170 °C	≥ 58
	18XГТ				≥ 58
	18XГ				≥ 58
	20XHP				≥ 58
	30XГТ				≥ 58
	15XГНТА				≥ 58
Цианирование низко-температурное	08	540...560	—	Отпуск при 100...170 °C	≥ 56
	08кЛ				≥ 56
	10				≥ 56
	15				≥ 56
Цианирование средне-температурное	10	820...860	0,12...0,20	Отпуск при 150...170 °C	≥ 58
	15XA				≥ 58
	12XH3A				≥ 58
	12X2H4A				≥ 58
	20				≥ 58
Цианирование высоко-температурное	20	920...960	0,20...0,40	Отпуск при 150...170 °C	≥ 58
	18XГТ				≥ 58
	18XГ				≥ 58
	30XГТ				≥ 58
Газовое цианирование (нитроцементация)	10	800...860	0,12...0,20	Отпуск при 150...170 °C	≥ 56
	15XA				≥ 58
	12XH3A				≥ 58
	12X2H4A				≥ 58
	20				≥ 58
	20X				≥ 58
	20X				≥ 58
	18XГТ				≥ 58
	18XГ				≥ 58
	20XHP				≥ 58
	30XГТ				≥ 58
					≥ 58
					≥ 58
Азотирование	38XMЮA	500...550	0,015...0,04	—	1000...1100HV
	30X3BA	490...510			≥ 700HV
	40XMЮA	490...550			≥ 700HV
	40XH3A	520			≥ 640HV
	1X13	500...600			900...1050HV

Продолжение табл. 37

Вид химико-термической обработки	Марка стали	Температура химико-термической обработки, °C	Скорость насыщения, мм/ч	Окончательная обработка	Твердость, HV
Алитирование	ЭИ435	950	0,01	Отжиг при 100 °C	—
	ЭИ602				
	X18H9T	900			

38. Термическая обработка чугуна

Марка чугуна	Цель термообработки	Вид термообработки	Режим
Серый	Снятие внутренних напряжений, повышение прочности, снижение коробления	Отжиг низкотемпературный (искусственное старение)	Медленный прогрев (с повышением температуры до 70...100 °C в час) до 500...600 °C, выдержка для прогрева всех частей изделия в течение 1...8 ч, медленное охлаждение с печью (20...50 °C в час) до 250 °C, далее охлаждение на воздухе
	Снижение твердости, улучшения обрабатываемости	Отжиг низкотемпературный, графитизирующий	Нагрев до 680...750 °C, выдержка в течение 1...4 ч, медленное охлаждение до 250 °C
	Снижение твердости, улучшение обрабатываемости, повышение пластичности	Отжиг высокотемпературный, графитизирующий	Нагрев до 850...950 °C, выдержка в течение 0,5...5 ч, медленное охлаждение с печью
	Повышение твердости, износостойкости	Нормализация	Медленный нагрев до 850...950 °C, выдержка в течение 0,5...3 ч, охлаждение на воздухе
	Повышение твердости, износостойкости	Нормализация	Медленный нагрев до 850...950 °C, выдержка в течение 0,5...3 ч, охлаждение на воздухе
	Повышение прочности, износостойкости, твердости	Закалка	Медленный нагрев до 850...930 °C, выдержка в течение

Продолжение табл. 38

Марка чугуна	Цель термообработки	Вид термообработки	Режим термообработки
Высоко- прочный	Снятие внутренних напряжений	Отпуск	0,5...3 ч, охлаждение в воде или масле Нагрев до 250...500 °С, выдержка в течение 1...3 ч, охлаждение на воздухе
	Снятие внутренних напряжений	Отжиг низкотемпературный	Медленный нагрев до 500 °С, выдержка в течение 2...3 ч, охлаждение с печью до 200 °С
	Улучшение обрабатываемости	Отжиг графитизирующий	Нагрев до 900...950 °С, выдержка в течение 2...5 ч, охлаждение с печью
	Повышение прочности и износостойкости	Нормализация и отпуск	Нагрев до 900...950 °С, выдержка в течение 2...3 ч, охлаждение на воздухе
		Изотермическая закалка	Нагрев до 850...880 °С, выдержка в течение 30...45 мин, передача в ванну с температурой 300...350 °С, выдержка в ванне в течение 60 мин

39. Методы упрочняющей обработки

Вид упрочняющей обработки	Сущность обработки	Область применения
Поверхностное пластическое деформирование	Обкатка роликами или шариками при высоких требованиях к шероховатости (до $R_a=0,2\ldots 0,8$ мкм) Алмазное выглаживание при высоких требованиях к шероховатости (до $R_a=0,05\ldots 0,1$ мкм) и невысоких — к точности Раскатка роликами или шариками при высоких требованиях к шероховатости (до $R_a=0,2\ldots 0,8$ мкм)	Штоки, шлицевые и торсионные валы, галтели и канавки ответственных деталей Втулки, цилиндры, штоки
Вакуумный ионно-плазменный метод нанесения покрытий (метод КИБ)	Метод конденсации высокоскоростных потоков газометаллической плазмы в вакууме с одновременной ионной бомбардировкой конденсата и образованием тонкопленочных покрытий на основе соединений типа карбидов и нитридов титана, вольфрама, никеля, хрома	Инструментальные материалы повышенной производительности
Лазерная закалка	Точечный нагрев лазерным лучом диаметром 1 мм на глубину до 0,14 мм с перекрытием каждой точки на 30...50 %	Детали повышенной износостойкости (штанги, шурупы, калибры, пресс-формы)
Электроискровое легирование	Нанесение на поверхность детали легирующих материалов за счет электронноискрового разряда с созданием слоев покрытий от 10 до 200 мкм	Детали повышенной износостойкости (штанги, шурупы, калибры, пробки, опоры, пуансоны)
Дробеструйная обработка	Обработка чугуновой, стальной, стеклянной дробью для снятия внутренних напряжений	Зубчатые колеса, пружины, мембраны, валы, штанги, сварные конструкции
Гидроабразивный наклеп	Обработка струей жидкости с абразивными частицами	Корпусные детали сложной формы, декоративные детали, резьбонакатный инструмент

Глава IV

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Основные термины и определения шероховатости поверхностей регламентированы ГОСТ 25142—82, параметры, характеристики и обозначения — ГОСТ 2789—73 и 2.309—73. В соответствии с этими стандартами установлены следующие параметры шероховатости: R_a — среднее арифметическое отклонение профиля; R_z — высота неровностей профиля по десяти точкам; R_{max} — наибольшая высота профиля; S_m — средний шаг неровностей; S — средний шаг местных выступов профиля; l_p — относительная опорная длина профиля. Применение параметра R_a является предпочтительным.

Основными факторами выбора шероховатости поверхности являются функциональное назначение детали и имеющиеся технологические способы обеспечения шероховатости. В табл. 40...45 приведены рекомендации по назначению шероховатости деталей в зависимости от требований к точности поверхностей, в табл. 46 — поверхностей элементов деталей исходя из выполняемых ими функций, в табл. 47 — поверхностей при различных технологических методах обработки.

40. Назначение шероховатости рабочих поверхностей резьбовых соединений

Резьба	Поле допуска резьбы	Шероховатость R_a , мкм
Крепежная на болтах, винтах, гайках	4h, 4H, 5H	1,25...0,63
	6g, 6H	2,5...1,25
	8g, 7H	10...2,5
На валах, штоках, втулках, коническая	4h, 4H, 5H	1,25...0,32
	6g, 6H	1,25...0,63
	8g, 7H	2,5...1,25
Ходовых и грузовых винтов	7g	0,16
	7e	0,32
	8e	1,25...0,63
Гаск ходовых и грузовых винтов	7 H	0,63...0,16
	7 H	1,25...0,63
	8 H	2,5...1,25

41. Назначение шероховатости посадочных поверхностей в зависимости от точностных требований

Интервал диаметров, мм	Шероховатость R_a , мкм							
	5		6		7		8	
	Вал	Отверстие	Вал	Отверстие	Вал	Отверстие	Вал	Отверстие
Св. 3 до 6 » 6 » 10	0,32...0,16	0,63...0,32	0,32...0,16	0,63...0,32	0,63...0,32	1,25...0,63	0,63...0,32	1,25...0,63
Св. 10 до 18								
Св. 18 до 30		0,63...0,32	0,63...0,32		1,25...0,63		1,25...0,63	
Св. 30 до 50			0,63...0,32		1,25...0,63			
Св. 50 до 80			1,25...0,63					

Продолжение табл. 41

Интервал диаметров, мм	Шероховатость R_a , мкм							
	5		6		7		8	
	Вал	Отверстие	Вал	Отверстие	Вал	Отверстие	Вал	Отверстие
Св. 80 до 120	0,63...0,32	1,25...0,63			1,25...0,63			2,5...1,25
Св. 120 до 180			1,25...0,63				2,5...1,25	
Св. 180 до 260								
Св. 260 до 360				2,5...1,25	2,5...1,25			
Св. 360 до 500			1,25...0,63		2,5...1,25			5,0...2,5

42. Назначение шероховатости рабочих поверхностей зубчатых колес и червяков

Профиль зубьев	Шероховатость R_a , мкм, при степенях точности по нормам плавности работы передачи			
	6	7	8	9
Цилиндрической передачи и червячного колеса	0,63...0,32	1,25...0,32	2,5...0,63	5,0...2,5
Конической передачи		0,63...0,32	1,25...0,63	5,0...1,25
Червяка,				2,5...1,25

43. Назначение шероховатости направляющих поверхностей

Поверхность	Скорость, м/с	Шероховатость R_a , мкм, при отклонении от плоскости на длине 100 мм				
		До 6	До 16	До 30	До 50	Св. 50
Скольжения	До 0,5 Св. 0,5	0,32...0,16 0,16...0,08	0,63...0,32 0,32...0,16	1,25...0,63 0,63...0,32	2,5...1,25 1,25...0,63	5,0...2,5 2,5...1,25
Качения	До 0,5 Св. 0,5	0,16...0,08 0,08...0,04	0,32...0,16 0,16...0,08	0,63...0,32 0,32...0,16	1,25...0,63 0,63...0,32	2,5...1,25 1,25...0,63

44. Назначение шероховатости поверхностей осей и валов под уплотнения

Тип уплотнения	Шероховатость R_a , мкм, при скорости вращения, $\mu\text{с}$		
	До 3	До 5	Св. 5
Резиновое, войлочное	1,25 0,32 Полиро- √ вать	0,32 0,08 Полиро- √ вать	0,63 0,16 Полиро- √ вать
Лабиринтное и жировые канавки	5,0...1,25		—

45. Шероховатость посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов для подшипников качения

Посадочная поверхность	Класс точности подшипников	Номинальный диаметр поверхности, мм	
		до 80	св. 80 до 500
		Шероховатость, мкм, не более	
Вал	0	1,25	2,5
	6, 5	0,63	1,25
	4	0,32	0,63
	2	0,16	0,32
Отверстие корпуса	0	1,25	2,5
	6, 5, 4	0,63	1,25
	2	0,32	0,63
Торцы заплечиков валов и корпусов	0	2,5	2,5
	6, 5, 4	1,25	2,5
	2	0,63	0,63

46. Шероховатость поверхностей элементов деталей в зависимости от их функционального назначения

Элемент детали	Шероховатость, R_a , мкм
Нерабочие контуры деталей	320...160
Отверстия на проход крепежных деталей, масляных каналов, выточки, проточки, кромки деталей под сварные швы, опорные поверхности пружин сжатия, подошвы корпусов, лап	80

Продолжение табл. 46

Элемент детали	Шероховатость, R_z , мкм
Внутренний диаметр шлицевых соединений (не шлифованных), свободные несопрягаемые торцевые поверхности валов, муфт, втулок, поверхности головок винтов	40
Торцевые поверхности под подшипники качения, поверхности втулок, колец, ступиц, прилегающие к другим поверхностям, но не являющиеся посадочными, нерабочие торцы валов, втулок, планок	20
Нерабочие торцевые поверхности зубчатых и червячных колес и звездочек, канавки, фаски, выточки, зенковки, закругления	40...10
Шаровые поверхности ниппельных соединений, канавки под уплотнительные резиновые кольца для подвижных и неподвижных торцевых соединений, радиусы скруглений на силовых валах, опорные плоскости реек, поверхности осей для эксцентриков, выступающих частей быстро-вращающихся деталей, направляющих типа «ласточкин хвост»	2,5
Наружные диаметры шлицевого соединения, отверстия подгоняемых и регулируемых соединений с допуском зазора-натяга 25...40 мкм, подшипников скольжения, цилиндры, работающие с резиновыми манжетами, трущиеся поверхности малонагруженных деталей, посадочные поверхности отверстий и валов под неподвижные посадки	1,25
Поверхности зеркала цилиндров, работающих с резиновыми манжетами, валы в подгоняемых и регулируемых соединениях с допуском зазора-натяга 7...25 мкм, трущиеся поверхности нагруженных деталей, посадочные поверхности 7-го качества с длительным сохранением заданной посадки (оси эксцентриков, точные червяки, зубчатые колеса), сопряженные поверхности бронзовых зубчатых колес, рабочие шейки распределительных валов, штоки и шейки валов в уплотнениях	0,63
Валы в пригоняемых и регулируемых соединениях с допусками зазора-натяга 16...25 мкм, отверстия подгоняемых и регулируемых соединений с допусками зазора-натяга 16...25 и 4...7 мкм, трущиеся элементы сильнонагруженных деталей, цилиндры, работающие с поршневыми кольцами	0,32
Поверхности деталей, работающих на трение, от износа которых зависит точность работы механизма	0,16
Рабочие шейки валов прецизионных быстроходных станков и механизмов, шейки валов в подгоняемых и регулируемых соединениях с допуском зазора-натяга 2,5...6,5 мкм, поверхности отверстий данных соединений с допуском зазора-натяга до 2,5 мкм	

47. Шероховатость поверхности после различных видов и методов обработки стали

Вид или метод обработки	Шероховатость R_a , мкм
<i>Обработка наружных цилиндрических поверхностей</i>	
Обрезка:	
резцом	80...25
фрезой	50...25
абразивная	6,3...3,2
приводной пилой	50...25
Подрезание торцов	12,5...3,2
Обтачивание:	
черновое	50...12,5
получистовое	12,5...3,2
чистовое	2,5...0,8
тонкое (алмазное)	0,8...0,1
Нарезание резьбы:	
плашкой	10...5,0
резцом, фрезой	5,0...1,25
вращающимися резцами	6,0...0,8
накатывание роликами	1,25...0,63
Шлифование:	
предварительное	2,5...1,25
чистовое	1,25...0,2
тонкое	0,25...0,5
электроалмазное	0,32...0,08
электроэрозионное	1,25...0,32
Обкатывание роликами и шариками	1,25...0,63
Алмазное выглаживание	1,25...0,03
Суперфиниширование:	
чистовое	0,28...0,08
отделочное	0,08...0,032
Притирка, доводка	0,08...0,01
Полирование	0,08...0,008
Магнитно-абразивная	1,6...0,02
<i>Обработка внутренних цилиндрических поверхностей</i>	
Сверление:	
до 15 мм	12,5...5,0
св. 15 мм	25...12,5
Рассверливание	12,5...3,2
Зенкерование:	
черновое	6,3...3,2
чистовое	3,2...1,25
Развертывание:	
предварительное	2,5...1,25
окончательное	1,25...0,32
Протягивание:	
черновое	3,2...1,25
чистовое	1,25...0,63
Растачивание:	
черновое	12,5...6,3
получистовое	6,3...1,6

Продолжение табл. 47

Вид или метод обработки	Шероховатость R_a , мкм
чистовое	2,0...0,8
тонкое	0,8...0,2
Шлифование:	
предварительное	3,2...1,6
чистовое	1,6...0,32
тонкое	0,32...0,08
электроалмазное	0,32...0,08
Хонингование:	
предварительное	3,2...1,25
чистовое	1,25...0,25
тонкое	0,25...0,04
электрохимическое	0,08...0,01
Раскатывание, калибрование, алмазное выглаживание	1,6...0,05
Прошивание:	
электрохимическое	0,32...0,16
ультразвуком	0,63...0,16
электронным лучом	1,25...0,16
Полирование	0,63...0,08
Притирка, доводка	0,16...0,02
<i>Обработка плоских поверхностей</i>	
Строгание:	
черновое	2,5...6,3
чистовое	6,3...1,0
Фрезерование цилиндрической фрезой:	
черновое	12,5...3,2
чистовое	6,3...1,0
тонкое	1,6...0,32
Фрезерование торцевой фрезой:	
черновое	12,5...3,2
чистовое	4...1
тонкое	1,25...0,32
Протягивание:	
черновое	3,2...1,12
чистовое	1,25...0,32
Шлифование:	
получистовое	4...1,6
чистовое	1,6...0,32
тонкое	0,32...0,08
Шабрение:	
обычное	6,3...1,03
тонкое	2,53...0,10
Полирование	0,3...0,032
Накатывание	2,5...0,16
Притирка	0,1...0,02
<i>Обработка резьб</i>	
Нарезание метчиками и гребенками	3,2...1,6
Фрезерование	3,2...0,5
Накатывание	1,25...0,5
<i>Обработка зубчатых колес.</i>	
Зубофрезерование фрезами:	
модульными	12,5...6,3

Вид или метод обработки	Шероховатость R_a , мкм
червячными	6,3...3,2
Зубодолбление	3,2...1,6
Шевингование	1,25...0,63
Накатывание	2...0,8
Шлифование	1,25...0,5
Притирка	0,5...0,1
Протягивание	1,6...0,8
<i>Обработка шлицев</i>	
Шлицефрезерование	12,5...1,25
Накатывание	1...0,8
Шлифование	3,2...0,4
Протягивание	1,6...0,8

Глава V

ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ДЕТАЛЕЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Посадка — вид соединений деталей, определяемый разностью диаметров отверстия и вала. При этом должна обеспечиваться свобода относительного перемещения соединяемых деталей или сопротивление их взаимному смещению.

Допуском является разность между наибольшим и наименьшим размерами. *Поле допусков* называется зона между наибольшим и наименьшим предельными размерами. Верхняя граница поля допусков соответствует наибольшему, а нижняя — наименьшему предельному размеру.

Зазор — это положительная разность между размерами отверстия и вала (величина отверстия больше размера вала).

Натягом называется положительная разность между размерами вала и отверстия до сборки деталей (размер вала больше величины отверстия).

Система отверстия характеризуется тем, что в ней для всех посадок одного класса точности при одинаковых номинальных размерах предельные размеры отверстия остаются постоянными, причем нижнее отклонение отверстия равно нулю и разные посадки осуществляются за счет соответствующего изменения предельных размеров вала.

Система вала характеризуется тем, что в ней для всех посадок одного класса точности при одинаковых номинальных размерах предельные размеры вала остаются постоянными, причем верхнее отклонение вала равно нулю, а разные посадки осуществляются за счет определенного изменения предельных размеров отверстия.

Посадки делятся на: с натягом, с зазором и переходные.

В табл. 48 даны рекомендации по выбору наиболее распространенных посадок.

82 48. Посадки гладких цилиндрических соединений

Посадка	Сопрягаемые детали	Условия работы соединения	Характеристика соединения
<i>Посадка с зазором</i>			
$\frac{H7}{h6}, \frac{H8}{h7}, \frac{H7}{g6}$	Сменные шестерни на валах, фрикционные муфты, установочные кольца на валах	Высокая точность центрирования, неподвижные соединения при частой сборке и разборке, подвижные — при возвратно-поступательных движениях	Обеспечивает возможность свободного передвижения; при требовании неподвижности объяснительно дополнительное крепление. Центрирование ограничено. Сборка при малых нагрузках и наличии смазывания
$\frac{H8}{h8}, \frac{H8}{h9}, \frac{H9}{h8}, \frac{H9}{h9}$	Детали, передающие вращающие моменты через шпонки и штифты, неподвижные оси, центрирующие цилиндрические выступы во фланцевых соединениях, сменные зубчатые колеса, соединительные муфты на валах	Невысокая точность центрирования, легкие и сложные нагрузки	Обеспечивает свободное перемещение и достаточное центрирование
$\frac{H7}{f7}$	Подшипники скольжения, свободно вращающиеся на валах зубчатые колеса и шкивы, перемещающиеся вдоль валов зубчатые колеса и муфты	Легкие и средние режимы работы при умеренных скоростях (до 150 рад/с)	Обеспечивает свободное перемещение и достаточное центрирование. Во избежание перемещения вдоль оси следует ограничивать свободу перемещения. Позволяет осуществлять гидродинамическую смазку
$\frac{H7}{e8}, \frac{H8}{e8}, \frac{H11}{d11}$	Подшипники жидкостной смазки Крышки подшипников и распорные втулки в корпусах, шарнирные соединения тяг, рычагов и т. п.	Большие частоты вращения Подвижные соединения, не требующие точности перемещения, неподвижные грузоцентрированные соединения	Обеспечивает удовлетворительные условия центрирования сопрягаемых деталей

Продолжение табл. 48

Посадка	Сопрягаемые детали	Условия работы соединения	Характеристика соединения
<i>Переходные посадки</i>			
$\frac{H7}{j6}$	Стаканы подшипников в корпусах, небольшие шкивы и ручные маховички на концах валов	Частые сборки и разборки, соединения неподвижные и плотные подвижные	Обеспечивает хорошее центрирование. Усилий не передается и дополнительное крепление обязательно. Сборка при малых нагрузках или ударом без особых усилий. Допускаются неоднократные сборки и разборка. Требуется крепление при сильном нагружении стыка. Центрирование хорошее, сборка легким ударом при нагреве или охлаждении соответствующих деталей. Допускаются две-три разборки
$\frac{H7}{k6}$	Зубчатые колеса на валах редукторов, шкивы, маховики, рычаги и неразъемные эксцентрики на валах	Частые сборки и разборки	Требуется дополнительное крепление при нагрузках, действующих на посадку. Сборка под прессом или при нагреве охватываемой детали. Центрирование хорошее. После разборки посадка изменяется
$\frac{H7}{n6}$	Тяжелонагруженные зубчатые и червячные колеса, муфты, кривошипы и другие детали на валах, бронзовые венцы червячных колес на чугунных ступицах, втулки в корпусах подшипников скольжения	Редкая разборка, центрирование деталей в неподвижных соединениях, передающих большие усилия, и при наличии вибраций и ударов	Обеспечивается сохранение относительного положения деталей без дополнительного крепления при средних нагрузках и
<i>Посадки с натягом</i>			
$\frac{H7}{p6}$	Зубчатые колеса на валах редукторов с дополнительным креплением шпонкой	Центрирование тяжелонагруженных или быстровращающихся крупногабаритных деталей, соединения тонкостенных деталей	

Продолжение табл. 48

Посадка	Сопрягаемые детали	Условия работы соединения	Характеристика соединения
$\frac{H7}{r6}$, $\frac{H7}{s6}$	Зубчатые колеса на валах кор- бок скоростей, бронзовые зубча- тые венцы червячных колес на чугунных ступицах	Передача нагрузок средней ве- личины без дополнительного креп- ления и тяжелых нагрузок с до- полнительным креплением	незначительных колебаниях. Сборка под прессом. Центриро- вание хорошее. После разборки посадка изменяется Обеспечивает сохранность отно- сительного положения без до- полнительного крепления при незначительной величине сил, действующих вдоль оси. При тяжелых нагрузках требуется дополнительное крепление

Посадки подшипников

Выбор посадок подшипников зависит от характера, величины и направления действия нагрузок, типа, размера, способа установки и класса точности подшипника, а также от ряда других факторов. Распределение напряжения в подшипнике различно для наружного и внутреннего колец, поэтому применяют разные посадки подшипника на вал и корпус.

Различаются следующие виды нагружения колец с восприятием нагрузки: местное — ограниченным участком дорожки качения; циркуляционные — последовательно всей дорожкой качения; колебательное — небольшим участком дорожки качения с колебанием зон нагружения на определенном ее участке.

Посадка шарико- и роликоподшипников на вал осуществляется в системе отверстия. При выборе посадок следует иметь в виду, что получаемые соединения вала с внутренним кольцом подшипника отличаются от обычных одноименных посадок более высокими натягами.

Посадка шарико- и роликоподшипников в корпус осуществляется по системе вала.

При выборе полей допусков в зависимости от того, вращается вал или корпус, принимают, что неподвижное сопряжение следует обеспечить для вращающегося кольца. Второе кольцо подшипника, сопрягающееся с неподвижной частью машины, устанавливают с меньшим натягом или даже с небольшим зазором.

Поля допусков для среднего диаметра отверстия по классам точности подшипников обозначаются $L0$, $L6$, $L5$, $L4$, $L2$, для среднего наружного диаметра — 10 , 16 , 15 , 14 , 12 .

Рекомендуемые поля допусков посадочных поверхностей на валу и в корпусе приведены в табл. 49, посадки подшипников качения на вал и в отверстиях корпусов — в табл. 50.

При обозначении посадки подшипника качения на вал указываются, например, $\varnothing 50L0/j_6$, где $\varnothing 50$ — номинальный диаметр отверстия подшипника; L — обозначение поля допуска на средний диаметр отверстия подшипника; 0 — класс точности подшипника; j_6 — поле допуска вала.

Посадка подшипника в корпусе обозначается, например, $\varnothing 90H7/10$, где $\varnothing 90$ — номинальный диаметр наружного кольца подшипника; $H7$ — поле допуска отверстия корпуса; 1 — обозначение поля допуска на средний диаметр наружного кольца подшипника; 0 — класс точности подшипника.

Прочность соединения кольца с валом или корпусом (натяг в посадке) должна быть тем больше, чем тяжелее режим работы подшипника, характеризуемый расчетной долговечностью, и чем больше его размеры. Для роликовых подшипников назначают более прочные посадки, чем для шариковых.

Отклонения формы посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов для подшипников качения приведены в табл. 51, рекомендуемые посадки подшипников на вал и в корпусе — в табл. 52 и 53.

50. Посадки подшипников качения на вал и в отверстие корпуса (рекомендуемые)

Класс точности подшипников	Посадки для основных отклонений																
	вала																
	e	f	g	h	i ₁	k	m	n	p	r	E	O	H	I ₁	K	M	P
0 н 6	$L0 \over e8$	$L0 \over f7$, $L0 \over f8$, $L0 \over f9$		$L0 \over h7$					$L0 \over p6$	$L0 \over r6$	$E8 \over f0$		$H8 \over f0$				
		$L6 \over f6$, $L6 \over f8$		$L6 \over h7$					$L6 \over p6$	$L6 \over r6$	$E8 \over f6$		$H8 \over f6$				
5 н 4 2		$L4 \over g5$		$L4 \over h5$	$L4 \over j5$	$L4 \over k5$	$L4 \over m5$	$L4 \over n5$					$G4 \over f2$	$H4 \over f2$	$J4 \over f2$	$K4 \over f2$	$M4 \over f2$
																	$P6 \over f5$

§ 51. Допуски формы посадочных поверхностей, мкм (не более)

Номинальные диаметры отверстий наружного кольца подшипника, мм	Класс точности подшипников	Вал (ось) — допуски				Отверстие корпуса — допуски			
		круглости	профиль продольного сечения	непостоянства диаметра		круглости	профиль продольного сечения	непостоянства диаметра	
				в поперечном сечении	в продольном сечении			в поперечном сечении	в продольном сечении
Св. 10 до 18	0 и 6	3,0	3,0	6,0	6,0	4,5	4,5	9	9
	5 и 4	1,3	1,3	2,6	2,6	2,0	2,0	4	4
Св. 18 до 30	0 и 6	3,5	3,5	7,0	7,0	5,0	5,0	10	10
	5 и 4	1,5	1,5	3,0	3,0	2,0	2,0	4	4
Св. 30 до 50	0 и 6	4,0	4,0	8,0	8,0	6,0	6,0	12	12
	5 и 4	2,0	2,0	4,0	4,0	2,5	2,5	5	5
Св. 50 до 80	0 и 6	5,0	5,0	10,0	10,0	7,5	7,5	15	15
	5 и 4	2,0	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	6	6
Св. 80 до 120	0 и 6	6,0	6,0	12,0	12,0	9,0	9,0	18	18
	5 и 4	2,5	2,5	5,0	5,0	3,5	3,5	7	7

52. Посадки шариковых и роликовых радиальных подшипников (рекомендуемые)

Вид нагружения	Посадка на вал										Посадка в корпус									
Местное	$L0$	$L0$	$L0$	$L0$	$L0$	$L5$					$J_{,7}$	$H7$	$H8$	$G7$	$H9$	$J_{,6}$	$H6$	$H6$	$H6$	
	$j_{,6}$	$h6$	$g6$	$f6$	$f6$	$h5$					$j_{,6}$	$h6$	$J_{,7}$	$H7$	$G7$	$J_{,6}$	$H6$	$H6$	$H6$	
	$L4$	$L4$	$L6$	$L6$	$L6$	$L6$	$L6$				$J_{,6}$	$H6$	$J_{,7}$	$H7$	$G7$	$J_{,6}$	$H6$	$H6$	$H6$	
Циркуляционное	$L0$	$L0$	$L0$	$L0$	$L5$	$L5$	$L5$	$L5$	$L5$	$L5$	$N7$	$M7$	$K7$	$P7$	$N6$	$M6$	$K6$	$P7$	$P7$	
	$h6$	$m6$	$k6$	$J_{,6}$	$n5$	$m5$	$k5$	$j_{,5}$	$j_{,5}$	$j_{,5}$	$N7$	$M7$	$K7$	$P7$	$N6$	$M6$	$K6$	$P7$	$P7$	
	$L4$	$L4$	$L4$	$L4$	$L6$	$L6$	$L6$	$L6$	$L6$	$L6$	$N6$	$M6$	$N7$	$M7$	$N6$	$M6$	$K7$	$P7$	$P7$	
Колебательное	$L0$	$L5$									$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	
	$j_{,6}$	$j_{,5}$									$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	
	$L4$	$L6$									$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	$J_{,7}$	

53. Посадки радиально-упорных шариковых и роликовых подшипников (рекомендуемые)

Вид нагружения и способ регулировки	Посадка на вал	Посадка в корпус
Циркуляционное нагружение без регулировки	$\frac{L_0}{n_6}, \frac{L_0}{m_6}, \frac{L_0}{L_6}, \frac{L_0}{n_6}, \frac{L_0}{m_6}, \frac{L_0}{L_6}$	$\frac{N_7}{i_6}, \frac{M_7}{i_6}, \frac{K_7}{i_6}, \frac{J_{s7}}{i_6}, \frac{P_7}{i_6}$
Циркуляционное нагружение регулируемых колец	$\frac{L_0}{j_{s6}}, \frac{L_6}{j_{s6}}$	$\frac{J_{s7}}{i_6}, \frac{J_{s7}}{i_6}$
Нерегулируемые и регулируемые местнонагруженные кольца, перемещающиеся относительно посадочной поверхности	$\frac{L_0}{j_{s6}}, \frac{L_0}{h_6}, \frac{L_6}{j_{s6}}, \frac{L_6}{h_6}$	$\frac{M_7}{i_6}, \frac{K_7}{i_6}, \frac{H_7}{i_6}, \frac{M_7}{i_6}, \frac{K_7}{i_6}, \frac{H_7}{i_6}$
Местнонагруженные регулируемые кольца	$\frac{L_0}{h_6}, \frac{L_0}{L_6}, \frac{L_0}{g_6}, \frac{L_0}{L_6}, \frac{L_0}{h_6}, \frac{L_0}{g_6}, \frac{L_0}{L_6}$	$\frac{H_7}{i_6}, \frac{H_7}{i_6}$

Глава VI

ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Предельные отклонения формы и расположения поверхностей назначаются при наличии особых требований, вытекающих из условий работы, изготовления или измерения деталей. В остальных случаях отклонения формы и расположения поверхностей ограничиваются полем допуска (табл. 54) на размер.

Для назначения степеней точности допусков отклонений формы и расположения поверхностей можно воспользоваться рекомендациями, приведенными в табл. 55. Значения допусков отклонений цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения, плоскостности, прямолинейности, параллельности, перпендикулярности, торцевого, радиального биения, соосности, симметричности и пересечения осей даны в табл. 56...59, примеры указания на чертежах допусков формы и расположения

**54. Условные обозначения допусков формы
и расположения (по ГОСТ 2.308—79)**

Группа допусков	Допуск	Знак
Формы	Прямолинейности	—
	Плоскостности	
	Круглости	
	Цилиндричности	
	Профиля продольного сечения	
Расположения	Параллельности	
	Перпендикулярности	
	Наклона	
	Соосности	
	Симметричности	
	Позиционный	
	Пересечения осей	
Суммарные формы расположения	Радиального биения	
	Торцевого биения	
	Биения в заданном направлении	
	Полного радиального биения	
	Полного торцевого биения	
	Формы заданного профиля	
	Формы заданной поверхности	

55. Точность допусков формы и расположения поверхностей

Степень точности по ГОСТ 24643--81	Область применения	Способы обработки
------------------------------------	--------------------	-------------------

Допуск плоскостности, прямолинейности

3...4	Направляющие повышенной точности	Доводка, шлифование, шабрение повышенной точности
5...6	Направляющие нормальной точности, рабочие поверхности повышенной и нормальной точности	Шлифование, обтачивание повышенной точности
7...8	Базовые поверхности кондукторов и других технологических приспособлений, опорные поверхности корпусов подшипников, разъемы корпусов редукторов	Грубое шлифование, фрезерование, строгание, протягивание, обтачивание
9...10	Кронштейны и основания вспомогательных и ручных механизмов, опорные поверхности корпусов, устанавливаемых на клиньях и амортизирующих прокладках, присоединительные поверхности арматуры, фланцев (с использованием мягких прокладок)	Грубое фрезерование, строгание, обтачивание, долбление

Допуск цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения

3...4	Посадочные поверхности подшипников качения классов 4 и 5 и отверстия под них в корпусах	Тонкое точение, шлифование, алмазное растачивание, хонингование
5...6	Посадочные поверхности подшипников качения классов 0 и 6, а также валов и корпусов под них, поверхности соединений втулок с цилиндрами и корпусами в гидравлических системах высокого давления	Шлифование, точение, хонингование, растачивание повышенной точности, развертывание, протягивание
7...8	Поршни, гильзы, кондукторные втулки отверстия под постоянные втулки	Грубое точение, шлифование, развертывание, протягивание, растачивание, сверление повышенной точности
9...10	Подшипники скольжения при легких условиях работы	Грубое точение, растачивание, сверление

поверхностей — в табл. 60, рекомендации по назначению допусков формы или расположения для наиболее часто применяемых деталей станочных приспособлений — в табл. 61.

Степень точности по ГОСТ 26643-81	Область применения	Способы обработки
<i>Допуск радиального биения соосности, симметричности</i>		
3...4	Рабочие поверхности шпинделей и корпусов повышенной и нормальной точности, посадочные шейки валов под зубчатые колеса	Тонкое шлифование, внутреннее шлифование с одной установки
5...6	Втулки станочные повышенной точности, посадочные поверхности валков, осей и валов под зубчатые колеса	Шлифование, обтачивание повышенной точности, внутреннее шлифование, растачивание с одной установки
7...8	Посадочные шейки валов под зубчатые колеса	Грубое шлифование, обтачивание, растачивание
9...10	Посадочные шейки валов под зубчатые колеса	Обтачивание, растачивание пониженной точности
<i>Допуск параллельности</i>		
3...4	Особо точные направляющие	Доводка, шлифование, шабрение
<i>Допуск перпендикулярности торцевого биения</i>		
3...4	Запечники валов под подшипники качения классов 4 и 5	Доводка, шлифование, шабрение повышенной точности
5...6	Запечники валов под подшипники классов 0, 6 и 5 и корпусов под подшипники классов 4 и 5, фланцы валов и соединительных муфт	Шлифование, шабрение, фрезерование, строгание, растачивание повышенной точности
7...8	Направляющие и базовые поверхности корпусов, торцы станочных втулок, запечники валов, корпусов под подшипники качения классов 0 и 6, торцы ступиц и распорных втулок	Шлифование, фрезерование, строгание, долбление, растачивание
9...10	Торцы подшипников валов в механизмах с ручным приводом	Обтачивание, грубое фрезерование, строгание, растачивание
5...6	Направляющие высокой точности, опорные торцы крышек и дистанционные кольца под подшипники классов 4 и 5	Шлифование, фрезерование повышенной точности, координатное растачивание, сверление
7...8	Рабочие поверхности кондукторов средней точности, опорные торцы крышек и колец для подшипников классов 0, 6 и 5, оси отверстий в корпусах зубчатых передач	
9...10	Оси отверстий в упругих втулочно-пальцевых муфтах	Фрезерование, грубое фрезерование, растачивание, сверление повышенной точности

56. Допуски цилиндричности, круглости профиля продольного сечения

Номинальный диаметр поверхности, мм		Степень точности									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Допуск, мкм									
До 3	0,8	1,2	2,0	3	5	8	12	20	30	50	
Св. 3 до 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	
» 10 » 18	1,2	2,0	3	5	8	12	20	30	50	80	
» 18 » 30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	
» 30 » 50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	
» 50 » 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	
» 120 » 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	
» 250 » 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	
» 400 » 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	
» 630 » 1000	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	

57. Допуски плоскостности и прямолинейности

Номинальная длина, мм		Степень точности									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Допуск, мкм									
До 10	10	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
Св. 10	до 16	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
»	» 16 » 25	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
»	» 25 » 40	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
»	» 40 » 63	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
»	» 63 » 100	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
»	» 100 » 160	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
»	» 160 » 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200
»	» 250 » 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
»	» 400 » 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
»	» 630 » 1000	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400

58. Допуски параллельности, перпендикулярности, наклона, торцевого бienia и полного торцевого бienia

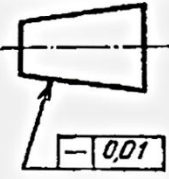
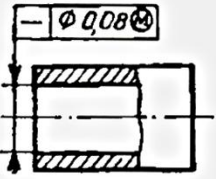
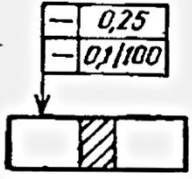
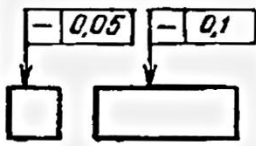
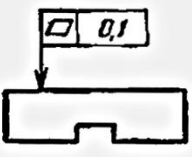
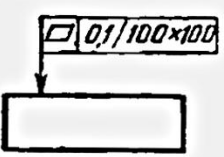
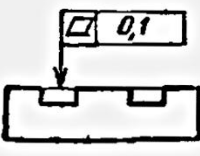
Интервалы номинальных размеров, мм	Степень точности											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Допуск, мкм	
До 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60		
Св. 10 до 16	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80		
» 16 » 25	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100		
» 25 » 40	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120		
» 40 » 63	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160		
» 63 » 100	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200		
» 100 » 160	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250		
» 160 » 250	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300		
» 250 » 400	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400		
» 400 » 630	10	12	20	30	50	80	120	200	300	500		
» 630 » 1000	12	16	25	40	60	100	160	250	400	600		

4 59. Допуски радиального биения и полного радиального биения, соосности, симметричности и пересечения осей в диаметральноном направлении

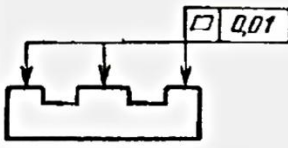
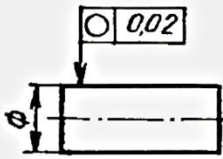
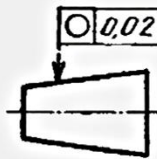
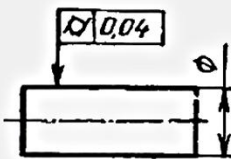
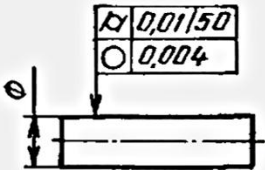
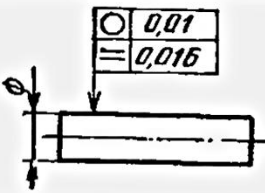
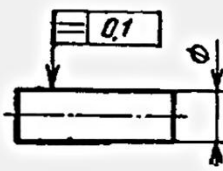
Интервалы номинальных диаметров, мм		Степень точности										
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Допуск, мкм										
До 3	3	2,0	3	5	8	12	20	30	50	80	120	
Св. 3 до 10	10	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	
» 10 » 18	18	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	
» 18 » 30	30	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	
» 30 » 50	50	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	
» 50 » 120	120	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	
» 120 » 250	250	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	
» 250 » 400	400	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	
» 400 » 630	630	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	
» 630 » 1000	1000	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	

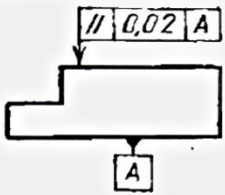
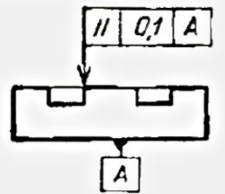
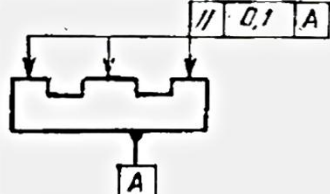
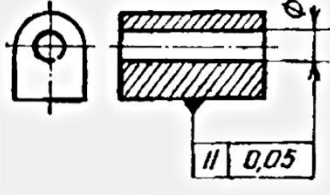
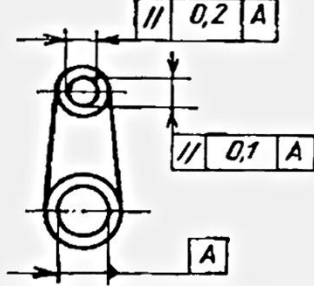
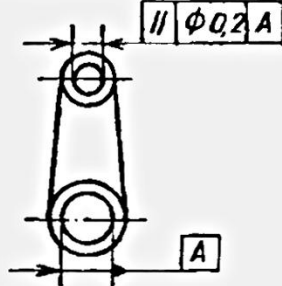
Примечание. Для получения значений допусков в радиальном направлении указанные в таблице значения при соответствующем диаметре следует уменьшить в 2 раза и при необходимости округлить до ближайшего числа.

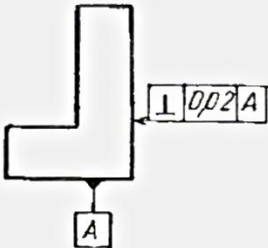
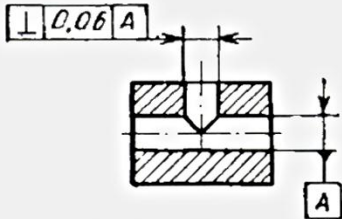
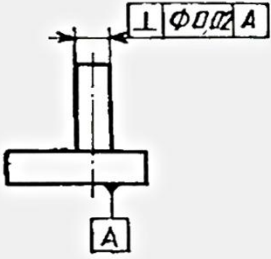
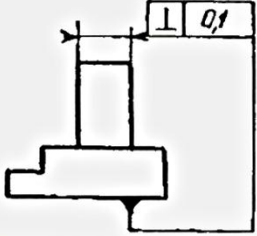
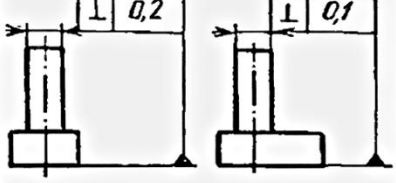
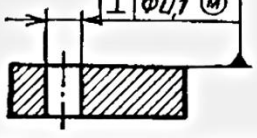
60. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей

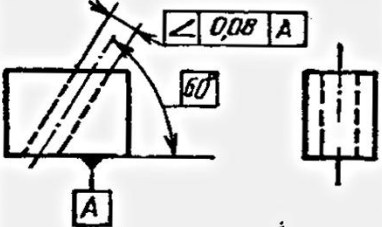
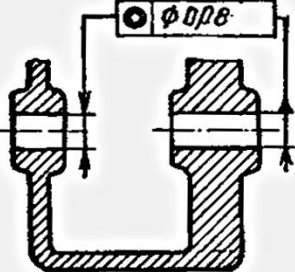
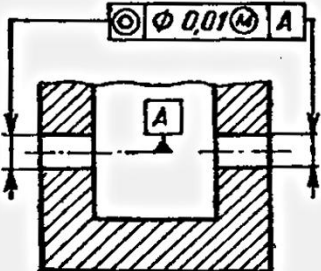
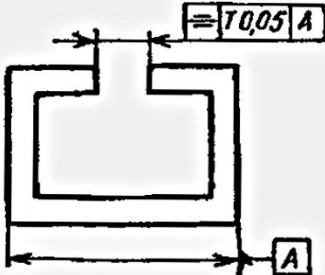
Вид допуска	Условное обозначение допуска формы и расположения	Пояснения
1. Допуск прямолинейности		Допуск прямолинейности образующей конуса 0,01 мм
		Допуск прямолинейности оси отверстия $\varnothing 0,08$ мм (допуск зависимый)
		Допуск прямолинейности поверхности 0,25 мм по всей длине и 0,1 мм — на длине 100 мм
		Допуск прямолинейности поверхности в поперечном направлении 0,05 мм и продольном — 0,1 мм
2. Допуск плоскостности		Допуск плоскостности поверхности 0,1 мм
		Допуск плоскостности поверхности 0,1 мм на площади 100×100 мм
		Допуск плоскостности поверхности относительно общей прилегающей плоскости 0,1 мм

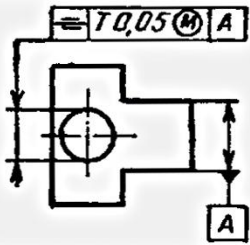
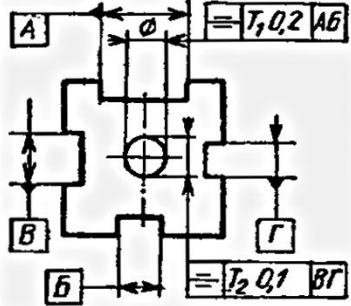
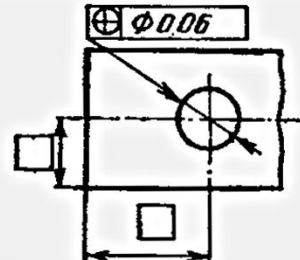
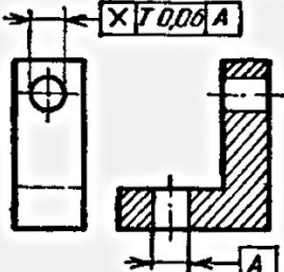
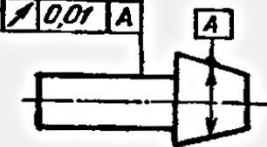
Продолжение табл. 60

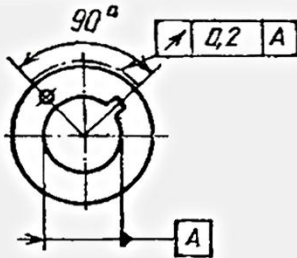
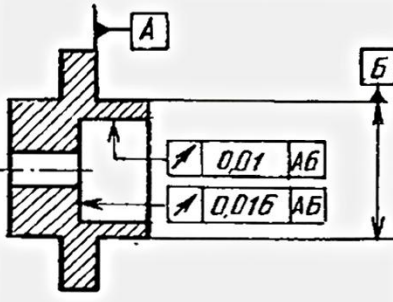
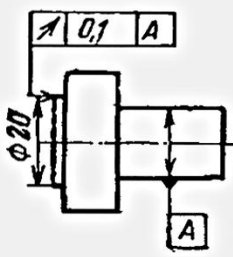
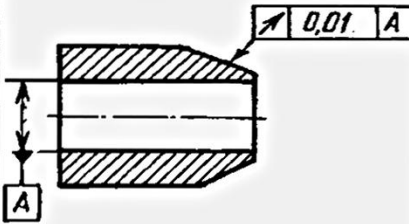
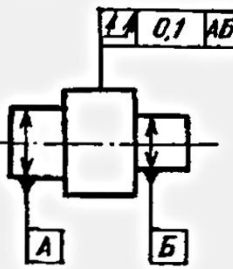
Вид допуска	Условное обозначение допуска формы и расположения	Пояснения
3. Допуск круглости		Допуск плоскостности каждой поверхности 0,01 мм
		Допуск круглости вала 0,02 мм
		Допуск круглости конуса 0,02 мм
4. Допуск цилиндричности		Допуск цилиндричности вала 0,04 мм
		Допуск цилиндричности вала 0,01 мм на длине 50 мм, его круглости — 0,004 мм
5. Допуск профиля продольного сечения		Допуск круглости вала 0,01 мм, профиля продольного его сечения — 0,016 мм
		Допуск профиля продольного сечения вала 0,01 мм

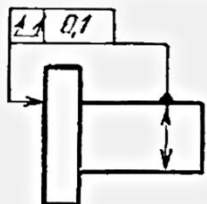
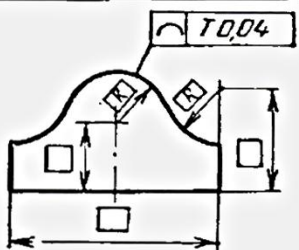
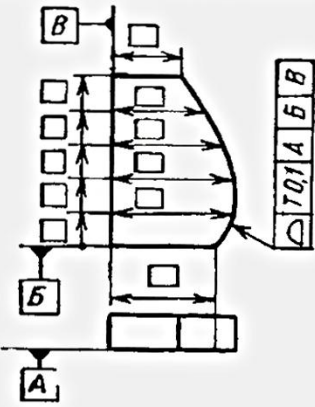
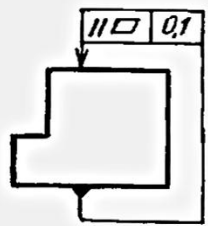
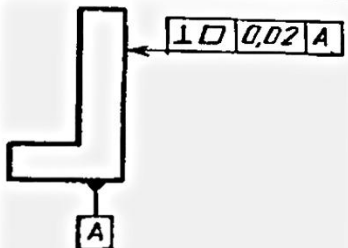
Вид допуска	Условное обозначение допуска формы и расположения	Пояснения
6. Допуск параллельности		Допуск параллельности поверхности относительно поверхности A 0,02 мм
		Допуск параллельности общей прилегающей плоскости поверхностей относительно поверхности A 0,1 мм
		Допуск параллельности каждой поверхности относительно поверхности A 0,1 мм
		Допуск параллельности оси отверстия относительно основания 0,05 мм
		Допуск параллельности осей отверстий в общей плоскости 0,1 мм, перекоса осей отверстий 0,2 мм. База — ось отверстия A
		Допуск параллельности оси отверстия относительно оси отверстия A $\varnothing$ 0,2 мм

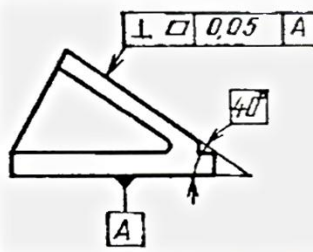
Вид допуска	Условное обозначение допуска формы и расположения	Пояснения
7. Допуск перпендикулярности		Допуск перпендикулярности поверхности относительно поверхности A 0,02 мм
		Допуск перпендикулярности оси отверстия относительно оси отверстия A 0,06 мм
		Допуск перпендикулярности оси выступа относительно поверхности A Ø 0,02 мм
		Допуск перпендикулярности оси выступа относительно основания 0,1 мм
		Допуск перпендикулярности оси выступа в поперечном направлении 0,2 мм, в продольном направлении — 0,1 мм. База — основание
		Допуск перпендикулярности оси отверстия относительно поверхности Ø 0,1 мм (допуск зависимый)

Вид допуска	Условное обозначение допуска формы и расположения	Пояснения
8. Допуск наклона		Допуск наклона поверхности относительно поверхности <i>A</i> 0,08 мм
		Допуск наклона оси отверстия относительно поверхности <i>A</i> 0,08 мм
9. Допуск соосности		Допуск соосности отверстия относительно отверстий $\varnothing$ 0,08 мм
		Допуск соосности двух отверстий относительно их общей оси $\varnothing$ 0,01 мм (допуск зависимый)
10. Допуск симметричности		Допуск симметричности паза 0,05 мм. База — плоскость симметрии поверхностей <i>A</i>

Вид допуска	Условное обозначение допуска формы и расположения	Пояснения
		Допуск симметричности отверстия 0,05 мм (допуск зависимый). База — плоскость симметрии поверхности A
		Допуск симметричности оси отверстия относительно общей плоскости симметрии пазов A, Б 0,2 мм и относительно общей плоскости симметрии пазов B, Г 0,1 мм
11. Позиционный допуск		Позиционный допуск оси отверстия 0,06 мм
12. Допуск пересечения осей		Допуск пересечения осей отверстий 0,06 мм
13. Допуск радиального биения		Допуск радиального биения вала относительно оси конуса 0,01 мм

Вид допуска	Условное обозначение допуска формы и расположения	Пояснения
		Допуск радиального биения участка поверхности относительно отверстия A 0,2 мм
		Допуск радиального биения отверстий 0,01 мм. Первая база — поверхность A, вторая база — ось поверхности B. Допуск торцевого биения относительно тех же баз 0,016 мм
14. Допуск торцевого биения		Допуск торцевого биения на диаметре 20 мм относительно оси поверхности A 0,1 мм
15. Допуск биения в заданном направлении		Допуск биения конуса относительно оси отверстия A в направлении, перпендикулярном к образующей конуса, — 0,01 мм
16. Допуск полного радиального биения		Допуск полного радиального биения относительно общей оси поверхностей A и B 0,1 мм

Вид допуска	Условное обозначение допуска формы и расположения	Пояснения
17. Допуск полного торцевого биения		Допуск полного торцевого биения поверхности относительно оси поверхности 0,1 мм
18. Допуск формы заданной поверхности		Допуск формы заданного профиля T 0,04 мм
19. Допуск формы заданной поверхности		Допуск формы заданной поверхности относительно поверхностей A , B , V , T 0,1 мм
20. Суммарный допуск параллельности и плоскостности		Суммарный допуск параллельности и плоскостности поверхности относительно основания 0,1 мм
21. Суммарный допуск перпендикулярности и плоскостности		Суммарный допуск перпендикулярности и плоскостности поверхности относительно оснований 0,02 мм

Вид допуска	Условное обозначение допуска формы и расположения	Пояснения
22. Суммарный допуск наклона и плоскостности		Суммарный допуск наклона и плоскостности поверхности относительно основания 0,05 мм

61. Назначение допусков формы и расположения поверхностей

Требования к форме и расположению поверхностей	Значения допусков формы и расположения
Цилиндричность посадочных поверхностей подшипников качения	0,3 T_d
Перпендикулярность торца заплечика вала	IT6 — для шариковых радиальных и радиально-упорных подшипников; IT5 — для радиальных подшипников с короткими цилиндрическими роликами; IT4 — для конических роликовых подшипников; IT5 — для шариковых радиальных и радиально-упорных подшипников; IT4 — для радиальных подшипников с короткими цилиндрическими роликами; IT3 — для конических роликовых подшипников
Соосность посадочных поверхностей для подшипников относительно их общей оси	IT5 — для шариковых радиальных и радиально-упорных подшипников; IT4 — для радиальных подшипников с короткими цилиндрическими роликами;
	IT3 — для конических роликовых подшипников
Соосность посадочных поверхностей зубчатых колес	IT3 — для зубчатых передач 6-й степени кинематической точности; IT4 — для зубчатых передач 7, 8-й степени кинематической точности; IT5 — для зубчатых передач 9-й степени кинематической точности

Требования к форме и расположению поверхностей	Значения допусков формы и расположения	
Перпендикулярность опорного торца зубчатого колеса оси отверстия или перпендикулярность торца заплечика вала к посадочной шейке при соотношении длины отверстия к диаметру посадочного отверстия зубчатого колеса $l/d < 0,8$	IT3 — для зубчатых передач 6-й степени точности норм контакта; IT4 — для зубчатых передач 7, 8-й степени точности норм контакта; IT5 — для зубчатых передач 9-й степени точности норм контакта	
Соосность посадочных поверхностей муфт, шкивов, звездочек	Допуск соосности, мм	Частота вращения вала, мин ⁻¹
	0,036	600
	0,018	1000
	0,012	1500
	0,006	3000
Радиальное биение валов под манжетные уплотнения	Допуск биения, мм	Частота вращения вала, мин ⁻¹
	0,04	1000
	0,03	1500
	0,02	3000
Цилиндричность посадочных поверхностей для: подшипников качения зубчатых и червячных колес муфт, шкивов, звездочек базовых отверстий	0,3 T_d	
	0,3 T_d	
	0,4 T_d	
	0,3 T_d	

Примечание. T_d — допуск на размер посадочной поверхности вала или отверстия.

Глава VII

ПОКРЫТИЯ ДЕТАЛЕЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Покрытия деталей станочных приспособлений применяются в защитных (от коррозии, старения, биоповреждения) и защитно-декоративных целях. Они подразделяются на лакокрасочные, металлические и неметаллические неорганические. В зависимости от условий эксплуатации покрытия делятся на легкие (Л) — для работы в закрытых сухих помещениях, средние (С) — в закрытых помещениях с относительной влажностью не ниже 80 %, жесткие (Ж) — на открытом воздухе или в помещениях с относительной влажностью свыше 80 %.

При работе приспособлений в масляной среде, не вызывающей коррозии, можно не применять покрытий.

Лакокрасочные покрытия делят на грунты, шпатлевки, эмали, лаки, нитрокраски, масляные и эмульсионные краски.

Процесс окраски состоит из нескольких основных операций: подготовка поверхности, грунтовка, шпатлевка (при наличии шероховатостей, неровностей, трещин, раковин), сушка, нанесение краски (эмали). Примеры применения лакокрасочных покрытий даны в табл. 62.

Металлические и неметаллические неорганические покрытия разделяют на виды в зависимости от способа их получения, материала, физико-механических и декоративных свойств, вида дополнительной обработки. По назначению покрытия делятся на защитные, защитно-декоративные и специальные.

Защитные покрытия предохраняют детали от коррозии в различных условиях эксплуатации. К ним относятся кадмиевые, цинковые, оловянные и эпоксидные покрытия. К внешнему виду и твердости этих покрытий не предъявляют особых требований.

62. Лакокрасочные покрытия (по ГОСТ 22133—86)

Марка эмали	Область применения
НЦ-256, НЦ-2127, НЦ-221	Наружные поверхности при периодическом воздействии минеральных масел
НЦ-132	Внутренние поверхности при постоянном воздействии минеральных масел
ГФ-2136	Наружные поверхности при незначительном воздействии щелочных СОЖ
ХВ-238	Наружные и внутренние поверхности при периодическом воздействии щелочных СОЖ
МЛ-12, МЛ-165, МЛ-197, МЛ-152	Поверхности, подвергаемые периодическому воздействию стружки, абразива и минеральных масел
ЭП-140, ЭП-773, ЭП-525	Поверхности, подвергаемые воздействию щелочных эмульсий и электролитов
ВЛ-515, ГФ-0163	Внутренние поверхности резервуаров с минеральным маслом
ВЛ-515	Внутренние поверхности гидрорезервуаров

Защитно-декоративные покрытия используют для придания деталям декоративного вида с одновременной защитой их от коррозии. К ним относятся многослойные покрытия (медь — никель — хром, никель — хром), никелевые, золотые, серебряные, эмалевые.

Специальные покрытия предназначены для придания деталям

определенных физических свойств (увеличения износостойкости, твердости, отражательной способности и др.) с одновременной защитой от коррозии (например, серебряные, золотые, палладиевые, радиевые, хромовые).

Наиболее широко применяются для деталей станочных приспособлений цинкование, кадмирование, меднение, хромирование, фосфатирование и оксидирование.

Меднение придает притирочные свойства поверхностям деталей, работающих в паре (шлицевые соединения, кулачковые валики, шейки валов, уплотнения зазоров), и защищает сталь от цементации. Кроме того, меднению подвергаются стальные детали под последующее декоративное хромирование или никелирование. Среднерасчетная толщина медного покрытия для приведенных случаев составляет 0,005...0,015 мм.

Хромирование применяется с целью защиты деталей от износа и придания поверхности антикоррозионных свойств, а также их защитно-декоративной отделки (рукоятки, маховички, толщина слоя 0,002...0,005 мм).

Износостойкое хромовое покрытие повышает работоспособность деталей, испытывающих различные виды трения скольжения (шейки валов, шлицевые валы, оси, червяки, рейки направляющие и т. п.), позволяет восстановить их размеры. Толщина слоя составляет 0,01...0,03 мм. Прочность сцепления хрома с основным металлом высокая.

Хром устойчив против действия влаги, растворов щелочей, азотной и органических кислот, длительное время сохраняет цвет и блеск, хорошо выдерживает равномерно распределенную по поверхности нагрузку, но разрушается под действием ударов.

Цинкование используется для защиты изделий из черных металлов от коррозии. Обычно цинкованию подвергаются простые детали, работающие без трения, мелкие резьбовые детали, болты, гайки, шайбы, втулки. Толщина слоя составляет 0,01...0,03 мм.

С помощью кадмирования защищают от коррозии детали сложной конфигурации из стали, чугуна, меди и медных сплавов. Кадмиевый осадок более пластичен по сравнению с цинковым, и поэтому кадмирование широко применяется для ответственных резьбовых и сопряженных деталей, узлы которых требуют плотной сборки. Толщина слоя составляет 0,007...0,015 мм.

Никелирование применяется для защиты медных деталей, а также для получения декоративного покрытия у стальных деталей по предварительно нанесенному медному подслою. Толщина слоя 0,010...0,012 мм.

Анодирование осуществляется с целью противокоррозионной защиты деталей из алюминия и его сплавов с содержанием меди до 5 %.

Окисное и фосфатное покрытия относятся к числу неметаллических неорганических покрытий. С их помощью защищают

стальные детали от коррозии, однако они обладают малым сопротивлением истиранию. Оксидирование часто используется для получения защитно-декоративных покрытий и может быть выполнено в виде воронения и синения. Защитные свойства этих пленок повышают пропиткой маслом или лаком.

Металлизационный способ нанесения покрытий применяется для защиты деталей от коррозии, а также придания декоративности. Для покрытий используются алюминий, цинк, хромоникелевые сплавы. Недостатком металлизации является невысокая прочность сцепления покрытия с основанием, большие потери напыляемого металла, пористость в тонких слоях, преимуществом — возможность покрытия крупных деталей сложной конфигурации, простота технологии и оборудования.

В табл. 63 приведены примеры обозначения некоторых видов покрытий и рекомендации по их применению.

63. Некоторые виды покрытий

Покрытие	Обозначение	Условия эксплуатации	Область применения
Медно-никеле-хромовое блестящее	M9.H15.X.6 M3.H6.X.6 M.H6.X.6	С Л Л	Защита от коррозии и придание декоративного вида стальным, чугунным, латунным и цинковым деталям
Медно-никелевое Фосфатное с нанесением лакокрасочного покрытия	M.H6 Хим.Фос.ЛКП	Л —	Защита от коррозии с приданием декоративного вида стальным и чугунным деталям
Химическое фосфатное с пропиткой маслом	Хим.Фос.пр.м	Л	Защита от коррозии стальных и чугунных деталей
Анодно-окисное	Ан.Окс	Л	Защита от коррозии цинковых деталей
Анодно-окисное хроматированное	Ан.Окс.хр.	Л	Защита от коррозии стальных деталей
Оксидирование	Окс	Л	Защита от коррозии полированных стальных деталей
Оловянное	06	—	Защита от коррозии электроконтактов, создание прирабочного слоя на поверхности стальных и чугунных деталей

Покрытие	Обозначение	Условия эксплуатации	Область применения
Хромовое твердое	Х.тв	—	Восстановление изношенных деталей
Хромовое пористое	Х.п	—	Повышение износостойкости, создание слоя, удерживающего смазочный материал

Примечание. Буквы, используемые для указания условий эксплуатации, обозначают: С — для работы в закрытых помещениях с относительной влажностью не менее 80 %; Л — для работы в сухих закрытых помещениях.

Глава VIII

РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ

Любая конструкция состоит из узлов и деталей, находящихся между собой в определенной взаимосвязи, которая рассчитывается по так называемым размерным цепям

Размерная цепь — это совокупность расположенных по замкнутому контуру в определенной последовательности размеров, устанавливающих взаимное расположение поверхностей и осей одной или нескольких деталей и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи.

Звено, являющееся исходным при постановке задачи или последним при ее решении при обработке детали или сборке узла, называется замыкающим. Звено размерной цепи, функционально связанное с замыкающим звеном, называется составляющим.

Размерные цепи делятся на основные и производные. В основной размерной цепи замыкающее звено обеспечивается решением главной задачи, в производной замыкающим является одно из составляющих звеньев.

Размерные цепи могут быть конструкторскими, технологическими и измерительными. Определяющим является то, между какими поверхностями детали (деталей) в изделии назначается размерная цепь.

Допуск замыкающего звена зависит от допусков всех звеньев, входящих в размерную цепь. И наоборот. В одной размерной цепи может быть только одно замыкающее звено.

Точность замыкающего звена может обеспечиваться методами полной, неполной либо групповой взаимозаменяемости, пригонкой и регулировкой.

В размерных цепях с полной взаимозаменяемостью допуски рассчитываются методом максимума-минимума. При этом учитываются только предельные отклонения звеньев размерной цепи и самые неблагоприятные их сочетания. В данном случае размерные цепи должны удовлетворять требованию, чтобы допуск их замыкающего звена был равен сумме допусков составляющих звеньев, а сами допуски этих звеньев находились в пределах экономической точности изготовления. При выполнении этих условий размерные цепи обеспечивают полную взаимозаменяемость деталей.

Метод максимум-минимум предполагает возможность случая, когда все звенья размерной цепи имеют предельные отклонения в худшую сторону. В производственных условиях такое явление встречается крайне редко.

Иногда экономически оправдан риск назначения допуска замыкающего звена с учетом рассеяния размеров и различных вариантов сочетаний составляющих звеньев размерной цепи. В этих случаях размерные цепи будут обеспечивать неполную взаимозаменяемость деталей с рассчитанным коэффициентом риска. Расчеты таких цепей выполняются по вероятностному методу.

Однако возможны случаи, когда назначение размерных цепей с неполной взаимозаменяемостью недопустимо (ухудшение эксплуатационных характеристик, требования высокой надежности, техники безопасности и т. д.), и тогда применяются методы подгонки или регулировки замыкающего звена. Точность составляющих звеньев назначается исходя из экономической точности их обработки.

Расчет размерных цепей сводится к определению:

величины допуска замыкающего звена по известным допускам звеньев данной размерной цепи (прямая задача);

допусков всех звеньев размерной цепи по их номинальным размерам и по известному допуску замыкающего звена (обратная задача).

При решении прямой задачи по установленным требованиям к замыкающему звену определяются номинальные размеры, допуски, координаты середин полей допусков и предельные отклонения всех звеньев, составляющих размерную цепь. Для решения обратной задачи по значениям номинальных размеров, допусков, координат середин их полей, предельных отклонений составляющих звеньев требуются те же характеристики замыкающего звена. Решением обратной задачи также проверяется правильность решения прямой задачи.

За замыкающее звено размерной цепи (рис. 1) в приспособлении обычно принимаются допуски линейных и угловых размеров приспособления в сборе, а также допуски соосности, параллельности, перпендикулярности, которые связывают ста

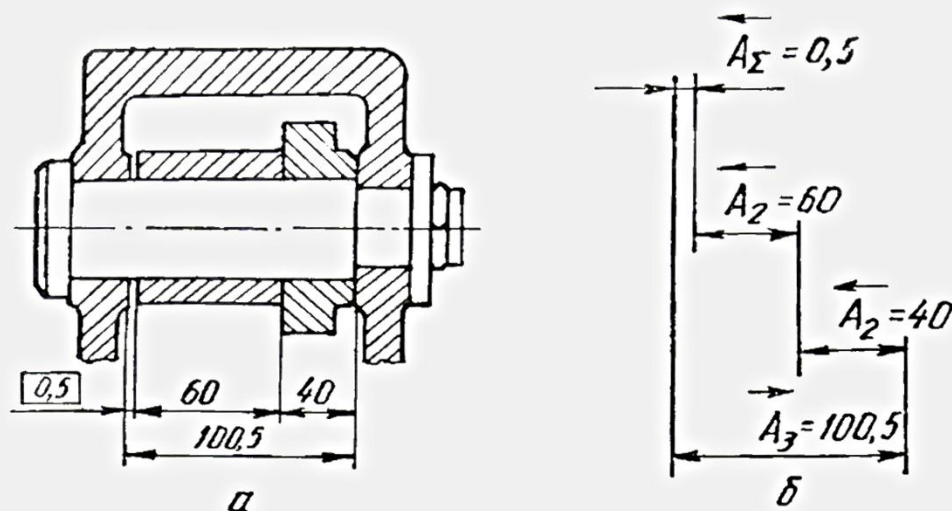


Рис. 1. Размерные цепи:

а — сборочного узла; б — схематическое изображение (замыкающее звено цепи очерчено прямоугольником)

ночное приспособление с заготовкой, станком или инструментом. Допуск определяется расчетом точности изготовления приспособления.

Все звенья размерной цепи делятся на увеличивающие и уменьшающие. На схеме размерной цепи задается определенное направление замыкающему звену. При совпадении у соответствующих звеньев направления с замыкающим они будут уменьшающими, при несовпадении — увеличивающими.

Номинальное значение замыкающего звена равно:

$${}_m A_{\Sigma} = \sum_{m} A_{ув} - \sum_{n} A_{ум},$$

где $\sum_{m} A_{ув}$ — сумма увеличивающих звеньев; $\sum_{n} A_{ум}$ — сумма уменьшающих звеньев; m, n — соответственно число увеличивающих и уменьшающих звеньев.

При решении прямой задачи по заданной величине поля допуска замыкающего звена $[T_{\Sigma}]$ или предельным размерам данного звена $[A_{\Sigma_{max}}]$ и $[A_{\Sigma_{min}}]$ определяются допуски составляющих звеньев.

Распределение допуска исходного звена осуществляется способами: попыток, равных допусков, одной степени точности и комбинированными.

Способ попыток заключается в том, что на соответствующие звенья назначают экономически целесообразные допуски, затем производят расчет, при несоблюдении требований назначают более жесткие допуски.

При способе равных допусков на все составляющие звенья назначают равные допуски с некоторой корректировкой применительно к особенностям деталей.

Способ одной степени точности предполагает, что все составляющие звенья имеют одинаковую ее величину.

Верхнее Δs_{Σ} и нижнее Δl_{Σ} отклонения замыкающего звена определяются по выражениям:

$$\Delta s_{\Sigma} = \Delta c_{\Sigma} + 1 : 2T_{\Sigma}; \Delta l_{\Sigma} = \Delta c_{\Sigma} - 1 : 2T_{\Sigma}.$$

где $\Delta c_{\Sigma} = \sum_{m}^{m} \Delta c_{ув} - \sum_{n}^{n} \Delta c_{ум}$ — среднее отклонение поля допуска замыкающего звена; $\Delta c_{ув}$, $\Delta c_{ум}$ — средние отклонения полей допусков увеличивающих и уменьшающих звеньев.

Предельные размеры замыкающего звена равны:

$$A_{\Sigma_{max}} = A_{\Sigma} + \Delta s_{\Sigma}; A_{\Sigma_{min}} = A_{\Sigma} + \Delta l_{\Sigma}.$$

Решение обратной задачи основано на определении допусков замыкающего звена по допускам составляющих.

Метод полной взаимозаменяемости

В этом случае допуск замыкающего звена равен сумме всех допусков увеличивающих и уменьшающих звеньев:

$$T_{\Sigma} = \sum_{m}^{m} T_{ув} + \sum_{n}^{n} T_{ум},$$

где $\sum_{m}^{m} T_{ув}$ — сумма допусков увеличивающих составляющих звеньев; $\sum_{n}^{n} T_{ум}$ — сумма допусков уменьшающих составляющих звеньев.

При разбивке допуска замыкающего звена способом равных допусков:

$$T_c = [T_{\Sigma}] / (m + n),$$

где $(m + n)$ — число составляющих звеньев.

При использовании способа одной степени точности

$$[T_{\Sigma}] = a_c (0,45 \sqrt[3]{A_n} + 0,001 A_n),$$

где a_c — среднее число единиц допуска составляющих размера, принимается для различных квалитетов равным:

Квалитеты	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A_c	7	10	16	25	40	64	100	160	250

A_n — среднее геометрическое интервала размеров; выражение $(0,45 \sqrt[3]{A_n} + 0,001 A_n)$ может определяться в соответствии с приведенными ниже данными:

A_n	До 3	3... 6	6... 10	10... 18	18... 30	30... 50	50... 80	80... 120	120... 180	180... 250
$0,45 \sqrt[3]{A_n} + 0,001 A_n$	0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,53	1,86	2,17	2,52	2,89

Рассмотрим решение прямой и обратной задач на примере размерной цепи, приведенной на рис. 1.

При решении прямой задачи задаются значения исходного звена — номинальный размер и допуск. В приведенном случае исходным звеном является зазор в соединении, который должен быть в пределах 0,5...0,7 мм.

Принимаем за замыкающее звено зазор A_Σ . Составляем схему размерной цепи (см. рис. 1, б). В этом случае увеличивающим является звено A_3 , звенья A_1 и A_2 — уменьшающие. Определяем номинальный размер замыкающего звена:

$$A_\Sigma = \sum_{i=1}^m A_{y_i} - \sum_{j=1}^n A_{y_j} = A_3 - (A_2 + A_1) = 100,5 - (60 + 40) = 0,5.$$

Согласно условию задачи уточняем предельные значения и допуск замыкающего звена:

$$[A_{\Sigma_{max}}] = 0,7; [A_{\Sigma_{min}}] = 0,5; [T_\Sigma] = 0,2;$$

верхнее и нижнее отклонения

$$[\Delta s_\Sigma] = +0,2; [\Delta l_\Sigma] = 0$$

и среднее отклонение поля допуска

$$[\Delta c_\Sigma] = +0,1.$$

Предположим, что составляющие звенья имеют примерно одинаковую степень точности. В этом случае можно воспользоваться формулой для определения среднего числа единиц допуска составляющих размеров:

$$a_c = \frac{[T_\Sigma]}{\sum_{i=1}^{m+n} (0,45 \sqrt[3]{A_i} + 0,001 A_i)}$$

Тогда для составляющих размеров A_1 , A_2 и A_3

$$a_c = \frac{200}{1,86 + 1,56 + 2,17} \approx 36.$$

Сопоставим найденное значение с допуском данного качества. Предположим, что точность составляющих размеров должна соответствовать 8, 9-му качеству.

Воспользуемся методом подбора и назначим допуски на

соответствующие размеры A_1 и A_2 по 9-му качеству, а на размер A_3 — по 8-му, тогда $T_1 = 0,074$, $T_2 = 0,063$, $T_3 = 0,054$.

Проверим правильность назначения допусков:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m T_{y_{iB}} + \sum_{i=1}^n T_{y_{iM}} = 0,074 + 0,062 + 0,054 = 0,191 < [T_{\Sigma}].$$

Назначим одностороннее расположение полей допусков составляющих звеньев: $60h9$, $40h9$, $100,5 H8$. В таком случае

$$\Delta c = -0,037, \Delta c_2 = -0,031, \Delta c_3 = +0,027.$$

Среднее отклонение поля допуска замыкающего звена

$$\Delta c_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \Delta c_{y_{iB}} - \sum_{i=1}^n \Delta c_{y_{iM}} = +0,027 - (-0,037 - 0,031) = 0,095.$$

Верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена будут равны:

$$\Delta s_{\Sigma} = \Delta c_{\Sigma} + 1/2 T_{\Sigma} = 0,095 + 1/2 \times 0,191 = 0,191;$$

$$\Delta I_{\Sigma} = \Delta c_{\Sigma} - 1/2 T_{\Sigma} = 0,095 - 1/2 \times 0,191 = 0,$$

что весьма близко к заданным $[\Delta s_{\Sigma}]$ и $[\Delta I_{\Sigma}]$.

Вероятностный метод

Для данного случая допуск замыкающего звена рассчитывается с учетом нормального закона (закона Гаусса) распределения погрешностей. Допуск замыкающего звена определяется по формуле

$$T_{\Sigma} = t \sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} \lambda_i^2 T_i^2},$$

где t — коэффициент, зависящий от процента риска и равный:

При риске, %	32	10	5	3	2	1	0,5	0,1	0,01
t	1	1,65	1,96	2,17	2,32	2,57	2,81	3,29	3,89

λ_i^2 — коэффициент, уточняющий условия и масштаб производства; $\lambda_i^2 = 1/9$ для нормального закона распределения погрешностей применительно к условиям крупносерийного и массового производства; $\lambda_i^2 = 1/3$ — при неизвестном законе распределения погрешностей для условий мелкосерийного и индивидуального производства.

При разбивке допуска замыкающего звена способом равных допусков

$$T_c = \frac{[T_{\Sigma}]}{t \sqrt{\sum_{i=1}^{m+n} \lambda_i^2}}.$$

При использовании способа одной степени точности

$$T_{\Sigma} = a_{\Sigma} t \sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 (0,45 \sqrt[3]{A_{\text{н}}} + 0,001 A_{\text{н}})^2}.$$

Рассмотрим решение прямой задачи с использованием вероятностного метода на примере размерной цепи, приведенной на рис. 1.

Будем придерживаться того же требования — выдерживать зазор в пределах 0,5...0,7 мм.

Производим разбивку допуска замыкающего звена по способу одной степени точности, для чего определяем среднее число единиц допуска составляющих размеров, приняв процент риска равным 1:

$$a_{\Sigma} = \frac{[T_{\Sigma}]}{t \sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 (0,45 \sqrt[3]{A_{\text{н}}} + 0,001 A_{\text{н}})^2}} = \frac{200}{2,57 \sqrt{1/9(1,86^2 + 1,56^2 + 2,17^2)}} = 71.$$

Принимаем допуски составляющих звеньев по 10-му качеству, тогда

$$T_1 = 0,120; T_2 = 0,100; T_3 = 0,140.$$

Проверим правильность назначения допусков:

$$T_{\Sigma} = t \sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 T_i^2} = 2,57 \sqrt{1/9 \times (0,12^2 + 0,10^2 + 0,14^2)} = 0,180 < [T_{\Sigma}].$$

Назначим расположение полей допусков составляющих звеньев

60*h* 10, 40*h* 10, 100,5*j*_s 10, тогда $\Delta c_1 = -0,06$; $\Delta c_2 = -0,05$; $\Delta c_3 = 0$.

Среднее отклонение поля допуска замыкающего звена

$$\Delta c_{\Sigma} = \sum_1^m \Delta c_{\text{ув}} - \sum_1^n \Delta c_{\text{ум}} = 0 - (-0,06 - 0,05) = +0,11.$$

Верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена будут равны: $\Delta s_{\Sigma} = \Delta c_{\Sigma} + 1/2 T_{\Sigma} = 0,11 + 1/2 \times 0,18 = 0,20$; $\Delta l_{\Sigma} = \Delta c_{\Sigma} - 1/2 T_{\Sigma} = 0,11 - 1/2 \times 0,18 = 0,02$, что весьма близко к заданным $[\Delta s_{\Sigma}]$, $[\Delta l_{\Sigma}]$.

При расчете размерной цепи с использованием метода пригонки выбирается компенсирующее звено, устанавливаются экономически оправданные в данных условиях допуски размеров всех составляющих звеньев и координаты середин полей допусков. Затем определяются производственный допуск T_{Σ} и наибольшая возможная компенсация $\Delta = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}]$.

При расчете размерной цепи по методу регулирования вы-

бирается компенсирующее звено, которое конструктивно может быть оформлено в виде неподвижного или подвижного компенсатора, а затем определяется наибольшая возможная компенсация Δ .

Выбор технологических баз и оценка точности базирования

При выборе черновых технологических баз следует:

- необработанные поверхности в качестве баз использовать только на первых операциях;

- обработку детали начинать с той поверхности, которая на последующих операциях будет служить установочной базой;

- в качестве черновой базы выбирать те поверхности, которые имеют большие размеры, более высокий класс точности, наименьшую шероховатость, не имеют литейных прибылей, литников, линий разъема и других дефектов;

- у деталей, не подвергающихся полной обработке, за технологическую базу для первой операции принимать поверхности, которые вообще не обрабатываются;

- у деталей со всеми обрабатываемыми поверхностями в качестве поверхности, обрабатываемой на первой операции, принимать имеющую наименьшие припуски;

- предусматривать у заготовки специальные установочные бабышки или пластики, если отсутствуют для технологической базы на первой операции поверхности, удовлетворяющие вышеназванным требованиям.

При выборе чистовых технологических баз необходимо иметь в виду, что:

- наибольшая точность обработки достигается при использовании принципа постоянства баз, когда все операции обработки выполняются при одной и той же базе;

- при возможности следует соблюдать принцип совмещения баз, когда в качестве технологической используется конструкторская база. Часто совмещают исходную, установочную и измерительную технологические базы с конструкторской, однако возможны случаи, когда исходная база не совмещена с конструкторской, или установочную с исходной;

- при невозможности сохранения постоянства баз и переходе с одних баз на другие нужно учитывать, что такой переход связан с потерей точности и надо проводить ее анализ при изменении баз.

При совмещении баз (исходной, установочной и конструкторской) погрешность детали равняется погрешности обработки. В случаях несовмещения баз вносятся дополнительные погрешности.

При анализе точности при чередовании баз используются основные положения расчета размерных цепей и обычные геометрические зависимости.

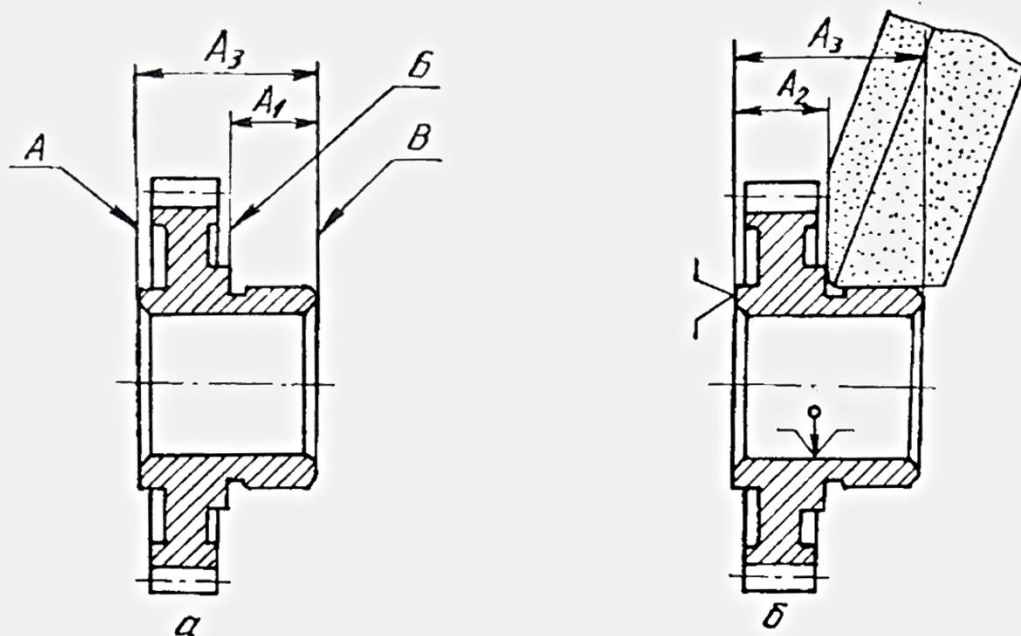


Рис. 2. Несовмещение исходной базы с конструкторской:
 а — базовые поверхности детали; б — схема обработки детали

Рассмотрим анализ точности при чередовании баз в наиболее часто встречающихся случаях.

1. Несовмещение исходной базы с конструкторской (рис. 2).

На чертеже детали положение поверхности *Б* задано размером A_1 от конструкторской базы *В* (рис. 2, а), на операционном эскизе положение поверхности *Б* задано размером A_2 от исходной базы *А* (рис. 2, б).

Во всех случаях, когда не совмещаются исходная и конструкторская базы, вводят технологический размер. В данном случае им является размер A_2 . При выполнении операции шлифования торца контролируется технологический размер A_2 , а в случае готовой детали — конструкторский размер A_1 .

Погрешность конструкторского размера A_1 является следствием несоблюдения размеров A_2 и A_3 , она может быть определена с помощью известных методов решения размерных цепей. Воспользуемся методом полной взаимозаменяемости:

$$T_{\Sigma} = \Sigma T_i,$$

где T_{Σ} — допуск замыкающего звена; T_i — допуск i -го составляющего звена размерной цепи.

Считая, что замыкающим звеном является размер A_1 , получим $T_1 = T_3 + T_2$.

Так как допуск на технологический размер равен разности допусков на размеры $\overline{A_1}$ и $\overline{A_3}$, технологический размер $\overline{A_2}$ имеет более жесткий допуск и иногда настолько значителен, что не может быть обеспечен при обработке. В этом случае необходимо менять схему обработки или искусственно ужесточать допуск размера.

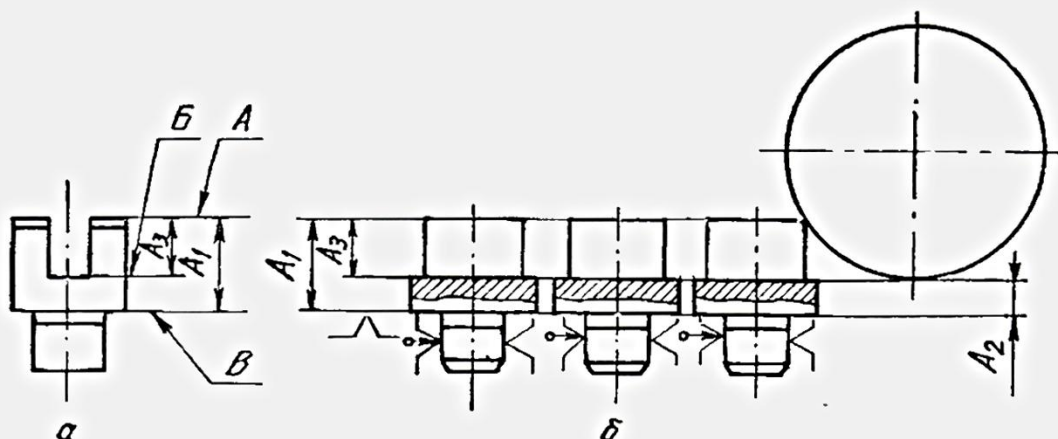


Рис. 3. Несовмещение установочной базы с исходной:
а — базовые поверхности детали; б — схема обработки детали

Зададим конкретные исходные данные для случая, приведенного на рис. 2: $A_3 = 60 - 0,12$; $A_1 = 32 - 0,2$.

Тогда допуск на технологический размер будет равен $T_2 = T_1 - T_3 = 0,2 - 0,12 = 0,08$ и технологический размер $A_2 = 28 + 0,08$.

2. Несовмещение установочной исходной базы (рис. 3). На чертеже детали положение обрабатываемой поверхности Б задано от исходной базы А (рис. 3, а). Исходная база совмещена с конструкторской. Схема обработки выбрана такой, что установочной базой является поверхность В. Обработка производится в многоместном приспособлении с постоянной установкой инструмента относительно установочной базы на размер A_2 (рис. 3, б). Положение исходной базы А колеблется относительно приспособления и определяется размером A_3 обрабатываемой детали.

Воспользуемся методом полной взаимозаменяемости для решения размерной цепи и получим:

$$T_2 = T_1 - T_3,$$

где T_1 , T_3 — допуски на размеры A_1 , A_3 ; T_2 — погрешность, возникающая при обработке размера A_1 (деформации станка, закрепление инструмента).

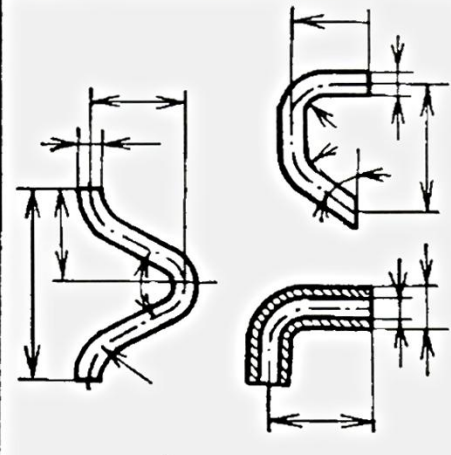
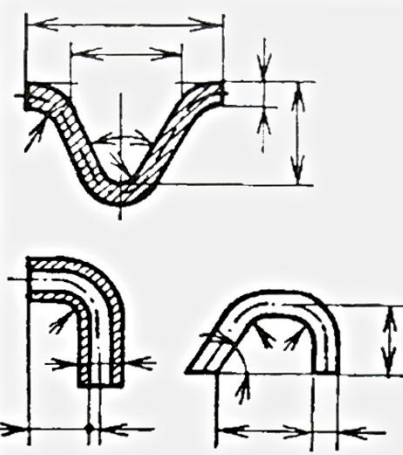
Из этой формулы видно, что несовмещение исходной и установочной баз можно допускать лишь в случаях, когда допуск на обрабатываемый размер T_1 больше погрешности от несовмещения баз T_3 .

Зададим исходные данные для случая на рис. 3, б: $A_3 = 28 - 0,1$; $A_1 = 18 - 0,16$. Здесь допускаемая погрешность на фрезерование паза по глубине не должна превышать: $T_2 = T_1 - T_3 = 0,16 - 0,1 = 0,06$.

В табл. 64 приведены примеры рациональной и нерациональной простановки размерных цепей для типовых деталей.

64. Типовые размерные цепи

Детали	Простановка размерных цепей	
	нерациональная	рациональная
Ступенчатые валы		
Крепежные детали из прутка		
Отливки и поковки, обрабатываемые точением		
С поперечными пазами		
С точными несквозными отверстиями		

Детали	Простановка размерных цепей	
	нерациональная	рациональная
Получаемые гибкой		

Глава IX

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

Конструкция любого механизма должна обеспечивать наименьшие затраты средств и времени при изготовлении в конкретных производственных условиях. Это возможно лишь при соблюдении ряда факторов, обуславливающих технологичность конструкции. Поэтому работа конструктора и технолога должна быть тесно увязана еще в процессе проектирования механизма и его отдельных узлов и деталей.

Технологичность всей конструкции зависит от технологичности деталей (литых, получаемых ковкой, сваркой, подвергающихся механической и термической обработке), сборки, размерных цепей, размеров и допусков. Кроме того, технологичность конструкции должна рассматриваться и в зависимости от имеющегося технологического оборудования и производственных возможностей. Рекомендуется выполнять поэлементную отработку конструкции на технологичность.

Технолог, проводящий проработку на технологичность конструкций, должен не только хорошо знать современную технологию, но и рассматривать конструкцию с учетом перспективы. При ее отработке на технологичность должны обязательно участвовать конструкторы и технологи различных специальностей. Данную операцию рекомендуется производить по видам работ (литье, штамповка, механическая обработка, термическая обработка и т. д.).

Отработка конструкций изделий на технологичность — слож-

ный процесс, поэтому от специалистов требуются знания и технологии, и конструкции.

Регламентированы следующие показатели технологичности конструкций:

базовые, устанавливаемые в техническом задании на проектируемое изделие;

достигнутые при разработке конструкций;

уровень технологичности (отношение достигнутых показателей к базовым).

Технологичность литых деталей

Для литых деталей выполняют поэлементный анализ конструкции в такой последовательности:

оценивают по сборочным чертежам правильность назначения литой детали и возможность замены всей сборочной единицы одной деталью;

определяют рациональность конфигурации детали и способ ее изготовления;

выбирают базовые поверхности отливки и увязывают с базовыми поверхностями механической обработки;

намечают способы питания и охлаждения узлов, а также упрочнения опасных мест введением усадочных ребер;

проверяют, не завышены ли требования к точности размеров и шероховатости поверхности.

Корпусные детали станочных приспособлений обычно имеют довольно сложную форму, металлоемки, и поэтому в большинстве случаев их получают методом литья из наиболее дешевых материалов — чугуна, реже — стали. Наилучшей сопротивляемостью истиранию обладает серый чугун с перлитовой структурой или структурой, близкой к ней, а самыми лучшими демпфирующими свойствами — чугун с ферритовой микроструктурой.

Толщина стенок. При конструировании литой детали стенки в любом ее месте должны быть одинаковой минимальной толщины, которая обычно определяется из условия хорошего заполнения форм жидким металлом. Места детали, от которых требуется наибольшая стойкость или жесткость, необходимо упрочнять ребрами.

В литых стенках при значительных нагрузках ребра, подвергающиеся растяжению, делают более толстыми, чем ребра, рассчитанные на сжатие, из-за плохой сопротивляемости чугуна растяжению. Следует учитывать, что жесткость отливки не только не возрастает пропорционально увеличению толщины стенок, но даже уменьшается, так как в местах с большим скоплением металла происходит замедленная кристаллизация и возникает явление ликвации. Для деталей из серого чугуна и углеродистых сталей, отливаемых в песочные формы, толщину стенок рекомендуется выбирать по табл. 65, из модифицированного чугуна — на 15...20 % больше, чем из серого

чугуна, из легированных сталей пониженной жидкотекучести — на 20...30 % больше, чем для однотипных деталей из углеродистых сталей.

Переходы и сопряжения. В литых корпусах в местах при-
мыкания ребер необходимо предусматривать плавные переходы,
а ребра смещать относительно друг друга, не допуская кон-
центрации больших масс металла.

Для получения высококачественных отливок следует избе-
гать нежелательных скоплений металла в местах пересечения
стенок, а радиусы закруглений выполнять в соответствии с
табл. 66. С этой целью при конструировании отливок отношение
толщины стенок при переходе от одного сечения к другому
следует принимать не более 4:1, а формы перехода — как в
табл. 67.

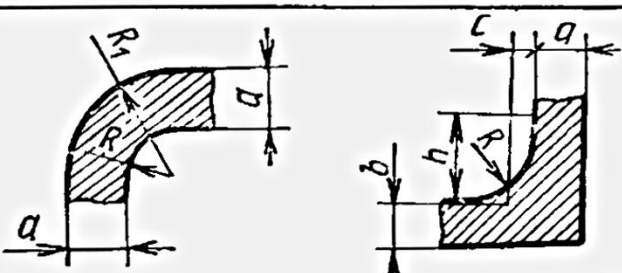
Радиус галтели принимают: для отливок из чугуна, алюми-
ниевых и магниевых сплавов $R = 0,3h$, из стали и медных спла-
вов $R = 0,4h$, равным 1, 2, 3, 5, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40 мм.

65. Толщины стенок литых деталей

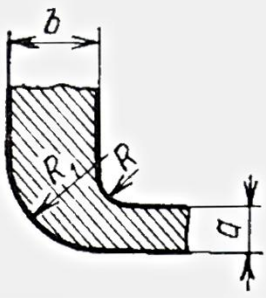
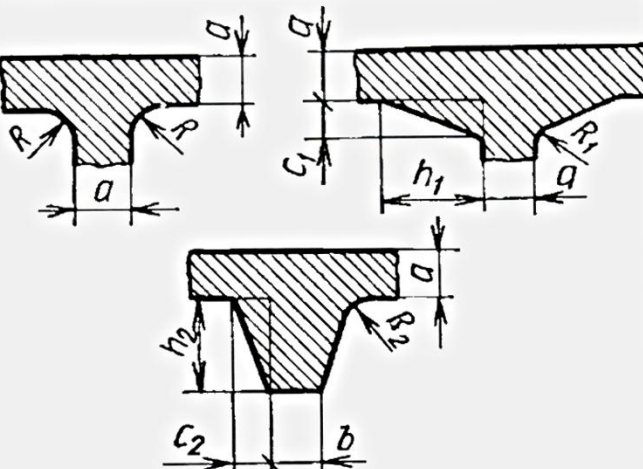
Приведенный габарит детали <i>N</i> , м	Детали из серого чугуна		Детали из углеродистой стали	
	Толщина стенки, мм			
	наружная	внутренняя	наружная	внутренняя
0,4	6	5	8	6
0,15	8	6	10	8
1,0	10	8	12	10
1,5	12	10	14	12
1,8	14	12	16	12
2,0	16	12	18	14
2,5	18	14	20	16
3,0	20	16	22	18

Примечание. $N = 1/3 (2l + b + h)$, где l , b , h — длина, ширина и вы-
сота детали, м.

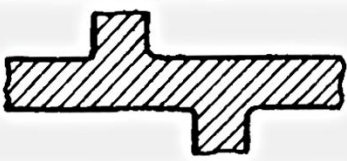
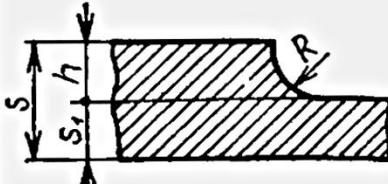
66. Радиусы закруглений в отливках в песчаные формы

Эскиз	Параметр	Наименьшие значе- ния параметра
	R R_1 c h	$a/2$ $a + R$ $2\sqrt{b - a}$ $8c$

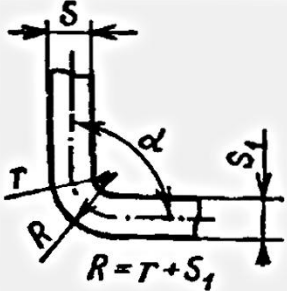
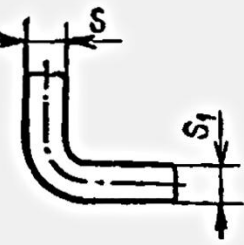
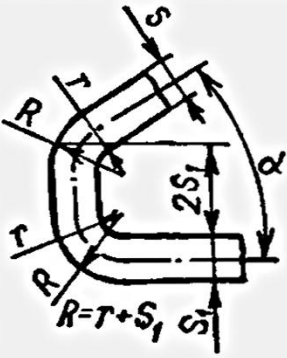
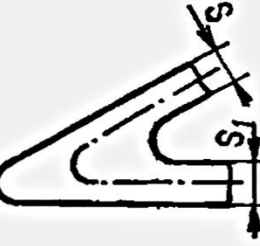
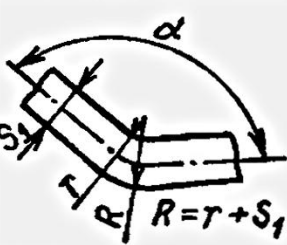
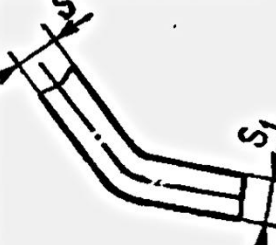
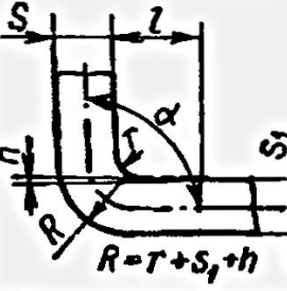
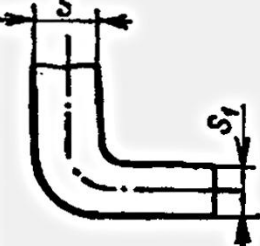
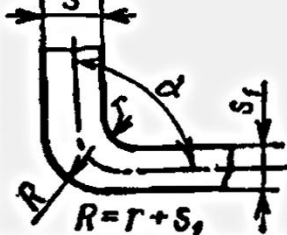
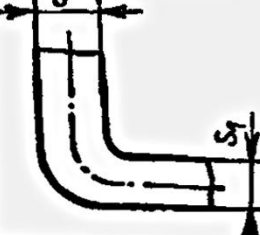
Продолжение табл. 66

Эскиз	Параметр	Наименьшие значения параметра
	R R_1	$1/4(a+b)$ $R + 1/2(a+b)$
	R R_1, R_2 c_1 h_1 c_2 h_2	$a/2$ $1/4(a+b)$ $2\sqrt{b-a}$ $\frac{8c}{\sqrt{b-a}}$ $1,5\sqrt{b-a}$ $12c$

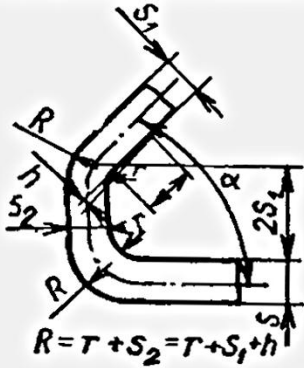
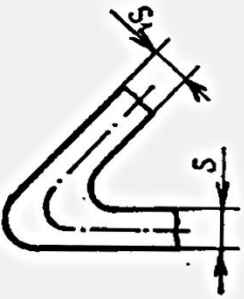
67. Формы угловых сопряжений литых деталей

Область применения	Рекомендуемое исполнение	Нерекомендуемое исполнение
Места пересечения стенок		
Места перехода одного сечения к другому $s/s_1 \leq 2$	$R = 0,3 h$ для чугуна $R = 0,4 h$ для стали 	

Продолжение табл. 67

Область применения	Рекомендуемое исполнение	Нерекомендуемое исполнение
$s = s_1$ $\alpha = 75 \dots 105^\circ$	 $R = t + s_1$	
$s = s_1$ $\alpha < 75^\circ$	 $R = t + s_1$	
$s = s_1$ $\alpha > 105^\circ$	 $R = t + s_1$	
$s > 1,25 s_1$ $\alpha = 75 \dots 105^\circ$	 $R = t + s_1 + h$	
$s = 1,25 s_1$ $\alpha = 75 \dots 105^\circ$	 $R = t + s_1$	

Продолжение табл. 67

Область применения	Рекомендуемое исполнение	Нерекомендуемое исполнение
$s > 1,25 s_1$ $\alpha < 75^\circ$	 $R = r + s_2 = r + s_1 + h$	

Переходы сечений при $s/s_1 > 2$ рекомендуется выполнять для деталей, не испытывающих ударных нагрузок. Детали, подвергающиеся воздействию ударных нагрузок, выполняют в виде клинового или ступенчатого сопряжения, причем длину участка перехода от одной толщины к другой принимают: $l \geq 4h$ или $(s - s_1)/l \leq 0,25$ для деталей из чугуна, $l \geq 5h$ или $(s - s_1)/l \leq 0,20$ — из стали.

Следует предельно уменьшать количество размеров радиусов галтелей и закруглений и принимать одно значение радиуса для всей детали.

Уклоны. При конструировании литой детали необходимо учитывать формовочные уклоны. Они обычно создаются в направлении выемки модели из формы, т. е. на поверхностях, перпендикулярных линиям разъема. Неучтенные формовочные уклоны могут не только исказить форму необрабатываемых поверхностей, но и явиться причиной ее брака.

Значения минимально допускаемых формовочных уклонов приведены в табл. 68. Обычно величины уклонов оговариваются в технических условиях на изготовление детали.

Плоскости разъема. При выборе плоскости разъема необходимо, чтобы:

наибольшая сторона детали при отливке располагалась горизонтально;

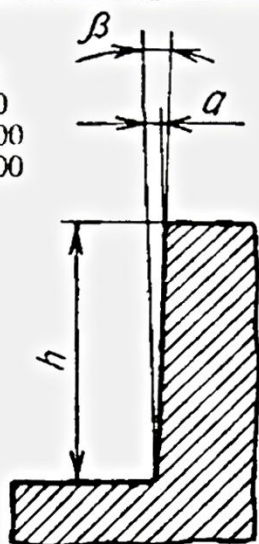
плоскость разъема была параллельна стенкам, на которых находятся выступающие наружу приливы и бобышки;

наименее ответственные поверхности детали при заливке были обращены кверху, где получается худшее качество металла.

Конфигурация литой детали должна быть такой, чтобы жидкий металл во время заливки полностью вытеснял воздух из всех полостей формы. В связи с этим небольшие поверхности нежелательно располагать горизонтально, так как в них образуются газовые раковины. Во избежание такого явления поверхности устанавливаются наклонно.

68. Минимально допускаемые формовочные уклоны

Высота h , мм	Отношение a/h	Угол β , град
До 25	1:10	6
Св. 25 до 50	1:12	5
» 50 » 100	1:15	4
» 100 » 200	1:20	3
» 200 » 500	1:30	2
» 500	1:50	1



Примечание. В ребрах жесткости уклоны могут быть увеличены до $5...8^\circ$, уклоны местных невысоких утолщений рекомендуется увеличивать до $30...50^\circ$.

Ребра жесткости должны иметь уклон $10...36^\circ$, а высота — быть не более $5a$. В местах сопряжения ребер между собой и со стенками отливки не должно быть утолщений металла. Ребра в основаниях делают толщиной в $3/4$ толщины стенок.

Часто на литой детали необходимы опорные пластики для крепления других деталей. При отливке эти пластики могут быть смещены, поэтому размеры их сторон следует делать на $3...5$ мм больше, чем опорные поверхности прикрепляемых деталей.

Нужно по возможности избегать выступающих частей на наружных и внутренних стенках литой детали. Однако в случае необходимости их целесообразно конструировать без отъемных частей на моделях и стержнях. Отсутствие теневых участков при воображаемом освещении детали параллельными лучами в направлении, перпендикулярном плоскости разъема формы, как указано на рис. 4, свидетельствует о правильности конструкции детали.

Вследствие того, что внутренние плоскости литых деталей получают с применением стержней, при конструировании детали надо предусматривать «окна» для крепления стержня в форме. Желательно все внутренние полости соединять в общую систему с помощью окон в промежуточных стенках.

Отверстия рекомендуется предусматривать в отливке, так как при последующем сверлении в местах утолщений вскрываются воздушно-газовые или усадочные раковины. Если необ-

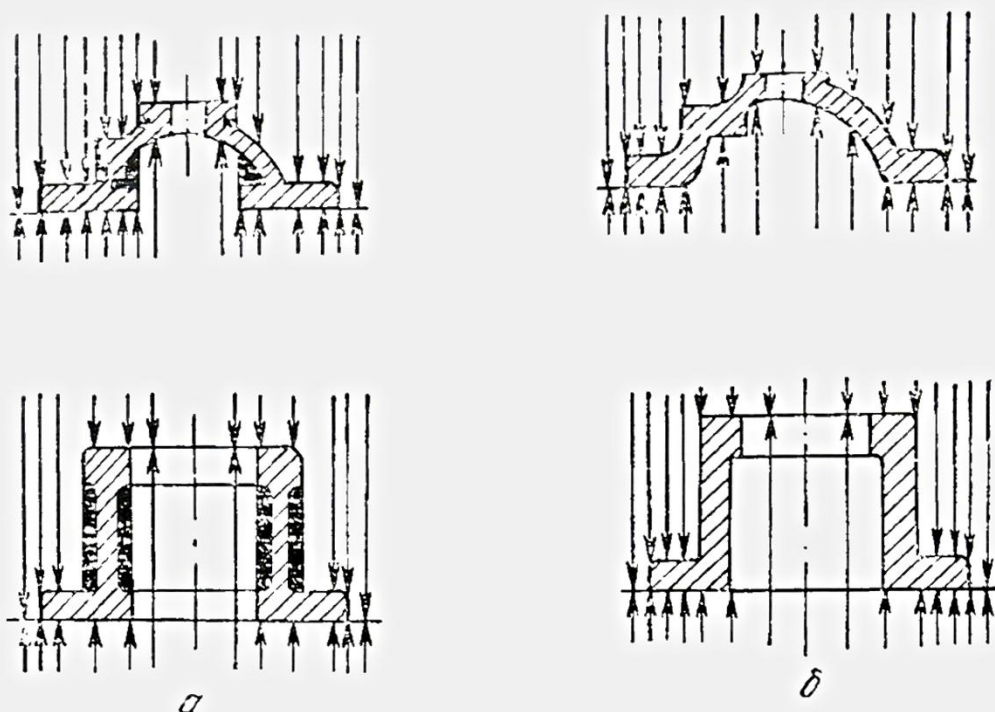


Рис. 4. Конструкции отливок:

а — неправильная, предусматривающая отъемные части модели и дополнительные стержни; б — правильная, без тепловых участков

ходимы отверстия с меньшей шероховатостью и точными размерами, то оставляют припуск на механическую обработку. Не рекомендуется получать при отливке глубокие отверстия, для которых $l > 3d$. Их следует выполнять с перемычкой, образуемой двумя стержнями с обеих сторон и удаляемой последующей механической обработкой. Минимальные диаметры отверстий, получаемых при литье в песчаные и оболочковые формы, — 8 мм, в кокиль — 5 мм, по выплавляемым моделям — 3 мм.

При высоких требованиях к направляющим лучше их предусматривать накладными, а не ужесточать требований к чугуно. Для изготовления трущихся деталей целесообразно применять разные по твердости материалы. Станины и каретки делают из более мягких материалов. Для направляющих рекомендуется задавать несимметричные допуски, учитывая направления действующих в машине нагрузок.

При конструировании литых деталей нужно четко различать обрабатываемые и необрабатываемые поверхности. Наиболее частой ошибкой начинающих конструкторов является плавное сопряжение этих поверхностей. Первые из них должны выполняться в виде платиков высотой 3...5 мм.

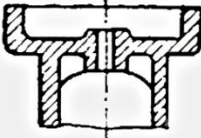
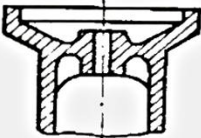
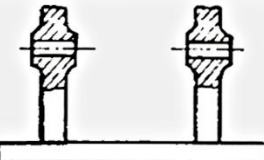
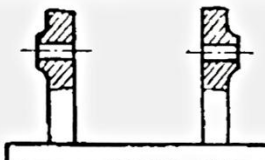
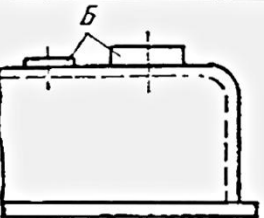
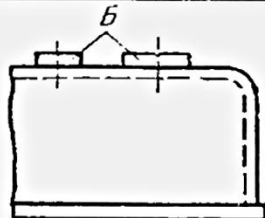
Рациональные конструкции литых деталей приведены в табл. 69, 70.

Технологичность деталей, получаемых ковкой

Большинство деталей станочных приспособлений получается свободной ковкой или ковкой в подкладных штампах.

Чертеж поковки разрабатывается обычно по чертежу детали. Однако он более прост, чем чертеж детали. В связи с этим для сокращения расхода металла и снижения трудоемкости механической обработки следует по возможности задавать детали конфигурацию и формы поверхностей, близкие к получаемым свободной ковкой.

69. Обеспечение технологичности литых деталей

Нерекомендуемое исполнение	Рекомендуемое исполнение	Основные требования к исполнению конструкции
		Внутренние полости открытые, без применения стержней
		Верхние горизонтальные поверхности наклонные
		Выступающие элементы объединены
		Бобышки на стенках расположены с одной стороны
		Обрабатываемые поверхности бобышек расположены на одном уровне

Деталь, изготовленная ковкой, должна иметь наиболее простые симметричные формы, очерченные плоскостями или цилиндрическими поверхностями, с плавными переходами от одного сечения к другому, без значительной разницы поперечных сечений.

Поверхности детали, не соприкасающиеся с поверхностями других деталей, следует оставлять необработанными.

При конструировании деталей, получаемых из горячештампованных заготовок, последним необходимо придавать форму, которая обеспечила бы возможность выемки из штампа. Это достигается приданием боковой поверхности уклона по отношению к вертикальному направлению удара. Вертикальные стенки требуют последующей механической обработки. Уклоны внутренних стенок должны быть больше наружных. Предпочтительны конструкции деталей с симметричными формами и уклонами выступающих стенок.

При штамповке в подкладных штампах следует обеспечивать одностороннее расположение ребер и бобышек и избегать резких переходов по сечению.

Материал поковки должен обладать высокой пластичностью.

Для кованых деталей нужно применять углеродистые стали марок от 08 до 45 и конструкционные легированные стали марок: 15Г2, 20Г, 35Г2, 15Х, 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 40ХН, 15ХФ, 18ХНВА, 25ХНВА, 40ХФА, 40ХНМ, ШХ15, 30Х, 30ХГСА, 30ХГСНА.

Технологичность деталей, получаемых сваркой

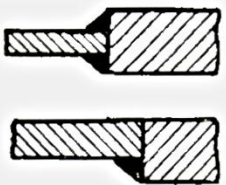
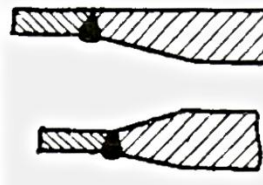
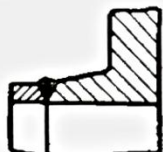
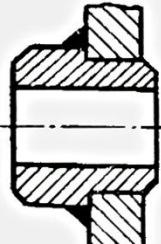
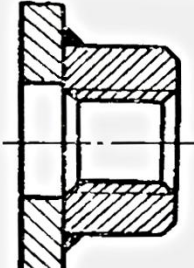
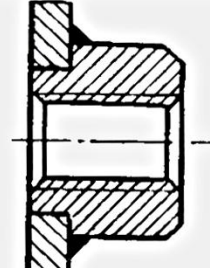
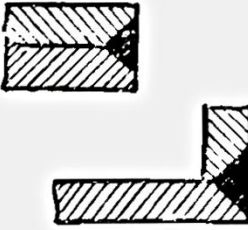
Применение сварки при изготовлении станочных приспособлений позволяет ускорить, а подчас и удешевить этот процесс. Перспективным является и сварно-литой способ получения конструкций.

Для изготовления деталей станочных приспособлений наиболее широко применяется ручная дуговая, контактная точечная

70. Технологичность деталей сварных конструкций

Нерекомендуемое исполнение	Рекомендуемое исполнение	Основные требования к исполнению конструкции
		Сварные швы должны быть вынесены из тесного пространства между перегородками
		Сварочные швы не должны совмещаться, для этого ребра для приварки расположены в шахматном порядке
		Должно быть исключено наложение сварочных швов, для чего разнесены перегородки

Продолжение табл. 70

Нерекомендуемое исполнение	Рекомендуемое исполнение	Основные требования к исполнению конструкции
		Свариваемым кромкам необходимо придать примерно одинаковое сечение для исключения сварки толстых деталей с тонкими
		Фланец должен быть приварен тонкостенным переходом для исключения резкого перехода от тонкостенной втулки к массивному диску
		Следует предусматривать фиксацию свариваемых деталей относительно друг друга без применения специальных приспособлений
		
		
		Должна быть исключена разделка кромок с целью сокращения трудоемкости изготовления конструкции

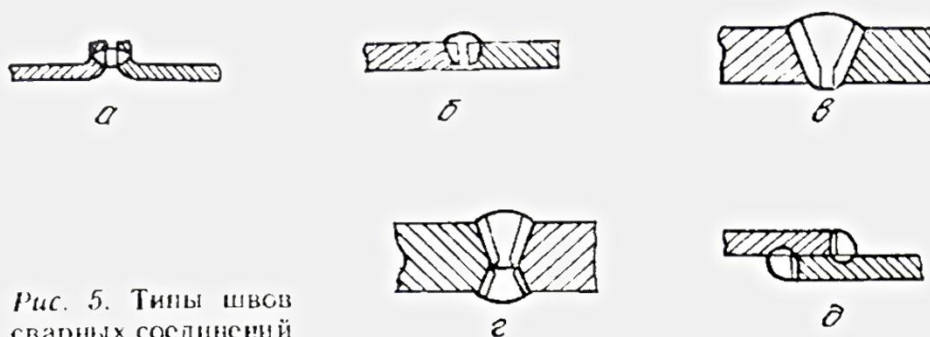


Рис. 5. Типы швов сварных соединений

и газовая сварка. Технологичность деталей, получаемых сваркой, достигается путем обеспечения высокого уровня свариваемости, которая зависит от совокупности свойств свариваемых металлов и особенностей сварки.

К сталям, обладающим хорошей свариваемостью, относятся: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, 08, 10, 15, 20, 25, 15Г, 20Г; удовлетворительной — Ст4, Ст5, 30, 30Г, 15Х, 20ХГС, 25ХГС, 20ХМ; ограниченной (определенным способом сварки с применением специальных флюсов и обмазок, подогрева) — Ст6, 35, 40, 40Г, 45, 35Г2, 20Х, 40Х, 30ХФ, 30ХМА, 30ХГС, 30ХН, 12ХН3; плохой — Ст7, 50, 65, 50Г, 65Г, 45Г2, 35ХМ, 35ХС, 38ХМЮА, 40ХН.

В зависимости от вида соединения и шва в свариваемых деталях должна быть выполнена предварительная разделка кромок.

Рекомендуемые конструкции сварных деталей приведены в табл. 70.

По форме сопряжения свариваемых элементов можно выделить следующие основные типы швов сварных соединений (рис. 5): стыковые, нахлесточные, угловые и тавровые.

Швы стыковой сварки с оплавлением газовым пламенем отбортованных кромок без присадочного материала делают при толщине свариваемого материала 1...3 мм (рис. 5, а), стыковые соединения без разделки кромок (рис. 5, б) 6 мм при ручной электросварке — при больших толщинах — с разделкой кромок (рис. 5, в). Этот вид или подварку с обратной стороны и двусторонней разделкой кромок (рис. 5, г) применяют для сварки труб, листового и прокатного материала, рам и других конструкций. В основном для таких соединений используют электросварку плавящимся электродом под слоем флюса.

Нахлесточные соединения (рис. 5, д) применяются для полос, листов, прокатных профилей в случаях, когда стыковые сварные соединения трудно выполнить. В основном здесь используется электросварка.

Существующие способы дуговой сварки без разделки кромок позволяют сваривать при односторонней ручной сварке металл толщиной до 4 мм. При большей толщине металла необходима разделка кромок.

Стандартный угол скоса кромок в зависимости от способа

сварки и типа соединения изменяется от $20^{\circ} \pm 5^{\circ}$ до $60^{\circ} \pm 5^{\circ}$. Тип и угол разделки кромок определяют количество дополнительного металла, необходимого для заполнения разделки шва. Так, Х-образная разделка кромок по сравнению с V-образной позволяет уменьшить объем наплавленного металла в 1,6...1,7 раза и сократить время на обработку кромок.

При сварке сталей средней и высокой прочности в околошовных зонах значительно меняются свойства металла, что приводит к изменению размеров сварных конструкций в процессе их дальнейшей обработки, хранения и эксплуатации.

Целями термической обработки являются: восстановление первоначальных свойств металла околошовных зон, сообщение свариваемому металлу и шву заданных свойств, уменьшение опасности образования трещин в околошовной зоне и остаточных напряжений.

Восстановление первоначальных свойств металла в околошовных зонах сборочных единиц достигается отжигом, нормализацией или закалкой с отпуском. Это особенно необходимо для деталей и сборочных единиц из легированных сталей типа 40Х, 40ХН и сталей 40, 45.

Преимуществами сварных деталей по сравнению с чугунами являются: меньший (до 2 раз и более) вес и применение станин разных форм (с точки зрения действующих нагрузок); более низкая трудоемкость механической обработки и возможность исправления дефектов конструкции.

Для уменьшения сварных деформаций в конструкциях с симметричным сечением следует применять симметричное расположение швов. Снизить влияние сварных деформаций можно общим повышением жесткости. Часто для уменьшения угловых сварочных швов применяют стенки с гнутыми полками. Конструкции с такими стенками, имеющие меньшее количество сварных швов, являются наиболее рациональными.

Толщину наружных стенок сварной станины или основания рекомендуется принимать равной $2/3$ толщины стенок литой станины. Для станин и оснований машин средних размеров толщина стенок должна быть равна 10...12 мм при не очень высоких требованиях к жесткости, для корпусов и оснований малых размеров, не несущих больших нагрузок, — 3...6 мм. С целью облегчения сборки сварных станин и оснований ширину внутренних перегородок и ребер следует предусматривать на 2 мм меньше расстояния между стенками станины, а высоту — менее на 1 мм, чем расстояние между верхним и нижним листами. Для удобства механической обработки необходимо, чтобы платки располагались на одной стенке на одинаковой высоте, с тем чтобы их можно было обрабатывать за проход на строгальном или фрезерном станке. Для того чтобы можно было на строгальных или фрезерных станках обработать платки, расположенные уступом, нужно обеспечить расстояние от платка до уступа не менее 120 мм.

Для улучшения пластических свойств сварных соединений

и уменьшения твердости металла в околошовных зонах производят высокий отпуск, температура которого зависит от марки свариваемой стали и составляет 650...700 °С. Отпуск при более низких температурах в меньшей степени снимает остаточные напряжения, но способствует их выравниванию. При невозможности отпуска всей конструкции в печи следует применять местный нагрев или подвергать естественному старению (конструкцию выдерживают на открытой площадке в течение 30 суток и более).

В некоторых случаях возможен местный отжиг сварных соединений нагревом газовыми горелками. Его осуществляют в приспособлениях, не допускающих коробления, сразу после сварки.

Пространственные конструкции, изготавливаемые из деталей толщиной не менее 15...20 мм и подвергаемые механической обработке с точностью до 11-го квалитета включительно, следует подвергать высокому отпуску.

При большом объеме сварки и малых толщинах свариваемых деталей, низкой точности механической обработки и в тех случаях, когда по условиям сборки и эксплуатации необходимо сохранение соосности, плоскостности, параллельности и взаимной перпендикулярности обрабатываемых поверхностей, целесообразен низкий отпуск.

Если сварные конструкции изготавливают из стали, содержащей не более 0,22 % углерода, и в дальнейшем не подвергают точной механической обработке, отпуск для снятия напряжений можно не производить.

При статических нагрузках и работе сварных соединений на растяжение или сжатие твердость металла в околошовных зонах может быть в пределах 36...39 HRC, без значительного ухудшения их эксплуатационных свойств. При статической нагрузке и работе сварных соединений на изгиб максимальное значение твердости не должно превышать 24...31 HRC, так как при многократных упругих деформациях изгиба околошовных зон при эксплуатации в них могут образоваться трещины. Сварные сборочные единицы, соединяемые сваркой, из стали типа 3, 08, 10, 20, 10Г2 при толщине элементов до 8 мм, работающие при динамической нагрузке короткое время, можно не подвергать отпуску после сварки, если твердость металла в околошовных зонах не превышает 27 HRC.

Технологичность деталей, подвергающихся термической обработке

В процессе термической обработки в материале детали происходят различные структурные превращения, которые приводят к возникновению внутренних напряжений и деформации. Иногда внутренние напряжения могут быть так велики, что являются причиной преждевременной поломки детали.

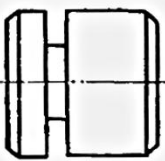
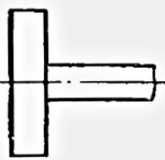
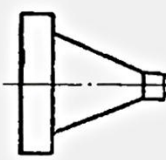
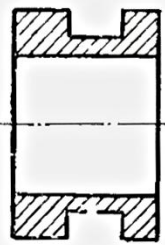
При выборе марки стали и назначении твердости следует

иметь в виду, что чем выше твердость, тем вероятнее появление трещин вследствие остаточных напряжений. Сложные детали, не допускающие значительных деформаций (шестерни, шлицевые валы), изготавливаются из сталей, обеспечивающих необходимые механические свойства при закалке в масле (40Х, 65Г). Должна также предусматриваться закалка в масле деталей сложной конфигурации с переменными сечениями, острыми углами, пазами, резкими переходами.

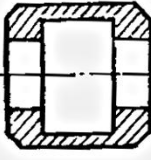
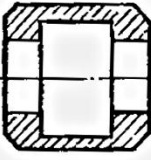
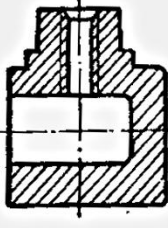
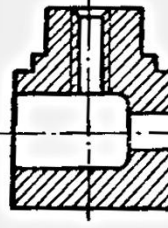
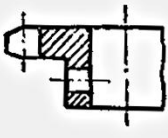
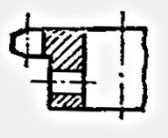
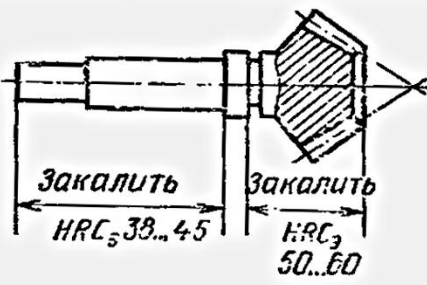
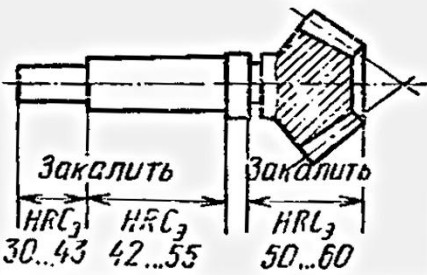
Для получения твердых износостойких поверхностей рекомендуется применять малоуглеродистые стали с последующей цементацией и закалкой; для ответственных деталей — стали 20Х и 18ХГМ, которые после цементации закаливаются в масле; для менее ответственных деталей — стали 20 с закалкой в воде после цементации.

В табл. 71 даны рекомендации по обеспечению технологичности деталей, подвергающихся термической обработке.

71. Обеспечение технологичности деталей, подвергающихся термической обработке

Нерекомендуемое исполнение	Рекомендуемое исполнение	Основные требования к исполнению
		Деталь не должна иметь резких изменений формы: вырезов, подрезов и т. п.
		Деталь не должна иметь острых углов, тонких концов и выступов
		Стенки полых деталей должны быть по возможности одинаковой толщины по всему сечению
		Сечение детали должно быть по возможности симметричным

Продолжение табл. 71

Нерекомендуемое исполнение	Рекомендуемое исполнение	Основные требования к исполнению
		Внутренние углы и резкие переходы деталей должны быть закруглены: у деталей, закаливаемых в масле, радиусом не менее 0,25 мм, в воде — не менее 0,5 мм
		Необходимо обеспечить возможность удаления пара, образующегося при закалке внутренних поверхностей деталей
		Отверстия на закаливаемой детали нужно размещать так, чтобы расстояние между центрами ближайших отверстий или от центра отверстий до края детали было не менее 2 диаметров отверстий
		Нельзя размещать отверстия в тонких выступах и стенках с переменным сечением
 		Для деталей, подвергаемых местной закалке, следует назначать только две зоны: 1) закаленную и отпущенную до определенной твердости; 2) незакаленную

Технологичность сборки

Для обеспечения технологичности сборки станочного приспособления в целом необходимо, чтобы:

- приспособление состояло из отдельных узлов;
- количество таких узлов не должно быть большим;
- узел не содержал большое количество сборочных элементов и деталей, так как это усложняет сборку;
- узлы не требовали даже частичной разборки при сборке всего приспособления;

предусматривались специальные элементы для транспортировки узлов и всего приспособления (рым-болт, отверстия, приливы и т. д.);

уменьшалось по возможности количество доделочных операций в процессе общей сборки;

зазор между вращающейся деталью и необработанной поверхностью литой или сварной детали в узлах был не менее 10...15 мм; между дном корпуса и вращающимся зубчатым колесом, червяком или любой другой вращающейся деталью — не менее 30...40 мм; между вращающейся обработанной и невращающейся обработанной поверхностью — не менее 3...5 мм; между обработанными торцами зубчатых колес — не менее 4...6 мм.

Требования, предъявляемые из-за сборки к конструктивному выполнению деталей, в полном объеме должны выявляться в каждом конкретном случае на основе анализа собираемости узлов и всего приспособления в целом.

В табл. 72 даны рекомендации по обеспечению технологичности деталей и узлов, связанных со сборкой.

Технологичность деталей, подвергающихся механической обработке

При конструировании деталей необходимо прежде всего знать, какими методами механической обработки и на каком оборудовании будет изготовлена деталь.

Процессы резания нужно использовать в случаях, когда другим способом невозможно получить необходимые по конструктивным условиям поверхности, а также когда они более экономичны или без их применения нельзя обеспечить требуемую точность изготовления поверхностей.

Технологичность конструкции детали, подвергающейся механической обработке, зависит от выбора заготовки материала, технологичности ее формы, базовых поверхностей заданной точности и шероховатости.

В большинстве случаев вязкие, пластичные материалы после механической обработки имеют повышенную шероховатость поверхности. При повышенной же твердости шероховатость меньше при некотором возрастании сопротивления резанию.

В связи с этим для деталей из углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,3 % (Ст2, Ст3, 08кп, 20) не рекомендуется назначать шероховатость меньше $R_a = 6,3$ мкм; среднеуглеродистые стали (35, 40, 45, 50) лучше всего обрабатывать при $HRC_s = 25...30$; высокоуглеродистые стали (У8, У10, У12) — в отожженном состоянии.

Технологичность формы детали оценивают с учетом особенностей выбранного метода обработки, конкретных условий и вида производства. Детали, обрабатываемые на протяжных станках, должны иметь равномерную жесткость по длине, а получаемые на станках токарной группы — максимальное число поверхностей вращения, что облегчает их полную обработку на одном станке, на токарных автоматах — минимальное число изменений диаметра сечения.

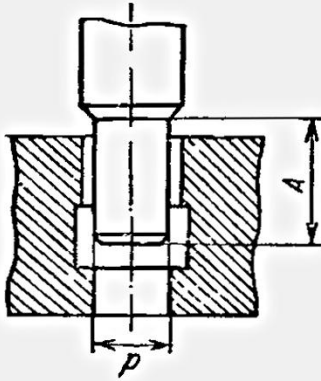
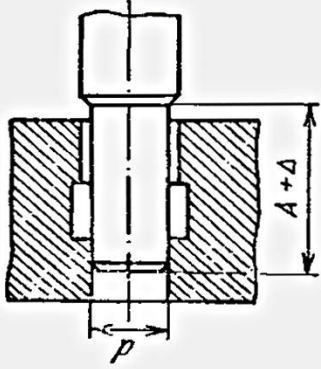
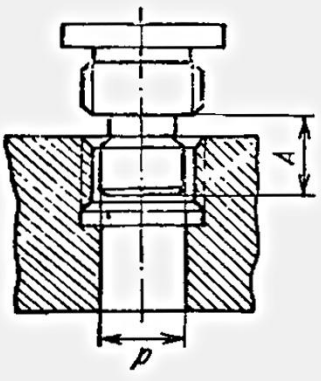
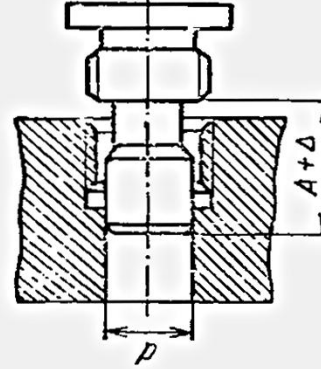
В табл. 73 даны рекомендации по обеспечению технологичности деталей, подвергающихся механической обработке.

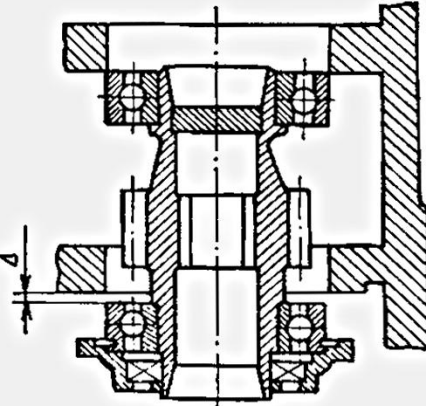
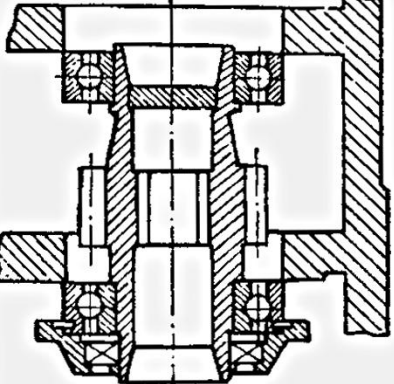
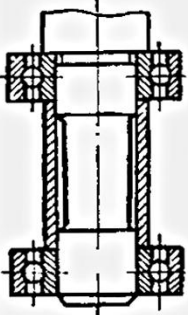
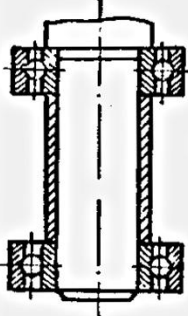
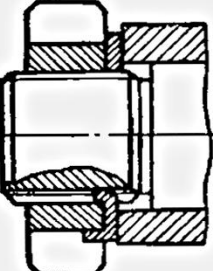
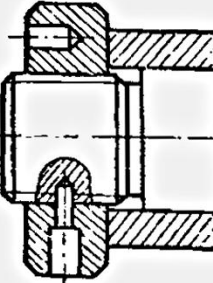
Кроме того, следует учесть ряд стандартов, регламентирующих исполнение отдельных элементов деталей: выход резьбы, сбег,isdорезы, проточки и фаски, канавки — для выхода долбяков, шлифовального круга при плоском и круглом шлифовании, внутренние конусы (гнезда), центровые отверстия, размеры под ключ, места под гаечные ключи, пазы Т-образные, заплечики вала и корпуса подшипников качения.

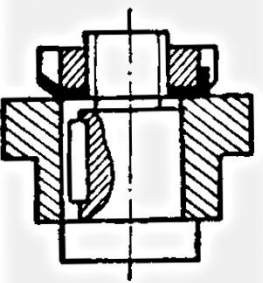
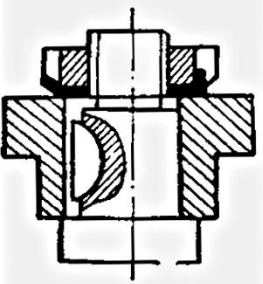
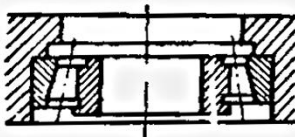
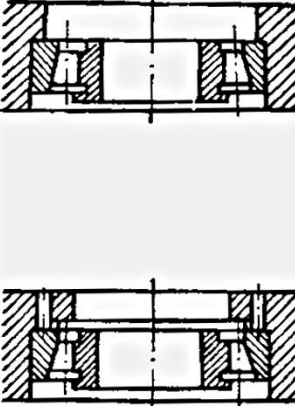
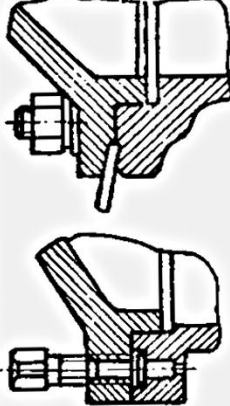
Нужно также использовать стандарты предприятия или имеющиеся в литературе рекомендации по конструированию таких элементов, как радиусы закруглений и фаски, входные фаски для деталей с неподвижными посадками; скруглений сопряженных валов и втулок; галтели вала и корпуса под шарико- и роликоподшипники; канавки для посадки подшипников качения, для выхода червячных фрез; отверстия под устанавливаемые винты; места под шестигранные головки болтов и шестигранные гайки, под шайбы плоские, пружинные, стопорные, под головки винтов и стопорные шайбы с зубьями, под винты с потайной и полупотайной головкой

72. Обеспечение технологичности деталей и узлов, подвергающихся сборке

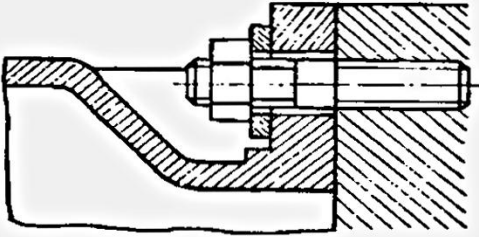
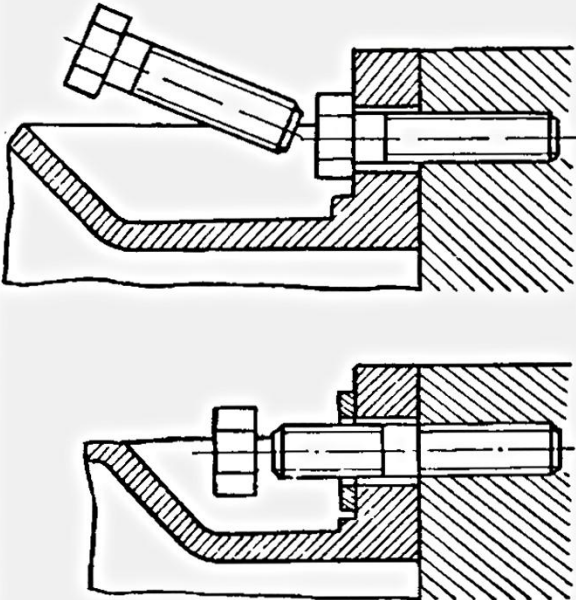
140

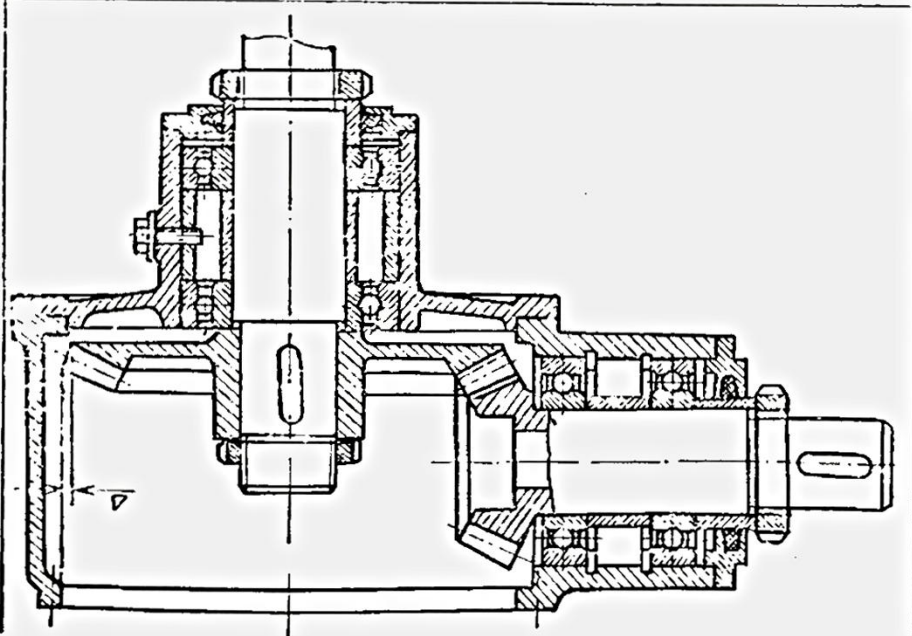
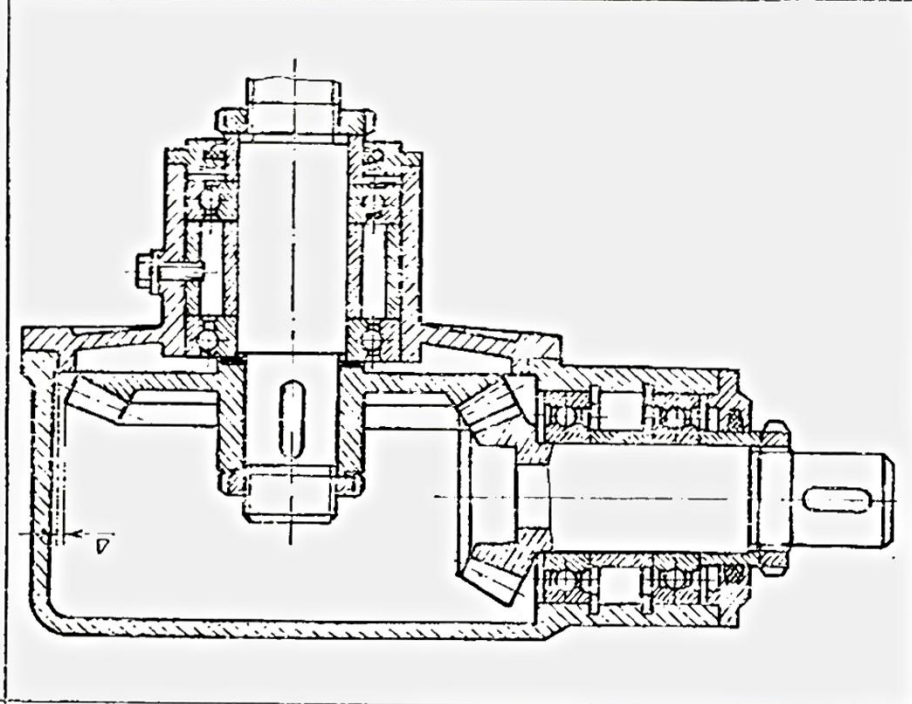
Нерекомендуемое исполнение	Рекомендуемое исполнение	Основные требования к исполнению
		Круглым деталям, сопрягаемым друг с другом, следует придавать такие линейные размеры, при которых начальный контакт каждой пары сопрягающихся поверхностей осуществлялся бы не одновременно, а последовательно
		При сборке отдельного узла в корпусе следует предусматривать последовательное сопряжение деталей его с корпусом

Основные требования к исполнению	Рекомендуемое исполнение	Нерациональное исполнение
		
Посадочные поверхности должны иметь наименьшие необходимые линейные размеры с целью минимального перемещения деталей по этим поверхностям в процессе сборки		
Стопорение гаек следует предусматривать без применения обработки стопорных отверстий после сборки		

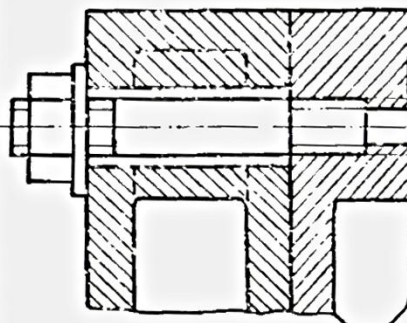
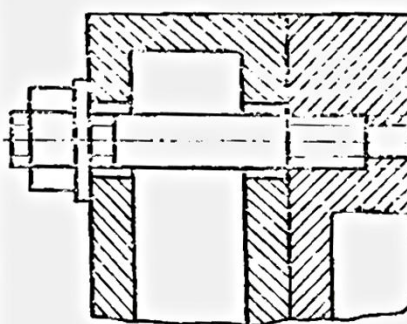
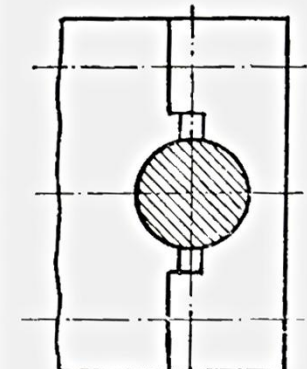
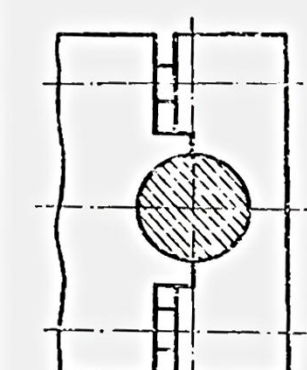
Нерекомендуемое исполнение	Рекомендуемое исполнение	Основные требования к исполнению
		Для удобства демонтажа целесообразно применять сегментные шпонки
		Необходимо предусмотреть способы удаления подшипника из корпуса
		Должны быть предусмотрены способы разборки соединений с плотной посадкой

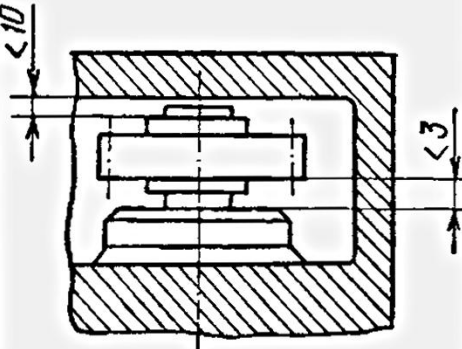
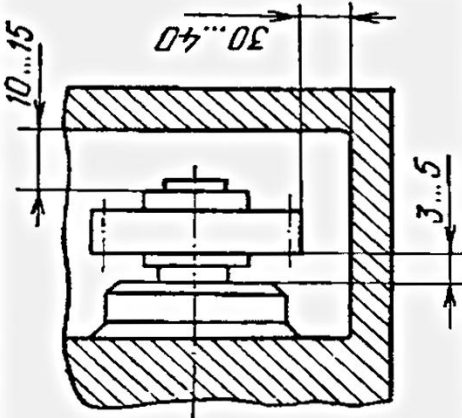
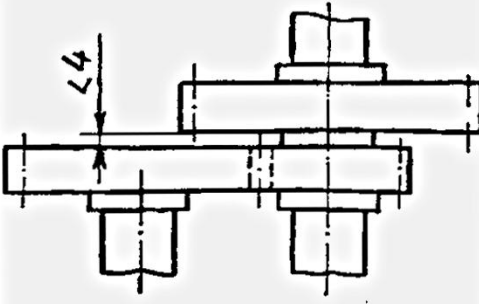
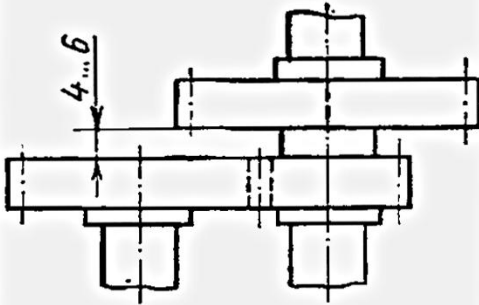
Продолжение табл. 72

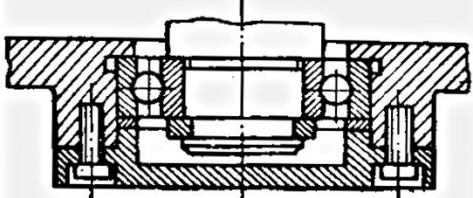
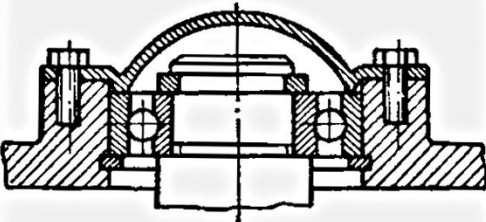
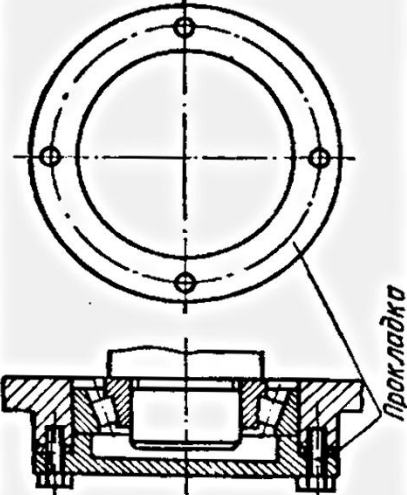
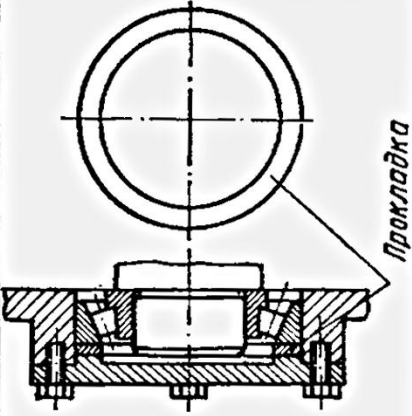
Нерекомендуемое исполнение	Рекомендуемое исполнение	Основные требования к исполнению
		Места расположения крепежных изделий должны быть доступны для сборочного инструмента

Нерекомендуемое исполнение	Рекомендуемое исполнение	Основные требования к исполнению
		Следует предусмотреть возможность сборки узла и приспособления без его разборки

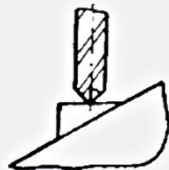
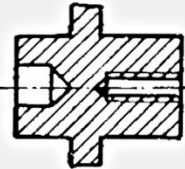
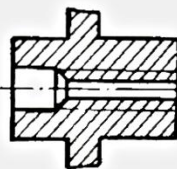
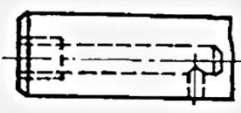
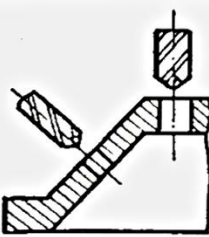
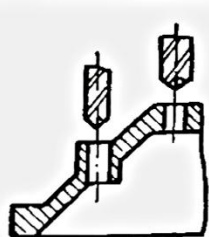
Продолжение табл. 72

Основное требование к исполнению	Рациональное исполнение	Предпочтительное исполнение
Крепление должно проходить через подкрепленную стенку с целью устранения деформации и обеспечения требуемого усилия затяжки		
Следует избегать деформации крышек при затяжке		

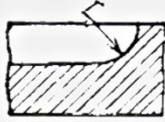
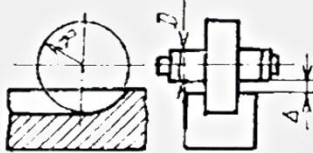
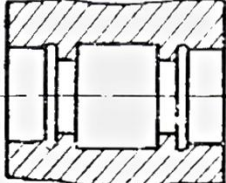
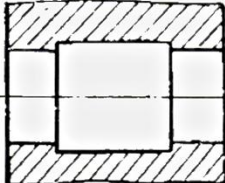
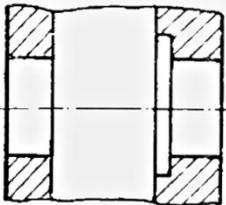
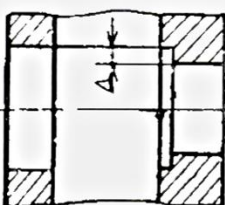
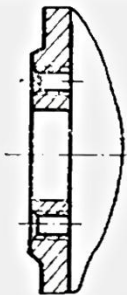
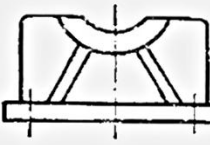
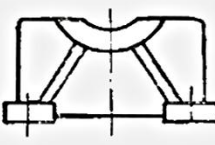
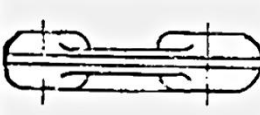
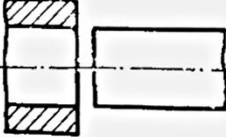
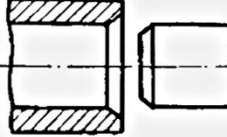
Нерескомандуемое исполнение	Рескомандуемое исполнение	Основные требования к исполнению
		Зазор между вращающейся деталью и необработанной поверхностью необходим не менее 10...15 мм, между вращающейся деталью и дном корпуса — не менее 30...40 мм, между вращающейся обработанной и невращающейся обработанной деталью — не менее 3...5 мм
		Зазор между обработанными торцами зубчатых колес должен быть не менее 4...6 мм

Нерекомендуемое исполнение	Рекомендуемое исполнение	Основные требования к исполнению
		Предпочтительно применение сквозных расточек для установки подшипников
		Регулировочные прокладки предпочтительно следует применять между крышкой и подшипником

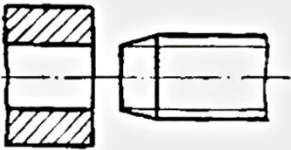
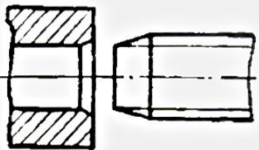
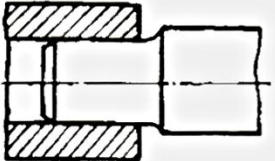
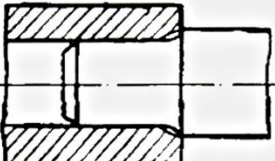
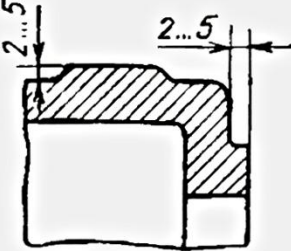
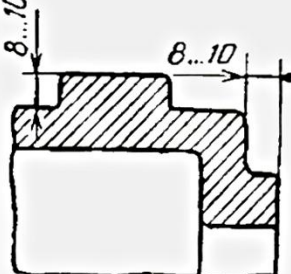
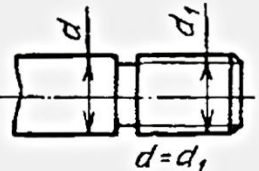
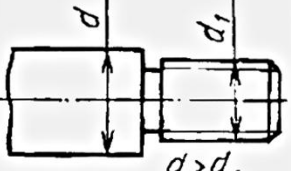
73. Обеспечение технологичности деталей, подвергающихся механической обработке

Нерекомендуемое исполнение	Рекомендуемое исполнение	Основные требования к исполнению
		Поверхность детали, с которой соприкасается сверло в начале сверления, должна располагаться перпендикулярно сверлу во избежание его поломки
		Поверхность детали на выходе сверла должна быть перпендикулярной оси сверла во избежание его поломки
		Все отверстия (гладкие и резьбовые) желательно выполнять сквозными. Следует избегать глухих отверстий, особенно с обеих сторон детали
		Необходимо устранять глубокие отверстия, длина которых превышает 10 диаметров сверла
		Все резьбовые отверстия должны иметь со стороны входа метчика фаску, которая облегчает центрирование метчика и придает началу витка резьбы прочность
		Оси отверстий следует располагать перпендикулярно к базовой поверхности детали для обеспечения возможности обработки ее на сверлильных станках

Продолжение табл. 73

Нерекомендуемое исполнение	Рекомендуемое исполнение	Основные требования к исполнению
		При обработке пазов нужно обеспечивать зазор между деталью и фрезерной оправкой
		Точные и соосные отверстия должны обрабатываться за проход с одной установки
		Обрабатываемые торцевые поверхности необходимо предусматривать такого диаметра, который допускает возможность обработки осевой подачей
		Крышки должны крепиться к наружной поверхности корпуса с целью ликвидации выточек
		Следует уменьшить площадь обработки сопрягаемых деталей
		Нужно предусматривать расположение обрабатываемых поверхностей на одном уровне с целью выполнения операции за один проход
		Необходима фаска для направления в начальный момент сборки

Продолжение табл. 73

Нерекомендуемое исполнение	Рекомендуемое исполнение	Основные требования к исполнению
		Необходима фаска для направления резбонарезного инструмента, устранения заусенцев и выпучивания металла на торец
		Необходима фаска для направления в начальный момент сборки и обеспечения сборки с натягом
		С целью предотвращения срезания платиков при обработке рекомендуется применять платики высотой не менее 8...10 мм без учета припуска на обработку
		Диаметр резьбы следует выбирать меньше диаметра, следующего за резьбой шейки вала, с целью устранения возможной порчи резьбы при посадке детали с натягом
		Внутренние выточки нежелательны, отверстия должны быть сквозными

РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ НА ТОЧНОСТЬ

При расчете приспособлений на точность суммарная погрешность $\sum \varepsilon$ при обработке детали не должна превышать величину допуска T размера $\sum \varepsilon \leq T$.

Суммарная погрешность $\sum \varepsilon$ зависит от ряда факторов и в общем случае может быть представлена выражением

$$\sum \varepsilon = \varepsilon_{yc} + \varepsilon_{обр} + \varepsilon_{пр},$$

где ε_{yc} — погрешность установки детали в приспособлении; $\varepsilon_{обр}$ — погрешность обработки детали; $\varepsilon_{пр}$ — расчетная погрешность приспособления.

Погрешность установки представляет собой отклонение фактического положения закрепленной детали в приспособлении от требуемого теоретического. Погрешность установки ε_{yc} включает погрешности: базирования ε_6 , закрепления ε_3 и положения детали в приспособлении ε_n :

$$\varepsilon_{yc} = \varepsilon_6 + \varepsilon_3 + \varepsilon_n.$$

Погрешность положения ε_n детали в приспособлении состоит из погрешностей: изготовления приспособления по выбранному параметру $\varepsilon'_{пр}$, установки приспособления на станке ε_y и положения детали из-за износа элементов приспособления ε_n :

$$\varepsilon_n = \varepsilon'_{пр} + \varepsilon_y + \varepsilon_n.$$

При наличии в приспособлении элементов для направления режущего инструмента (кондукторные втулки) следует учитывать погрешность от перекоса инструмента $\varepsilon_{ин}$.

В результате для расчета точности приспособления $\varepsilon_{пр}$ можно использовать упрощенную формулу

$$\varepsilon_{пр} \leq T - K_T \sqrt{(k_{T1} \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{ин}^2 + (k_{T2} \omega)^2},$$

где T — допуск выполняемого размера; $\varepsilon_6, \varepsilon_3, \varepsilon_y, \varepsilon_{ин}, k$ — соответственно погрешности: базирования, закрепления установки приспособления на станке, положения детали из-за износа установочных элементов приспособления и от перекоса (смещения) инструмента; ω — экономическая точность обработки, $k_T = 1 \dots 1,2$ — коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения; $k_{T1} = 0,8 \dots 0,85$ — коэффициент, учитывающий умень-

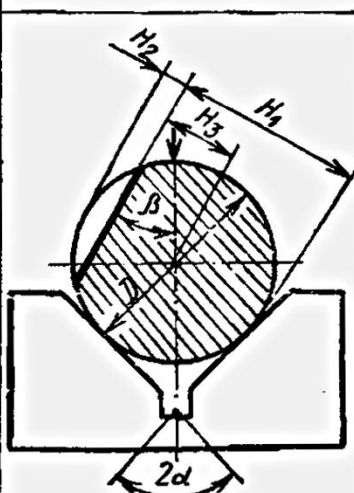
шение предельного значения погрешности базирования при работе на настроенных станках; $k_{r2} = 0,6 \dots 0,8$ — коэффициент, учитывающий долю погрешности обработки в суммарной погрешности, вызываемой факторами, не зависящими от приспособления.

На основе полученного значения ϵ_{np} производится расчет размерной цепи приспособления. За замыкающее ее звено принимается погрешность по принятому параметру T_ϵ .

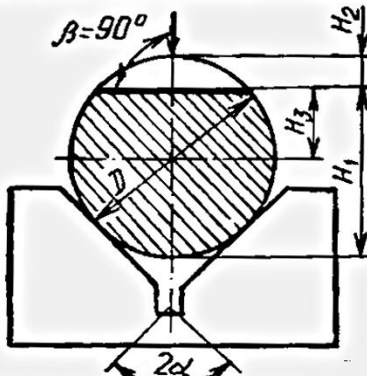
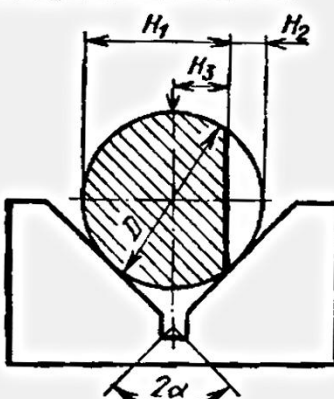
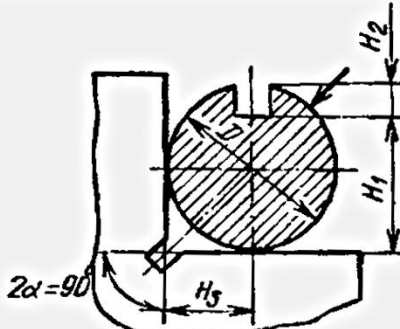
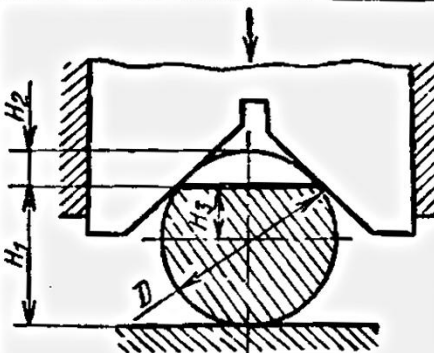
Погрешность базирования ϵ_b представляет собой отклонение фактического положения установленной в приспособлении детали от требуемого теоретического и определяется как предельный допуск рассеяния расстояний между измерительной и технологической базами в направлении выполняемого размера. Данная погрешность устанавливается геометрическим расчетом или с помощью анализа размерных цепей. Возникает погрешность базирования при несовмещении установочной (технологической) и измерительной баз, при совпадении этих баз данная погрешность равна нулю. Для уменьшения погрешности базирования следует совмещать измерительные и установочные базы, выбирать рациональные размеры и расположение установочных элементов, уменьшать зазоры при посадке детали на установочные элементы. Формулы для расчета погрешностей базирования для типовых случаев приведены в табл. 74.

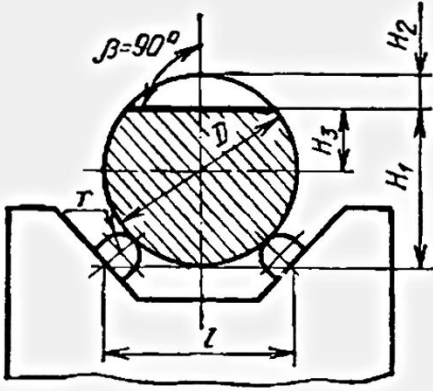
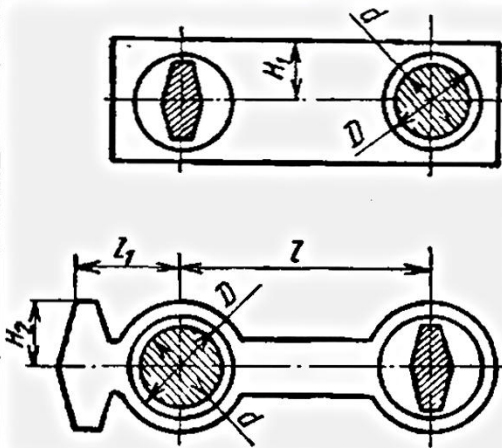
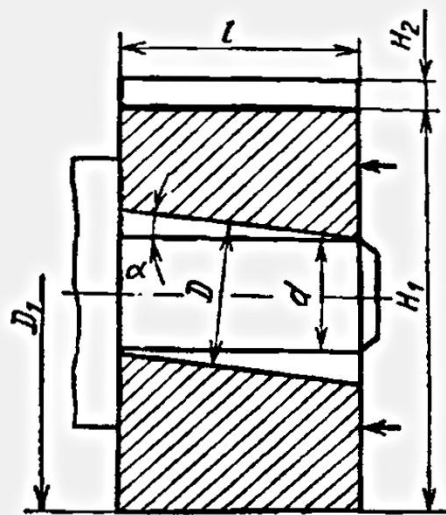
Погрешность закрепления ϵ_z состоит в изменении положения детали в результате приложения к ней усилия закрепления и определяется как разность между наибольшей и наименьшей проекциями смещения измерительной базы в направлении выполняемого размера. В большинстве случаев при выявлении погрешности закрепления учитываются контактные переме-

74. Расчетные формулы погрешности базирования

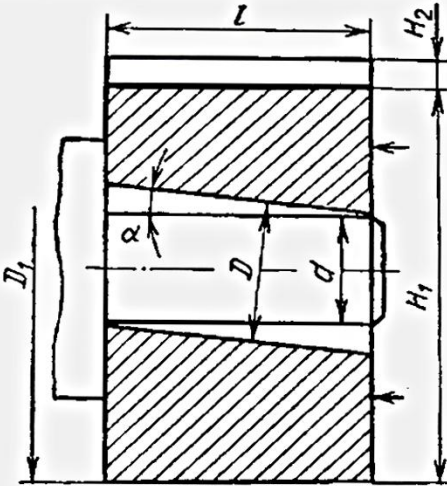
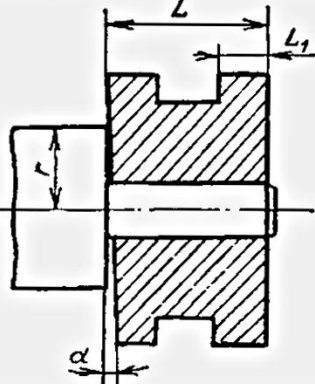
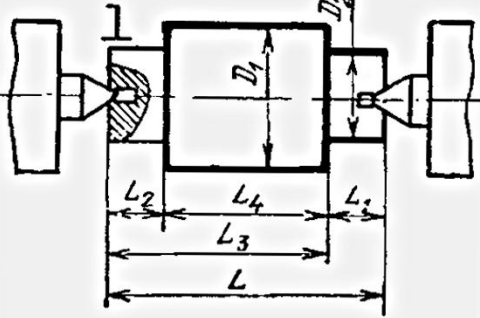
Базирование	Схема базирования	Обра- баты- ваем- ый размер	Погрешность базирования
По наружной цилиндрической поверхности в призму с углом 2α при обработке поверхности под углом β к оси симметрии призмы		H_1	$0,5 T_D (\sin \beta / \sin \alpha - 1)$ при $\beta = \alpha \dots 90^\circ$
			$0,5 T_D (1 - \sin \beta / \sin \alpha)$ при $\beta = 0 \dots \alpha$
		H_2	$0,5 T_D (\sin \beta / \sin \alpha + 1)$
		H_3	$0,5 T_D (1 / \sin \alpha - 1)$

Продолжение табл. 74

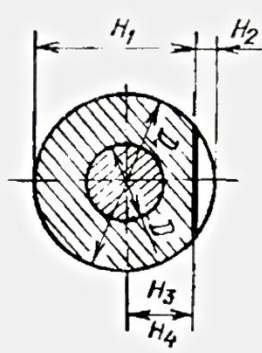
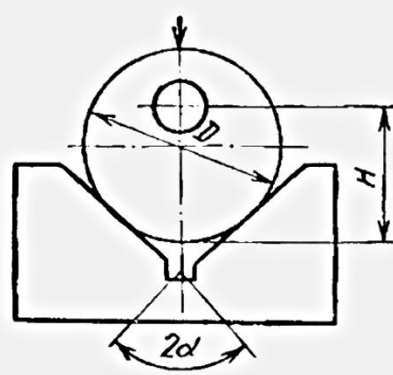
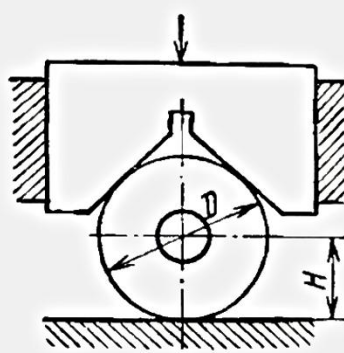
Базирование	Схема базирования	Обра- баты- вас- мый размер	Погрешность базирования
То же, при $\beta = 90^\circ$		H_1	$0,5 T_D (1/\sin \alpha - 1)$
		H_2	$0,5 T_D (1/\sin \alpha + 1)$
		H_3	$0,5 T_D / \sin \alpha$
То же, при $\beta = 0$		H_1	$0,5 T_D$
		H_2	$0,5 T_D$
		H_3	0
По наружной цилиндрической поверхности в призму с прямым углом		H_1	0
		H_2	T_D
		H_3	$0,5 T_D$
По наружной цилиндрической поверхности на установочную плоскую поверхность с закреплением призмой		H_1	0
		H_2	T_D
		H_3	$0,5 T_D$

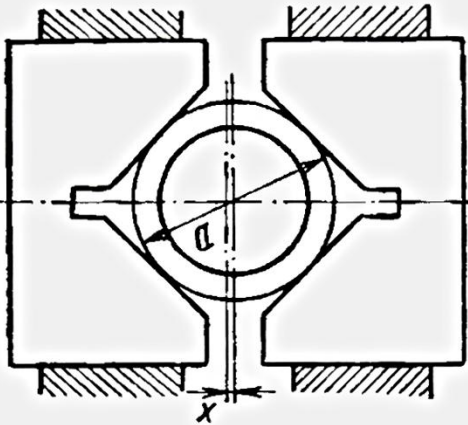
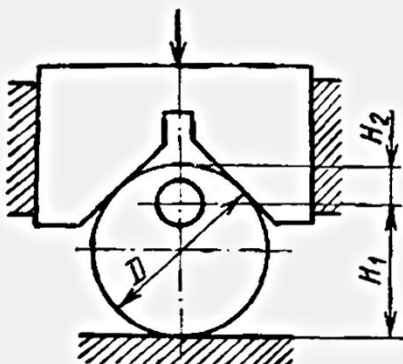
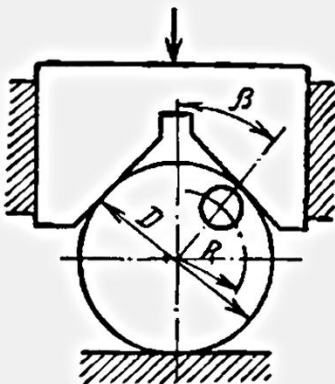
Базирование	Схема базирования	Обра- баты- ваемый размер	Погрешность базирования
По наруж- ной цилинд- рической поверхности в призму со сферически- ми опорами при обработ- ке плоской поверхности или паза под углом		H_1	$H_3 - 0,5 T_D$
		H_2	$H_3 + 0,5 T_D$
		H_3	$\frac{\sqrt{(r + 0,5 D_{min} + \pm 0,5 l_D)^2 - 0,5 l^2} - \sqrt{(r + \pm 0,5 D_{min})^2 - 0,25 l^2}}{2}$
По двум ци- линдриче- ским отвер- стиям на жесткий ци- линдриче- ский и сре- занный палец при обработке верхней плоскости поверхности		H_1	$\Delta + T_D + T_d$
		H_2	$(\Delta + T_D + T_d) \cdot (L_1 + l) / l$
По внутрен- ней цилинд- рической поверхности на жесткий цилиндриче- ский палец с гаранти- рованным зазором при обработке плоской по- верхности с учетом, что опорный то- рец заготов- ки не пер- пендикуля- рен оси ба- зы		H_1	$0,5 T_D + 2l + T_D + T_d + \Delta - 2l \operatorname{tg} \alpha$
		H_2	

Продолжение табл. 74

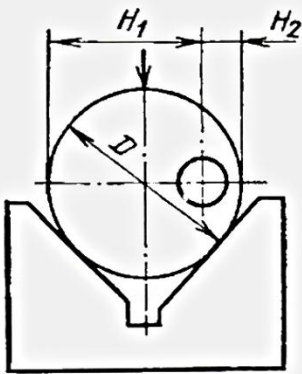
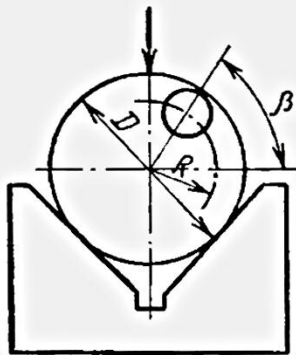
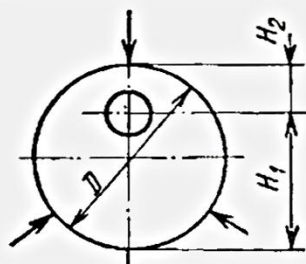
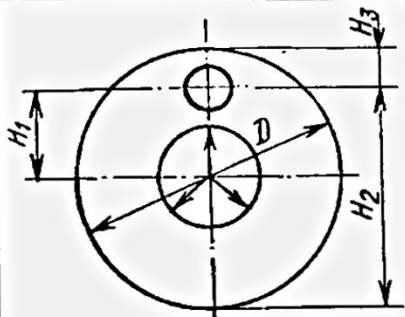
Базирова- ние	Схема базирования	Обрабаты- ваемый размер	Погреш- ность ба- зирования
То же, но с односторон- ним прижа- тием заго- товки		H_1, H_2	$0,5 T_{D_1} +$ $+ 2l +$ $+ 0,5 T_D +$ $+ 0,5 T_d +$ $+ l \operatorname{tg} \alpha$
То же, по с учетом, что опор- ный торец заготовки не перпен- дикулярен оси базы		L_1	$T_{L_1} +$ $+ 2r \operatorname{tg} \alpha$
По цен- тровым гнездам на центры (передний центр жесткий) при обра- ботке двух торцов подрезны- ми резца- ми, настро- енными на размер		L_1	$T_{L_1} + \Delta_n$
		L_2, L_3	Δ_n
		$D_1, D_2,$ L_1	0

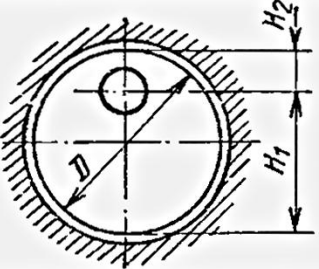
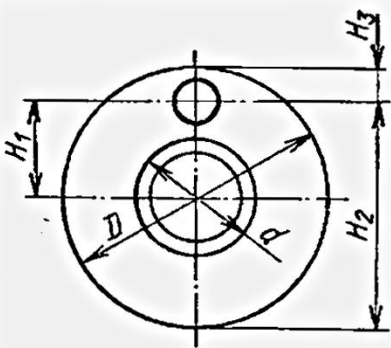
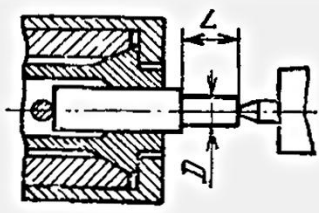
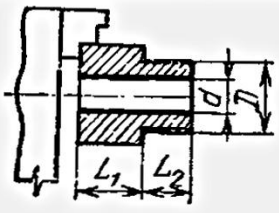
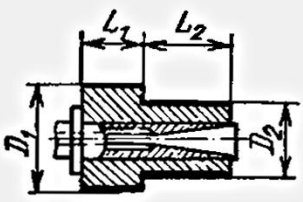
Продолжение табл. 74

Базирование	Схема базирования	Обра- баты- вас- мый размер	Погрешность базирования
По внутрен- ней цилиндрической по- верхности на жесткий ци- линдрический палец с га- рантирован- ным натягом или на раз- жимную оп- равку при об- работке плос- кой поверх- ности		H_1, H_2	$0,5 T_{D_1} + 2e$
		H_3 от оси D_1	$2e$
		H_4 от оси D	0
По наружной цилиндриче- ской поверх- ности в при- зму с углом 2α при обработ- ке отверстий по кондукто- ру		H	$0,5 T_D$ $(1/\sin \alpha - 1)$ при $H > 0,5 D$
			$0,5 T_D / \sin \alpha$ при $H = 0,5 D$
			$0,5 T_D$ $(1/\sin \alpha + 1)$ при $H < 0,5 D$
По наружной цилиндриче- ской поверх- ности на уста- новочную пло- скость с за- креплением призмы при обработке от- верстий по кондуктору		H	$0,5 T_D$

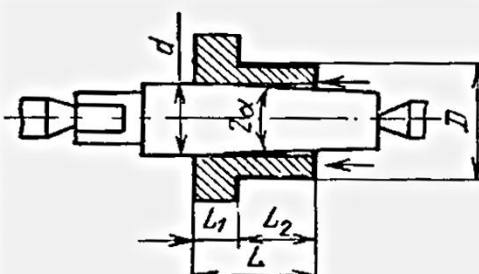
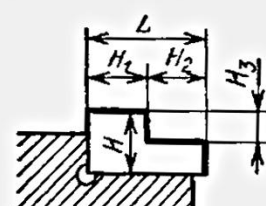
Базирование	Схема базирования	Обра- баты- ваем- ый размер	Погрешность базирования
По наружной цилиндриче- ской поверх- ности в само- центрирую- щие призмы при обработ- ке отверстия		x	0
По плоскости с центрирова- нием подвиж- ной призмой при обработке отверстия, рас- положенного на оси подвиж- ной призмы		H_1	0
		H_2	T_D
То же, при об- работке отвер- стия, смещен- ного с оси под- вижной призмы		β	$\frac{\arctg T_D \sin \beta}{2R}$
		R	$0,5 T_D \cos \beta$

Продолжение табл. 74

Базирование	Схема базирования	Обра-баты-ваем-ый размер	Погрешность базирования
В призме при обработке отверстия: расположенного перпендикулярно оси призмы и зажима		H	$0,5 T_D$
расположенного между осью призмы и зажима		β	$\arctg \frac{0,5 T_D \sin \beta}{R \cdot \sin \alpha}$
		R	$\frac{0,5 T_D \cos \beta}{\sin \alpha}$
При обработке отверстия с базированием: по наружному диаметру в самоцентрирующем устройстве		H	$0,5 T_D$
по внутреннему диаметру в самоцентрирующем устройстве		H_1	0
		H_2	$0,5 T_D$

Базирование	Схема базирования	Обра- баты- вас- мый размер	Погрешность базирования
по наруж- ному диа- метру во втулке		H	T_D
по внут- реннему диаметру на пальце		H_1	T_D
		H_2	$T_d + 0,5 T_D$
По внешней по- верхности в за- жимной цапге по упору		D, L	0
В кулачковом самоцентрирую- щем патроне с упором в торце		$D, d,$ L_1, L_2	0
На разжимной или жесткой оп- равке с натя- гом при обра- ботке цилиндри- ческой поверх- ности		$D_1, D_2,$ L_1, L_2	0

Продолжение табл. 74

Базирование	Схема базирования	Обрабатываемый размер	Погрешность базирования
На конусной оправке при обработке цилиндрической поверхности		D_1	$0,5 T_d$
		L_1	$0,5 T_d / \operatorname{tg} \alpha$
		L_2	$0,5 T_d / \operatorname{tg} \alpha + T_L$
По плоскости при обработке уступа		H_1	0
		H_2	T_L
		H_3	T_H

Примечание. Буквы в таблице обозначают: T_D , T_{D1} , T_d — допуски по диаметру; T_L , T_H — допуски на линейные размеры; e — эксцентриситет между базой и обработанной поверхностью; Δ — минимальный диаметральный зазор между базой и жесткими цилиндрическими пальцами; γ — угол, характеризующий отклонение от перпендикулярности торца к оси базы детали; $\Delta_{ц}$ — просадка центров.

Значения $\Delta_{ц}$ следует принимать такие:

Наибольший					
Наибольший диаметр центрового отверстия, мм	1...2,5	4...6	7...10	12,5...15	20...30
Посадка центров, мм	0,11	0,14	0,18	0,21	0,25

щения в местах сопряжения детали с опорными поверхностями приспособления, деформации корпуса которого и других его элементов обычно не учитываются. На погрешность закрепления оказывает влияние непостоянство усилия закрепления, рассеяние шероховатости и погрешности формы опорных поверхностей детали, износ опорных поверхностей приспособления.

75. Погрешность закрепления заготовок ϵ_3 при установке на опорные пластины, мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм				
	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120
<i>Установка в приспособление с винтовыми или эксцентриковыми зажимами</i>					
Полученная литьем:					
в песчаную форму машинной формовки по ме-	100	110	120	135	150
таллической модели	60	70	80	90	100
в постоянную форму	50	60	70	80	90
по выплавляемой модели	40	50	60	70	80
под давлением	100	110	120	135	150
Полученная горячей штамповкой					
Горячекатанная	100	110	120	135	150
Предварительно обработанная	50	60	70	80	90
Окончательно обработанная	40	50	60	70	80
Шлифованная	25	30	35	45	60

Установка в зажимное приспособление с пневматическим зажимом

Полученная литьем:					
в песчаную форму машинной формовки по метал-	80	90	100	110	120
лической модели					
					140
					160

Продолжение табл. 75

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм					
	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180
в постоянную форму	55	60	65	70	80	90
по выплавляемой модели	40	50	55	60	70	80
под давлением	30	35	40	50	60	70
Полученная горячей штамповкой	80	90	100	110	120	140
Горячекатанная	80	90	100	110	120	140
Предварительно обработанная	40	50	55	60	70	80
Окончательно обработанная	30	35	40	50	60	70
Шлифованная	15	20	25	30	35	40

Примечания: 1. Установка на магнитной плите не исключает погрешности закрепления.

2. Поперечный размер заготовки необходимо принимать в сечении по нормали к обрабатываемой поверхности.

3. Погрешность закрепления дана в таблице по нормали к обрабатываемой поверхности.

164 76. Погрешность закрепления заготовок ϵ_3 при установке на опоры с точечным и линейным контактом (опорные штифты, призмы), мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм				
	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120
					120...180
					180...260

Установка в приспособление с винтовыми или эксцентриковыми зажимами

Полученная литьем:						
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	100	125	150	175	200	225
в постоянную форму	100	110	120	130	140	150
по выплавляемой модели	90	100	110	120	130	140
под давлением	80	90	100	110	120	130
Полученная горячей штамповкой	100	125	150	175	200	225
Горячекатанная	100	125	150	175	200	225
Предварительно обработанная	90	100	110	120	130	140
Окончательно обработанная	80	90	100	110	120	130
Шлифованная	50	60	70	80	90	100
						110
						150
						140
						110

Установка в приспособление с пневматическим зажимом

Полученная литьем:						
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	90	100	120	140	160	180
в постоянную форму	80	90	100	110	120	130
по выплавляемой модели	70	75	80	90	100	110
под давлением	45	50	60	70	80	90
Полученная горячей штамповкой	90	100	120	140	160	180
Горячекатанная	80	100	120	140	150	180
						200
						—

Продолжение табл. 76

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм					
	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180

Предварительно обработанная	70	75	80	90	100	110
Окончательно обработанная	60	70	80	90	90	100
Шлифованная	35	40	45	50	55	60

Примечания: 1. Установка на магнитной плите не дает погрешности закрепления.

2. Поперечный размер заготовки необходимо принимать в сечении по нормали к обрабатываемой поверхности.

3. Погрешность закрепления дана в таблице по нормали к обрабатываемой поверхности.

77. Погрешность закрепления заготовок ε_3 при установке в радиальном направлении для обработки на станках, мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм					
	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180

Установка в зажимной гильзе (цанге) и на цанговой оправке

Холоднотянутая калиброванная	50	60	70	80	—	—
Предварительно обработанная	40	50	60	70	—	—
Окончательно обработанная точением	25	30	35	40	—	—
Шлифованная	20	20	25	25	—	—

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм					
	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180

180...260

Установка в трехкулачковом патроне с пневматическим зажимом

Полученная литьем:

в песчаную форму машинной формовки по метал-

лической модели

в постоянную форму

по выплавляемой модели

под давлением

Полученная горячей штамповкой

Горячекатанная

Предварительно обработанная

Окончательно обработанная точением

Шлифованная

220	260	320	380	440	500	580
140	170	200	240	280	320	380
50	60	70	80	90	100	120
25	30	35	40	45	50	60
220	260	320	380	440	500	580
220	260	320	380	440	500	—
50	60	70	80	90	100	120
25	30	35	40	45	50	60
10	10	15	15	20	20	25

Примечания: 1. При установке на оправку надо учитывать погрешность базирования и принимать погрешность закрепления в зависимости от крепления оправки в гильзе, патроне или зажимном приспособлении.

2. Установка в жестких центрах не дает погрешности в радиальном направлении. Погрешность закрепления, получающаяся при установке в плавающий передний и вращающийся задний центры, не учитывается, так как перекрывается отклонением заготовки под действием силы резания.

78. Погрешность закрепления заготовок ϵ_3 при установке в осевом направлении для обработки на станках, мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм					
	10...18	18...30	30...90	50...80	80...120	120...180
						180...260

Установка на цанговой оправке

Предварительно обработанная 20 30 40 50 60 70 —

Установка на цилиндрической оправке с ручным зажимом

Предварительно обработанная 10 15 20 25 30 30

Установка в зажимной гильзе (цанге) по упору

Холоднотянутая калиброванная 40 50 60 70 80 —
 Предварительно обработанная 30 40 50 60 70 —
 Окончательно обработанная точением 25 30 35 40 —

Установка в трехкулачковом самоцентрирующем патроне с ручным приводом

Полученная литьем:

в песочную форму машинной формовки по металической модели

80 90 100 110 120 130 140

в постоянную форму по выплавленной модели под давлением

70 80 90 100 110 120 130

Полученная горячей штамповкой

60 70 80 90 100 110 120 130 140

Горячекатанная

110 140 170 200 230 260 —

157

Предварительно обработанная

50 60 70 80 90 100 110

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм					
	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180
Окончательно обработанная точением	30	40	50	60	70	80
Шлифованная	15	15	20	20	25	25
Установка в трехкулачковом патроне с пневматическим приводом						
Полученная литьем:						
в песчаную форму машинной формовки по	70	80	90	100	110	120
металлической модели	60	65	75	80	90	100
в постоянную форму	50	55	65	75	80	85
по выплавляемой модели	35	45	60	55	65	70
под давлением	60	70	80	90	100	110
Полученная горячей штамповкой	100	120	150	160	200	230
Горячекатанная	40	50	60	70	80	90
Предварительно обработанная	20	30	40	50	60	70
Окончательно обработанная точением	10	10	15	15	20	20
Шлифованная						

Примечания: 1. При установке на оправку надо учитывать погрешность базирования и принимать погрешность закрепления в зависимости от крепления оправки в гильзе, патроне или зажимном приспособлении.

2. Установка в центрах не исключает погрешности закрепления, но при этом возникает погрешность базирования в осевом направлении.

Можно принять, что $\epsilon_z = 0$ при постоянной силе закрепления заготовок и одинаковом качестве их базовых поверхностей. Величину ϵ_z уменьшают, стабилизируя силу закрепления (например, применяя пневматические и гидравлические зажимы вместо ручных), повышая жесткость стыка опоры приспособления, улучшая качество базовых поверхностей, а также увеличивая жесткость приспособления в направлении передачи силы закрепления.

Значения погрешностей закрепления для различных видов обработки приведены в табл. 75...78.

Погрешность установки приспособления на станке ϵ_y зависит от смещений или перекосов корпуса приспособления на столе, планшайбе или шпинделе станка. Смещения и перекосы возникают из-за зазоров между сопрягаемыми поверхностями приспособления и станка. Для уменьшения зазоров рекомендуется повышать точность посадочных мест приспособления, разносить на корпусе ориентирующие его элементы и подгонять посадочные места к станку. В массовом производстве при использовании одного приспособления и неизменном его закреплении погрешность установки может быть частично или полностью устранена настройкой станка. При использовании нескольких одинаковых приспособлений (дублеров и спутников) эта величина не компенсируется настройкой станка и полностью входит в состав погрешности установки приспособления на станке.

В серийном производстве при частой переустановке приспособления на ϵ_y влияют износ и повреждение сопрягаемых поверхностей. При соблюдении требований к смене приспособлений и правильном выборе зазоров в сопряжениях $\epsilon_y = 0,02...0,1$ мм.

В каждом конкретном случае рекомендуется выполнять расчет погрешности установки приспособления на станке в зависимости от ее схемы и заданной точности изготовления посадочных элементов. В табл. 79 приведены зависимости для определения ϵ_y .

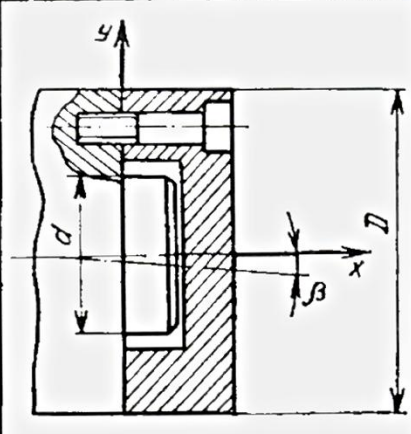
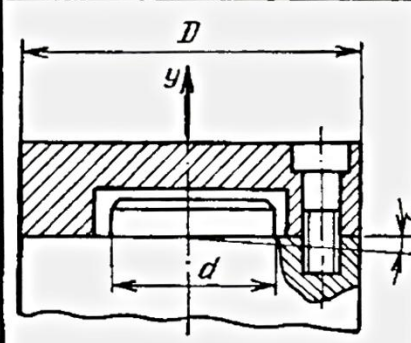
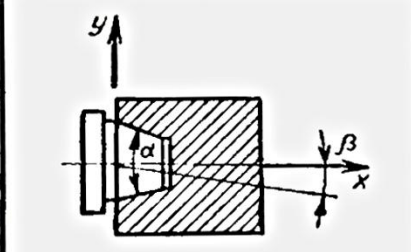
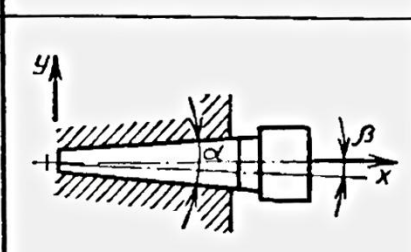
Погрешность положения детали из-за износа элементов приспособления ϵ_d . На износ влияют размеры и конструкция установочных элементов, материал и масса обрабатываемой детали, состояние ее базовых поверхностей. Наиболее интенсивно изнашиваются опоры с точечным и линейным контактами, наименее — опорные пластины с большими поверхностями контакта. В табл. 80 даны расчетные зависимости для определения погрешности износа.

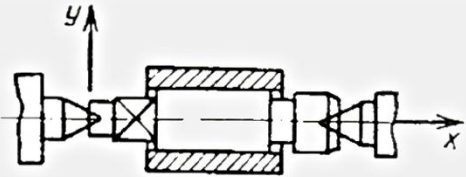
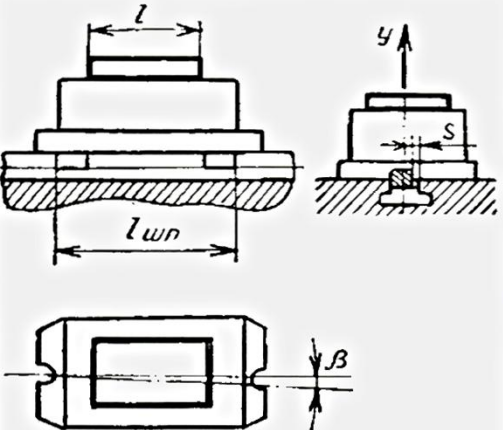
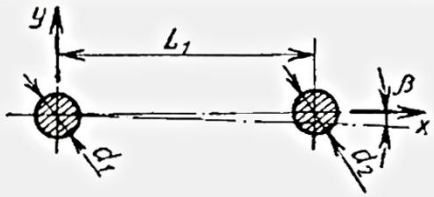
Приближенно износ установочных элементов может определяться по формуле

$$U = U_0 k_1 k_2 k_3 k_4,$$

где U_0 — средний износ установочных элементов для чугуновой заготовки при усилии зажима $P_0 = 10$ кН и базовом числе установок $N = 100\,000$ (табл. 81); k_1, k_2, k_3, k_4 — соответственно коэффициенты, учитывающие влияние материала заготовки,

79. Точность установки приспособлений

Принцип установки приспособления	Схема установки	Погрешность ϵ_y в направлении		
		оси x	оси y	угла β
На горизонтальный шпиндель по торцу и центрирующему пояску		ΔT	s	$2 \arctan \frac{\Delta T}{D}$
На вертикальный стол по торцу и центрирующему пояску		s	ΔT	$2 \arctan \frac{\Delta T}{D}$
На конус шпинделя		0,03...0,06	—	$\delta \alpha$
В шпиндель: с конусом Морзе: № 0 № 1, 2, 3 № 4, 5 № 6		0,01...0,2 0,01...0,2 0,2...0,4 0,25...0,5	—	$\delta \alpha$

Принцип установки приспособления	Схема установки	Погрешность ϵ_y в направлении		
		оси x	оси y	угла β
с метрическим конусом: № 80 № 100		0,25...0,5 0,3...0,6	—	$\delta\alpha$
В центр На горизон- тальный стол по Т- образному пазу		0,01...0,03	—	$l \cdot s / l_{шп}$
По двум шрифтовым отверстиям		$\delta L_1 + 0,25$ $\Sigma s'$	—	—

Примечание. Буквы в таблице обозначают: ΔT — торцевое биение опорной поверхности приспособления, принимается в пределах 0,01 0,04 мм; s — максимальный зазор в сопряжениях базирующих поверхностей; $\Sigma s'$ — сумма максимальных зазоров между штифтами и отверстиями; $\delta\alpha$ — погрешность половины угла конуса α , принимается в пределах 2'...8'; δL_1 — допуск на расположение координат штифтовых отверстий; D — диаметр центрирующего пояска; $l_{шп}$ — расстояние между шпонками; l — длина обрабатываемой детали.

80. Износ установочных элементов

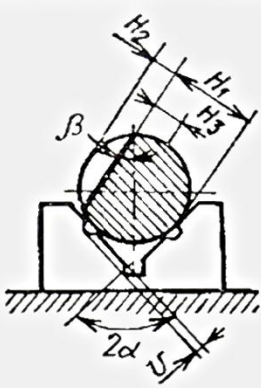
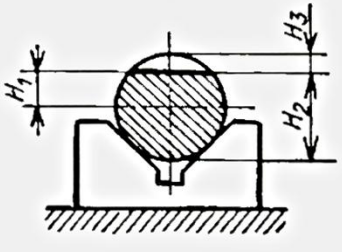
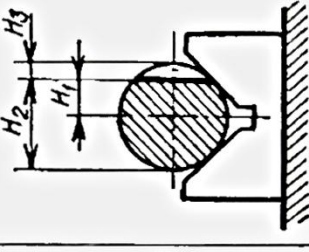
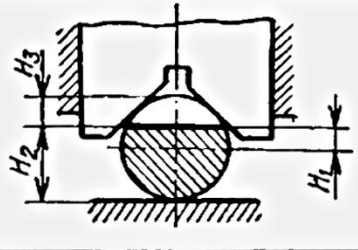
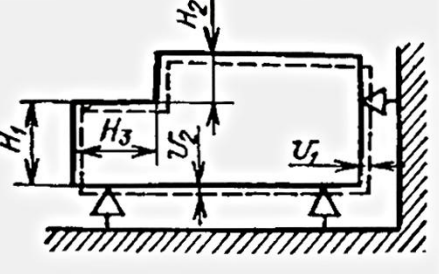
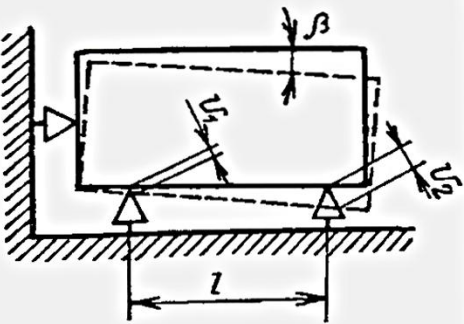
Схема базирования	Обрабатываемый размер	Погрешность износа
	H_1, H_2, H_3	$\frac{U \sin \beta}{\sin \alpha}$
	H_1, H_2, H_3	$\frac{U}{\sin \alpha}$
	H_1, H_2, H_3	0
	H_1	U
	H_2	0
	H_1	U_2
	H_2	U_2
	H_3	U_1

Схема базирования	Обрабатываемый размер	Погрешность износа
	α	$\operatorname{tg} \alpha = (U_2 - U_1)/l$

оборудования, условий обработки и числа установок заготовки, отличающиеся от принятых при определении U_0 и приведенные в табл. 82; N — число установок заготовки.

Погрешность от перекоса или смещения инструмента $\epsilon_{ин}$ определяется точностью направления или настройки инструмента относительно положения обрабатываемой детали.

В процессе обработки поверхностей при настройке положения инструмента по отношению к приспособлению с помощью щупа погрешность от смещения инструмента может быть определена по формуле

$$\epsilon_{ин} = \Delta_{ин} + T_{щ},$$

где $\Delta_{ин}$ — погрешность установки инструмента по щупу, зависящая от точности механизма перемещения инструмента; $T_{щ}$ — допуск на изготовление щупа.

Особенности расчета точности сверлильных приспособлений

Особенность этих приспособлений заключается в наличии у них направляющих элементов в виде кондукторных втулок, износ которых является основной погрешностью, влияющей на точность.

Исполнительный диаметр инструмента (сверла, зенкеры, развертки) зависит от установленного допуска на обрабатываемое отверстие и определяется с учетом разделения этого допуска запасом на износ. Обычно принимают

$$D_{ин} = D_{ном} + (0,5 \dots 0,7) T_d,$$

где $D_{ном}$ — номинальный диаметр обрабатываемого отверстия; T_d — допуск на обрабатываемое отверстие.

Рекомендуется принимать допуски кондукторных втулок для сверл, зенкеров и черновых разверток $G7, F7, F8$, а для чистовых разверток — $G6, G7$.

81. Значения среднего износа U_0 установочных элементов (при $V_0 = 100 \cdot 10^3$, материал заготовки — чугун), мкм

Тип установочных элементов	Материал установочных элементов				
	Сталь 20 цементованная закаленная	Сталь 40X закаленная	Сталь У10А закаленная	Сталь 45 с хромовым покрытием	Твердый сплав ВК8
Постоянные опоры: со сферической головкой	170	155	145	70	
	$\frac{100 \dots 240}{85}$	$\frac{90 \dots 220}{75}$	$\frac{90 \dots 200}{70}$	$\frac{40 \dots 100}{—}$	14
	$\frac{50 \dots 120}{145}$	$\frac{45 \dots 105}{135}$	$\frac{40 \dots 100}{130}$	—	$\frac{13 \dots 15}{—}$
с плоской головкой					
с насеченной головкой	$\frac{90 \dots 200}{—}$	$\frac{85 \dots 185}{—}$	$\frac{80 \dots 180}{—}$		
Призмы	125	115	110	65	18
	$\frac{70 \dots 180}{—}$	$\frac{65 \dots 165}{—}$	$\frac{60 \dots 150}{—}$	$\frac{40 \dots 90}{—}$	$\frac{16 \dots 20}{—}$
Опорные пластины гладкие	45	40	38	25	12
	$\frac{25 \dots 65}{—}$	$\frac{25 \dots 55}{—}$	$\frac{25 \dots 50}{—}$	$\frac{20 \dots 30}{—}$	$\frac{10 \dots 14}{—}$

Продолжение табл. 81

Тип установочных элементов	Материал установочных элементов				
	Сталь немен- тованная за- каленная	Сталь 40X закаленная	Сталь У10А закаленная	Сталь 45 с хромовым покрытием	Твердый сплав ВХ8
Опорные пластины с косыми срезами	50 30...70	45 30...90	42 25...60	28 20...33	—
Пальцы установочные: срезанные	100 60...140	90 55...125	85 50...120	50 30...70	—
цилиндрические	65 40...90	55 35...75	50 30...70	25 20...30	—
Оправки цилиндрические	60 40...80	50 30...70	45 25...65	25 20...30	—

Примечания: 1. В числителе даны средние значения U_0 , в знаменателе — рекомендуемый интервал.

2. Большие значения U_0 принимаются для случаев закрепления заготовки перемещаемым усилием, возможных ударов при контакте и значительными временем контакта заготовки и установочного элемента, усилениями закрепления и массы заготовки.

82. Коэффициенты, учитывающие условия износа

Учитываемые условия	Коэф- фи- циент	Значение коэффициента					
Материал детали	k_1	Чугун	Сталь не- закаленная		Сталь зака- ленная		
		1,0	0,97		0,91		
Тип оборудования	k_2	Универ- сальное	Специаль- ное		Автоматиче- ские линии		
		1,0	1,25		1,57		
Условия обработки	k_3	Точение, фрезерова- ние, сверление, зенке- рование			Шлифование		
		стали с охлаж- дением	стали без охлаж- дения	чугуна без охлаж- дения	стали с охлаж- дением	чугуна без охлаж- дения	
		0,94	1,0	1,12	1,32	1,58	
Число установок	k_4	Число установок $N \times 10^3$					
		до 5	до 10	до 20	до 40	50...100	до 150
		2,8	2,4	1,8	1,3	1	0,9

В табл. 83...84 приведены рекомендуемые значения допусков для инструментов и кондукторных втулок при обработке отверстий с полями допуском $H7...H11$. При обработке отверстий с другими полями допусков необходимо производить перерасчет их разбивки.

Целесообразно принимать посадки сменных кондукторных втулок в постоянные втулки $\frac{H6}{g5}$, $\frac{H7}{g6}$ и $\frac{H8}{g7}$. Отклонение от соосности расположения шпинделя инструмента и направляющей втулки приспособления должно быть в пределах 0,0025...0,010 мм.

При обработке отверстий инструмент направляется с по-

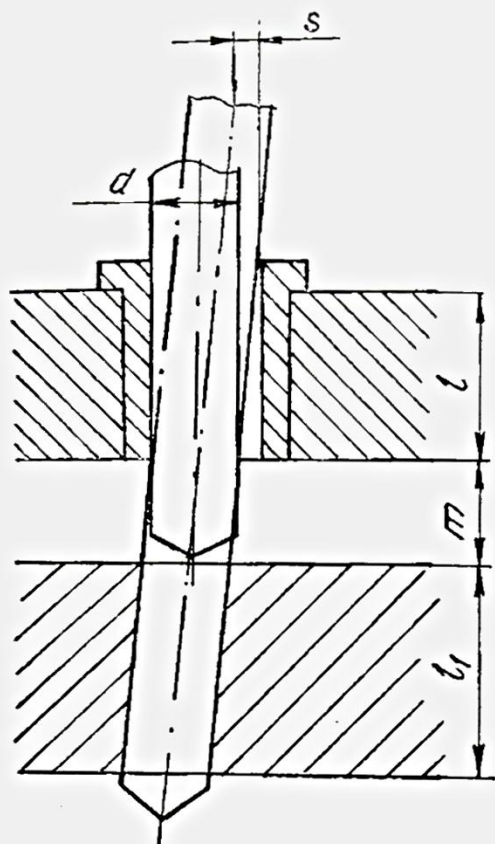


Рис. 6. Смещение и перекос сверла в кондукторной втулке

мощью кондукторных втулок. При этом возможны его смещение или перекос (рис. 6). При обработке отверстий на плоскости, перпендикулярной оси сверла, может быть только смещение инструмента. Если обработка отверстий осуществляется на криволинейных поверхностях или наклонных к оси инструмента, обязательно возникает перекос инструмента. При несовпадении оси шпинделя инструмента и оси кондукторной втулки возможен также перекос инструмента. Для обеспечения выхода стружки, образующейся при обработке различных материалов, назначается оптимальное расстояние между поверхностью заготовки и кондукторной втулкой.

В зависимости от вида обработки и условий смещения и перекося инструмента погрешность $\epsilon_{\text{пн}}$, возникающую при обработке отверстий, можно определять по формулам, приведенным в табл. 85.

При применении подвижной кондукторной плиты суммарная погрешность смещения $\epsilon_{\text{пн}}$ инструмента относительно обрабатываемой детали определяется по формуле

$$\epsilon_{\text{пн}} = \sqrt{\epsilon_{\text{пн1}}^2 + \epsilon_{\text{пн2}}^2},$$

где $\epsilon_{\text{пн1}}$ — погрешность смещения (перекося) инструмента от зазоров в направляющих кондукторных втулках; $\epsilon_{\text{пн2}}$ — погрешность установки кондукторной плиты относительно приспособления.

83. Диаметр инструментов для обработки отверстий

Применяемый инструмент	Поля допусков обработки взаимных отверстий	Номинальные диаметры, мм					
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50
		Предельные отклонения, мкм					
Сверла: общего назначения		0 -25	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62
							0 -74
точного исполнения		0 -14	0 -18	0 -22	0 -27	0 -33	0 -39
							0 -46
Зенкеры: под развертывание	H11	—	—	—	-210 -245	-245 -290	-290 -340
							-350 -410
для окончательной обработки	H11	—	—	—	+60 +25	+75 +30	+90 +40
							+110 +50
Развертки: черновые под чистовое развертывание	H10	-25 -34	-30 -40	-40 -50	-50 -62	-60 -74	-70 -87
							-80 -105

Применяемый инструмент	Поля до- пусков обрабаты- ваемых отверстий	Номинальные диаметры, мм						
		До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80
		Предельные отклонения, мкм						
для окончательной обработки	H10	+30 +23	+36 +26	+43 +32	+52 +40	+63 +48	+75 +57	+90 +70
то же	H9	+18 +11	+22 +14	+26 +17	+31 +20	+37 +24	+43 +29	+54 +35
»	H8	+9 +4	+12 +7	+15 +9	+18 +10	+22 +13	+26 +15	+30 +17
для окончательной обработки	H7	+6 +2	+7 +3	+9 +5	+11 +6	+13 +7	+16 +9	+20 +12
то же	K7	-4 -8	-2 -6	-1 -5	-1 -6	-2 -8	-2 -9	-1 -9

Примечание. Отклонения заданы от номинального диаметра.

-84. Диаметр отверстий кондукторных втулок

Применяемый инструмент	Поля допусков		Номинальные диаметры, мм							
	обрабаты- ваемых отверстий	кондуктор- ных втулок	До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	
Пределные отклонения, мкм										
Сверла:										
общего назначения	—	F8	+20 +6	+28 +10	+35 +13	+43 +16	+53 +20	+64 +25	+76 +30	
точного исполнения	—	G7	+12 +2	+16 +4	+20 +5	+24 +6	+28 +7	+34 +9	+40 +10	
Зенкеры:										
под развертывание	—	F8	—	—	—	-167 -194	-192 -225	-226 -265	-274 -320	
то же	—	G7	—	—	—	-186 -204	-217 -238	-256 -281	-310 -340	
для окончательной обработки	—	F8	—	—	—	+103 +76	+128 +95	+154 +115	+186 +140	

Продолжение табл. 84

Применяемый инструмент	Поля допусков		Номинальные диаметры, мм						
	обрабаты- ваемых отверстий	кондуктор- ных втулок	До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80
Развертки: черновых под чистовое раз- вертывание	—	F8	—5 —19	—2 —20	—5 —27	—7 —34	—7 —40	—6 —45	—4 —50
	—	G7	—13 —23	—14 —26	—20 —35	—26 —44	—32 —53	—36 —61	—40 —70
	для окончательной обработки	H10	G7	+42 +32	+52 +40	+63 +48	+76 +38	+91 +70	+109 +84
для окончательной обработки	H9	G7	+30 +20	+38 +26	+46 +31	+55 +37	+65 +44	+79 +54	+94 +64
то же	H8	G7	+21 +11	+28 +16	+35 +20	+42 +24	+50 +29	+60 +35	+70 +40
»	H7	G7	+18 +8	+20 +11	+29 +16	+35 +17	+41 +20	+50 +25	+60 +30

Применяемый инструмент	Поля допусков		Номинальные диаметры, мм					
	обрабаты- ваемые отверстий	кондуктор- ных штулок	До 3	Св. 3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50
			Пределные отклонения, мкм					
»	H7	G6	+14 +8	+19 +11	+28 +14	+28 +17	+33 +20	+41 +25
»	K7	G7	+8 +2	+14 +2	+19 +4	+23 +5	+26 +5	+32 +7
для окончательной обработки	K7	G6	+4 +2	+10 +2	+12 +4	+16 +5	+18 +5	+20 +7
								+25 +9

Примечания: 1. Отклонения от номинального диаметра.

2. Данные получены при полях допусков F8 или G7 и наибольшем предельном размере инструмента, определяемом по таблице.

85. Погрешность от смещения и перекоса инструмента при обработке отверстий

Вид обработки	Размер, m	Погрешность	
		от смещения инструмента	от перекоса и смещения инструмента
Сверление сталей Сверление чугуна Зенкерование	d $(0,3...0,5)d$ $\leq 0,3d$	$0,5s$	$0,5s + s(l_1 + m)/l$

Примечание. Буквы в таблице обозначают: m — расстояние от поверхности заготовки до кондукторной втулки; l — длина кондукторной втулки, l_1 — длина обрабатываемого отверстия; s — максимальный диаметральный зазор между кондукторной втулкой и инструментом.

86. Проверка приспособлений

Приспособления	Тип производства		
	единичное или мел- косерийное	серийное	массовое
	Периодичность проверок, мес.		
Сверлильные и расточные:			
подставки	6	4	2
кондукторы	5	3	2
многошпиндельные головки	4	5	1
для горизонтальной расточки	2	1	1
Токарные:			
оправки (гладкие, резьбовые)	3	2	1
планшайбы, люнеты, кулачки	2	1	1
приспособления, устанавливаемые на шпиндель и суппорт	5	3	2
патроны (поводковые, самоцентрирующие, несамоецентрирующие, кулачковые)	6	3	2
патроны с упругими зажимными элементами	5	2	1
Фрезерные, строгальные, долбежные:			
поворотные с вертикальной осью вращения	6	3	2
поворотные с горизонтальной осью вращения	5	2	1
приспособления с круговой подачей	4	2	1
приспособления для обработки зубьев шестерен	3	2	1
поворотные с горизонтальной и наклонной осями вращения	5	2	1
Шлифовальные к станкам:			
с прямолинейным движением стола	4	2	1
с вертикальной осью вращения стола	4	5	1
с горизонтальной осью вращения стола	3	2	1
Для протяжных работ	6	3	2
Контрольные	2	1	1

Приблизленно погрешность установки кондукторной плиты по отношению к приспособлению может быть определена по формуле

$$\epsilon_{\text{пн2}} = T_L + 0,25 \sum S'_{\text{max}},$$

где T_L — допуск на координаты расположения направляющих элементов кондукторной плиты (скалки, пальцы, оси и т. д.); $\sum S'_{\text{max}}$ — сумма максимальных зазоров в сопряжениях направляющих элементов кондукторной плиты и приспособления (втулки-скалки, втулки-палец, втулки-оси и т. д.).

При обработке нескольких отверстий допуск на координаты кондукторных втулок T_{L_k} приближенно принимается равным:

$$T_{L_k} = (0,2 \dots 0,5) T_{L_{дет}},$$

где $T_{L_{дет}}$ — допуск на координаты расположения обрабатываемых отверстий.

Для точного определения допуска на координаты обрабатываемых отверстий можно пользоваться зависимостью:

$$T_{L_{дет}} \leq [0,8 T_{L_k} - 0,25 (\sum S_{max} + \sum \Delta_{max})],$$

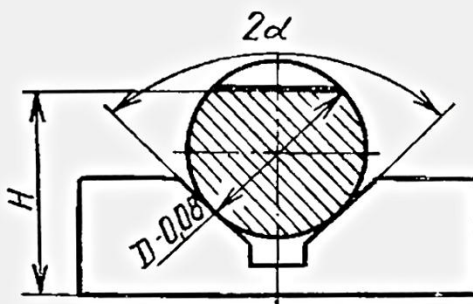
где $\sum S_{max}$ — сумма максимальных зазоров между инструментом и кондукторными втулками, между кондукторными и постоянными втулками; $\sum \Delta_{max}$ — сумма максимальных эксцентриситетов кондукторных и сменных втулок.

Организация эксплуатации приспособлений является частью планово-предупредительного ремонта оснастки. Сюда же входят межремонтное обслуживание и периодический контроль точности приспособления.

Межремонтному обслуживанию подлежат приспособления, не подвергаемые периодической проверке, а также паспортизованные в период между проверками. Данный вид обслуживания включает эксплуатационный уход, в состав которого входят наружный осмотр, выявление неисправностей, технический надзор за эксплуатацией.

Периодически проверяют приспособления, предназначенные для выполнения ответственных операций, от которых зависят конечные размеры обрабатываемых деталей. Периодичность проверок следует устанавливать в соответствии с рекомендациями, приведенными в табл. 86.

87. Базирование детали в призме



Погрешность	Расчет точности
Расчетный параметр	Размер до обрабатываемой плоскости $H = 35 - 0,1$
Базирования	$\epsilon_6 = 0,5 T_D (1/\sin \alpha - 1) = 0,5 \times$ $\times 0,08 (1/\sin 45^\circ - 1) = 0,016$

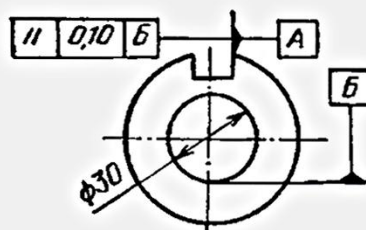
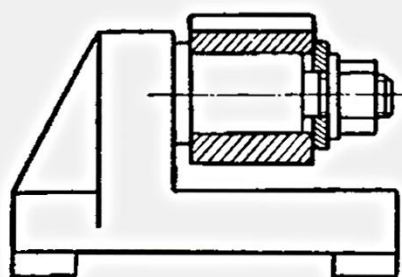
Продолжение табл. 87

Погрешность	Расчет точности
Закрепления	$\epsilon_z = 0,045$ по табл. 76 для закрепления в пневматическом приспособлении по шлифованной поверхности
Установки приспособления	$\epsilon_y = 0$, так как обеспечен надежный контакт приспособления со столом станка, а обработка производится без переустановок приспособления
Износа установочных элементов	$\epsilon_n = U / \sin \alpha = 0,027 / \sin 45^\circ = 0,038$, где $U = U_0 k_1 k_2 k_3 k_4 (N/N_0) = 0,115 \times 0,97 \times 1,25 \times 0,94 \times 2,4 \times 10 \times 10^3 / 100 \times 10^3 = 0,027$; по табл. 81 $U_0 = 0,115$ для призмы из стали 40X; по табл. 82 $k_1 = 0,97$ при обработке незакаленных сталей; $k_2 = 1,25$ для обработки на спецстанке; $k_3 = 0,94$ для фрезерования стали с охлаждением; $k_4 = 2,4$ для $N = 10 \times 10^3$
Экономическая точность обработки	$\omega = 0,039$ для фрезерования по 8-му качеству
Допустимая изготовления приспособления	$\{\epsilon\}_{\text{пр}} = T - k_1 \sqrt{(k_1 \epsilon_0)^2 + \epsilon_z^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_n^2 + \epsilon_{\text{пк}}^2 + (k_2 \omega)^2} = 0,10 - 1,1 \sqrt{(0,8 \times 0,016)^2 + 0,045^2 + 0^2 + 0,039^2 + 0^2 + (0,7 \times 0,039)^2} = 0,10 - 1,1 \times 0,063 = 0,03 \text{ мм}$
Изготовления деталей приспособления	При применении многоместного приспособления суммарный допуск на размер H , включающий отклонение от размера H и отклонение от параллельности калибра $\varnothing 40$ основанию приспособления, не должен превышать 0,03 мм При применении одностоечного приспособления отклонение от параллельности калибра $\varnothing 40$ основанию приспособления не должно превышать 0,03 мм

Нормы точности устанавливаются исходя из допусков на получение наиболее точных размеров детали. При определении этих норм следует исходить из того, что они не являются нижним пределом точности приспособлений, при котором обеспечивается получение годных деталей, и должен предусматриваться запас точности, гарантирующий предупреждение появления брака деталей.

Примеры расчета различных видов приспособлений приведены в табл. 87...92.

88. Фрезерное приспособление для фрезерования паза

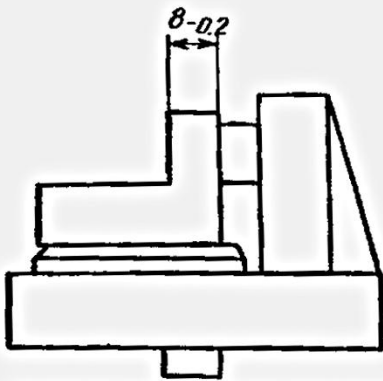


Погрешность	Расчет точности
Расчетный параметр	Обеспечение непараллельности паза А относительно базового отверстия Б не более 0,10
Базирования	$\epsilon_6 = S_{d.max} = S_{max.det} - S_{min.onp} = 30,023 - 29,975 = 0,048$
Закрепления	$\epsilon_3 = 0$, так как оправка жесткая
Установки приспособления	$\epsilon_y = ls/l_{шп} = 50 \times 0,05/150 = 0,017$, где $l = 50$ — длина обрабатываемой детали; $s = 0,05$ — максимальный зазор между шпонкой приспособления и Т-образным пазом стола станка; $l_{шп} = 150$ — расстояние между шпонками
Смещения инструмента	$\epsilon_{ин} = 0$, так как положение фрезы не влияет на непараллельность паза относительно базового отверстия
Износа установочных элементов	$\epsilon_n = U = 0,020$; $U = U_0 k_1 k_2 k_3 k_4 (N/N_0) = 0,060 \times 0,97 \times 1 \times 0,94 \times 1,8 \times 20 \times 10^3 / 100 \times 10^3 = 0,020$, где $U_0 = 0,060$ для оправки из стали 20; $k_1 = 0,97$ для незакаленной стали; $k_2 = 1$ для обработки на универсальном станке; $k_3 = 0,94$ для обработки с охлаждением; $k_4 = 1,8$ для $N = 20 \times 10^3$
Экономическая точность обработки	$\omega = 0,036$ для фрезерования по 9-му качеству

Продолжение табл. 88

Погрешность	Расчет точности
Допустимая изготовления приспособления	$ \epsilon _{\text{изр}} = T - k_t \sqrt{(k_{t1}\epsilon_0)^2 + \epsilon_z^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_n^2 + \epsilon_{\text{ин}}^2 + (k_{t2}\omega)^2} = 0,10 - 1,2$
	$\sqrt{(0,8 \times 0,048)^2 + 0 + 0,017^2 + 0,020^2 + 0 + (0,7 \times 0,036)^2} = 0,10 - 0,064 = 0,036$
Допустимая изготовления деталей приспособления	В технических требованиях на приспособление должна быть оговорена непараллельность установочной поверхности $\varnothing 30$ относительно плоскости шпонок не более 0,03

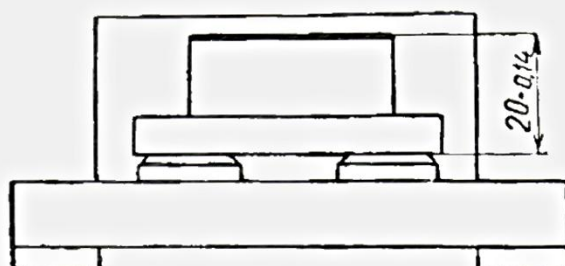
89. Фрезерное приспособление для обработки вертикальной поверхности



Погрешность	Расчет точности
Расчетный параметр	Размер 8—0,2
Базирования	$\epsilon_0 = 0$, так как установочная поверхность совпадает с исходной
Закрепления	$\epsilon_z = 0,060$ по табл. 75 для закрепления в приспособлении с винтовым зажимом и с установкой на предварительно обработанную поверхность
Установки приспособления	$\epsilon_y = l(s/l_{\text{ин}}) = 140 \times 0,07 / 210 = 0,046$, где $l = 140$ — длина обработанной поверхности; $s = 0,07$ — максимальный зазор между шпонкой приспособления

Погрешность	Расчет точности
	и Т-образным пазом стола; $l_{\text{шп}} = 210$ — расстояние между шпонками
Смещения инструмента	$\epsilon_{\text{ин}} = \Delta_{\text{ш}} + T_{\text{ш}} = 0,005 + 0,004 = 0,009$, где $T_{\text{ш}} = 0,005$ — точность деления шкалы механизма перемещения фрезы; $T_{\text{ш}} = 0,004$ — точность изготовления шупа
Износ установочных элементов	$\epsilon_{\text{и}} = U = 0,028$; $U = U_0 k_1 k_2 k_3 k_4 (N/N_0) = 0,040 \times 1 \times 1,25 \times 1,12 \times 1 \times 50 \times 10^3 / 100 \times 10^3 = 0,028$, где $U_0 = 0,040$ по табл. 81 для опорных пластин из стали 40X;
	$k_1 = 1$ при обработке чугуна; $k_2 = 1,25$ для обработки на специальном станке; $k_3 = 1,12$ для фрезерования без охлаждения; $k_4 = 1$ для $N = 50 \times 10^3$
Экономическая точность обработки	$\omega = 0,036$ для фрезерования по 9-му качеству
Допустимая изготовления приспособления	$[\epsilon]_{\text{пр}} = T - k_r \sqrt{(k_{r1} \epsilon_0)^2 + \epsilon_z^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_{\text{и}}^2 + \epsilon_{\text{ин}}^2 + (k_{r2} \omega)^2} = 0,2 - 1,2 \sqrt{0 + 0,060^2 + 0,046^2 + 0,028^2 + 0,009^2 + (0,8 \times 0,036)^2} = 0,2 - 0,103 = 0,097$
Изготовления деталей приспособления	В технические требования на изготовление приспособления должно быть внесено требование о допустимом отклонении от параллельности плоскости шпонок и установочной поверхности не более 0,09

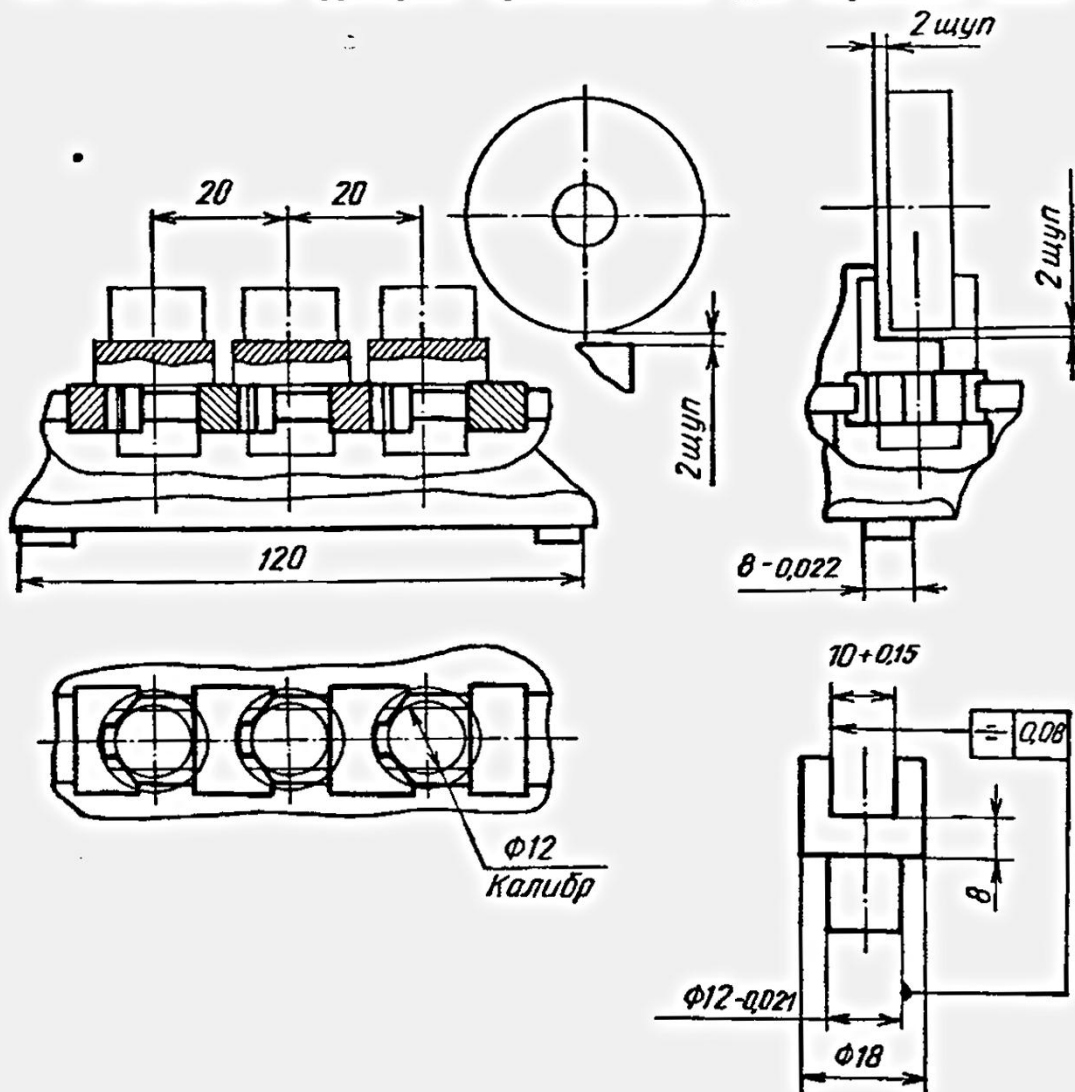
90. Фрезерное приспособление для обработки горизонтальной поверхности



Погрешность	Расчет точности
Расчетный параметр	Размер 20—0,14
Базирования	$\epsilon_b = 0$, так как установочная поверхность совпадает с исходной
Закрепления	$\epsilon_z = 0,060$ по табл. 75 для закрепления в приспособлении с винтовым зажимом с установкой на окончательно обработанную поверхность
Установки приспособления	$\epsilon_y = 0$, так как обеспечен надежный контакт приспособления со столом станка, а обработка производится без переустановки приспособления
Смещения инструмента	$\epsilon_{ин} = 0$, так как отсутствуют направляющие элементы для инструмента
Износа установочных элементов	$\epsilon_n = U = 0,028$, где $U = U_0 k_1 k_2 k_3 k_4 (N/N_0) = 0,040 \times 1 \times 1,25 \times 1,12 \times 1,0 \times 50 \times 10^3 / 100 \times 10^3 = 0,028$; по табл. 81 $U_0 = 0,040$ для опорных пластин из стали 40X; по табл. 82 $k_1 = 1$ при обработке чугуна; $k_2 = 1,25$ для обработки на спецстанке; $k_3 = 1,12$ для фрезерования чугуна без охлаждения; $k_4 = 1,0$ для $N = 50 \times 10^3$ установка
Экономическая точность обработки	$\omega = 0,039$ для фрезерования по 8-му качеству

Погрешность	Расчет точности
Допустимая изготовления приспособления	$[\epsilon]_{\text{пр}} = T - k_r \sqrt{(k_{r1}\epsilon_0)^2 + \epsilon_z^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_n^2 + \epsilon_{\text{пн}}^2 + (k_{r2}\omega)^2} = 0,14 - 1,2 \sqrt{0 + 0,060^2 + 0 + 0,028^2 + 0 + (0,8 \times 0,039)^2} = 0,14 - 0,089 = 0,051$
Изготовления деталей приспособления	В технические требования на изготовление приспособления должно быть введено требование по допустимому отклонению от параллельности установочной поверхности А относительно опорной поверхности приспособления Б не более 0,05

91. Многочестное фрезерное приспособление для обработки пазов

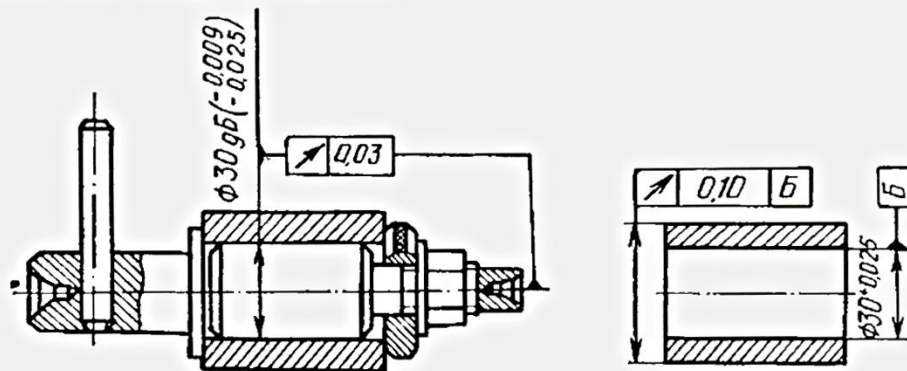


Продолжение табл. 91

Погрешность	Расчет точности
Расчетный параметр	Несимметричность паза 10 относительно $\varnothing 12$ не более 0,08
Базирования	$\epsilon_6 = 0$, так как совмещены измерительная и установочная базы
Закрепления	$\epsilon_3 = 0$, так как при закреплении не происходит смещения заготовки в направлении выдерживаемого размера
Установки приспособления	$\epsilon_y = l(s/l_{\text{шп}}) = 58 \times (0,044/120) = 0,021$, где $s = 0,044$ — максимальный зазор между шпонкой и пазом стола при посадке $\frac{H8}{h8}$; $l_{\text{шп}} = 120$; $l = (20 + 20 + 18) = 58$
Смещения инструмента	$\epsilon_{\text{ин}} = \Delta_{\text{ш}} + T_{\text{ш}} = 0,005 + 0,004 = 0,009$, где $\Delta_{\text{ш}} = 0,005$ — точность деления шкалы механизма перемещения фрезы; $T_{\text{ш}} = 0,004$ — точность изготовления щупа
Износа установок элементов	$\epsilon_{\text{и}} = 0$, так как паз располагается симметрично относительно изнашиваемой поверхности призмы
Экономическая точность обработки	$\omega = 0,022$ для фрезерования по 8-му качеству
Допустимая изготовления приспособления	$[\epsilon]_{\text{пр}} = T - k_r \sqrt{(k_{r1}\epsilon_6)^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_{\text{и}}^2 + \epsilon_{\text{пш}}^2 + (k_{r2}\omega)^2} = 0,08 - 1,2 \sqrt{0 + 0 + 0,021^2 + 0 + 0,009^2 + (0,6 \times 0,022)^2} = 0,08 - 0,034 = 0,046$
Изготовления деталей приспособления	Погрешность приспособления, связанная со смещением паза 10 относительно поверхности $\varnothing 12$, состоит из погрешности изготовления призм (несимметричность оси калибра $\varnothing 12$ относительно направляющих призм) и погрешности направляющих призм (зазор между направляющими и призмами). Вве-

Погрешность	Расчет точности
	дем в технические требования на изготовление призмы допуск на несимметричность оси калибра $\varnothing 12$ относительно направляющих призм 0,02 и посадку призм в направляющих $\frac{H7}{g6}$, что даст максимальный зазор 0,034. Суммирование этих погрешностей даст $\epsilon_{np} = \sqrt{0,02^2 + 0,034^2} = 0,037$, что меньше допустимой погрешности $[\epsilon]_{np} = 0,046$

92. Жесткая токарная оправка

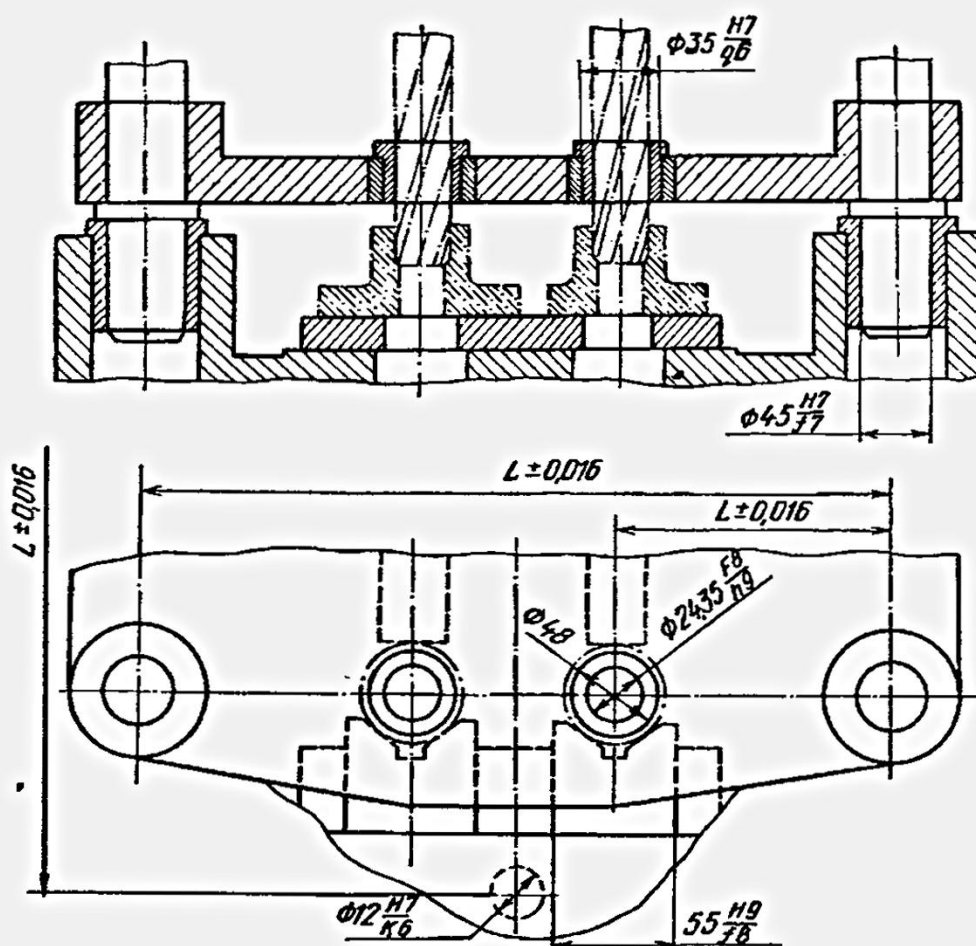


Погрешность	Расчет точности
Расчетный параметр	Обеспечение радиального биения обрабатываемой наружной поверхности относительно базового отверстия в пределах 0,10
Базирования	$\epsilon_6 = S_{max.дет} - S_{min.опр} = 30,023 - 29,975 = 0,048$
Закрепления	$\epsilon_3 = 0$, так как оправка жесткая
Установки приспособления	$\epsilon_y = \Delta c = 0,02$, где Δc — смещение оси центров после перезакрепления оправки, принимается в пределах 0,01...0,03
Смещения инструмента	$\epsilon_{ин} = 0$

Продолжение табл. 92

Погрешность	Расчет точности
Износа установочных элементов	$\epsilon_n = U = 0,023$, где $U = U_0 k_1 k_2 k_3 k_4 (N/N_0) = 0,025 \times 0,97 \times 1 \times 0,94 \times 1 = 0,023$; $U_0 = 0,025$ для оправки из стали 45 с хромовым покрытием; $k_1 = 0,97$ для незакаленной стали; $k_2 = 1$ для обработки на универсальном станке; $k_3 = 0,94$ для обработки с охлаждением; $k_4 = 1$ для $N = 100 \times 10^3$
Экономическая точность обработки	$\omega = 0,062$ для чистового точения по 9-му качеству
Допустимая изготовления приспособления	$[\epsilon]_{\text{пр}} = \delta - k_r \sqrt{(k_{r1} \epsilon_0)^2 + \epsilon_z^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_n^2 + \epsilon_{\text{он}}^2 + (k_{r2} \omega)^2} = 0,10 - 1,1 \sqrt{(0,8 \times 0,048)^2 + 0 + 0,020^2 + 0,023^2 + 0 + (0,6 \times 0,062)^2} = 0,10 - 0,067 = 0,033$
Допустимая изготовления деталей приспособления	В технических требованиях на приспособление и на изготовление оправки должно быть оговорено радиальное биение установочной поверхности $\varnothing 30$ g6 относительно центров в пределах не более 0,03

93. Приспособление к агрегатному станку для зенкерования отверстия



Погрешность	Расчет точности
Расчетный параметр	Обеспечение радиального биения наружного контура бобышки $\varnothing 48$ относительно обрабатываемого размера $\varnothing 24 + 0,52$ в пределах 0,9
Базирования	$\epsilon_6 = 0,5$ $T_d = 0,5 \times 1,2 = 0,6$, где $T_d = 1,2$, так как допуск на изготовление заготовки штамповой на ГKM равен $\varnothing 48 \pm 0,6$
Закрепления	$\epsilon_3 = 0,150$ для заготовки, полученной горячей штамповкой при установке в приспособлении с винтовым зажимом
Установки приспособления	$\epsilon_y = T_{L1} + 0,25 \Sigma s''_{max} = 0,032 + 0,25 \times 0,034 = 0,041$, где T_{L1} — допуск на коор-

Погрешность	Расчет точности
	динаты штифтовых отверстий $L_1 \pm 0,016$, определяющих положение приспособления на столе станка; $\Sigma s_{\max}$ — сумма максимальных зазоров в посадке штифтов в отверстия; при посадке $\frac{H7}{k6}$ максимальный зазор при диаметре штифта 12 мм равен 0,017, для случая установки приспособления на два штифта он составляет: $2 \times 0,017 = 0,034$
Смещения инструмента	$e_{\text{ин}} = \sqrt{e_{\text{ин1}}^2 + e_{\text{ин2}}^2} = \sqrt{0,210^2 + 0,068^2} = 0,221,$ где $e_{\text{ин1}}$ — погрешность смещения инструмента от зазоров в направляющих элементах кондукторной плиты; $e_{\text{ин2}}$ — погрешность смещения инструмента от погрешностей установки кондукторной плиты относительно приспособления. $e_{\text{ин1}} = 0,5 \Sigma s_{\max} + \Sigma s_{\max} (l_1 + m) / l = 0,5 \times \times 0,155 + 0,155 (20 + 10) / 35 = 0,210,$ где $\Sigma s_{\max} = s_1 + s_2 = 0,105 + 0,050 = 0,155$; s_1 — максимальный зазор между кондукторной втулкой и зенкером; s_2 — максимальный зазор между сменной и постоянной втулками; D_n — номинальный размер зенкера определяется с учетом деления допуска отверстия с запасом на износ; обычно $D_n = D_{\text{ном}} + 2/3 T_D$. В этом случае $D_n = 24 + 2/3 \times 0,52 = 24,35$. Назначив допуск на зенкер по посадке $H9$, получим исполнительный размер зенкера $\varnothing 24,35 - 0,052$. Назначив допуск для кондукторной втулки $F8$, получим исполнительный размер кондукторной втулки $\varnothing 24,35 \pm 0,053$. В этом случае $s_1 = D_{\text{макс.вт}} - D_{\text{мин.зенк}} = 24,403 - 24,298 = 0,105$. Назначив посадку кондукторной втулки в постоянную втулку $\frac{H7}{g6}$ и приняв посадочный диаметр равным 35, получим $s_2 = 0,050$; $l_1 = 20$ — длина обрабатываемого отверстия; $m = 0,3 D_n = 0,3 \times 35 \approx 10$ — расстояние между кондукторной втулкой и заготовкой; $l = 35$ — длина кондукторной втулки. $e_{\text{ин2}} = T_L + 0,25 \Sigma s'_{\max} = 0,032 + 0,25 \times \times 0,150 = 0,068,$

Погрешность	Расчет точности
	где T_L — допуск на координаты расположения направляющих скалок $L \pm 0,016$, определяющих положение кондукторной плиты относительно приспособления; $\Sigma s'_{max}$ — сумма максимальных зазоров в сопряжении направляющих скалок с приспособлением при посадке направляющей скалки $\varnothing 45$ во втулку корпуса по посадке $\frac{H7}{f7}$, максимальный зазор будет равен 0,075, для двух скалок $\Sigma s'_{max} = 0,150$
Износа установочных элементов	$\epsilon_n = U / \sin \alpha = 0,125 / \sin 45^\circ = 0,178$, где $U = U_0 k_1 k_2 k_3 k_4 N / N_0 = 0,110 \times 0,97 \times 1,25 \times 0,94 \times 1 = 0,125$; $U_0 = 0,110$ по табл. 81 для призмы из стали У10А; $k_1 = 0,97$ при обработке незакаленных сталей; $k_2 = 1,25$ при обработке на агрегатном станке; $k_3 = 0,94$ для зенкерования стали с охлаждением; $k_4 = 1$ для числа установок $N = 50 \times 10^3$
Экономическая точность обработки	$\omega = 0,13$ для зенкерования по 11-му качеству
Допустимая изготовления приспособления	$[e]_{пр} = T - k_r \sqrt{(k_{r1} \epsilon_0)^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_y^2 + \epsilon_n^2 + \epsilon_{пр}^2 + (k_{r2} \omega)^2} = 0,9 - 1,1 \sqrt{0,8 \times 0,6^2 + 0,15^2 + 0,041^2 + 0,125^2 + 0,221^2 + (0,7 \times 0,13)^2} = 0,9 - 1,1 \times 0,57 = 0,27$
Изготовления деталей приспособления	Погрешность приспособления, связанная с радиальным биением наружного контура бобышки относительно обрабатываемого отверстия состоит из двух взаимно перпендикулярных погрешностей $\epsilon_{пр} = \sqrt{\epsilon_{пр.x}^2 + \epsilon_{пр.y}^2}$ где $\epsilon_{пр.x}$ — погрешность смещения оси калибра $\varnothing 48$ с оси симметрии призмы и $\epsilon_{пр.y}$ — погрешность регулировки призмы в направлении оси призмы относительно кондукторной втулки. Приняв посадку призмы в направляющих $55 \frac{H9}{f8}$, получим максимальный зазор в сопряжении 0,150 мм. Примем значение допустимой

Погрешность	Расчет точности
	несимметричности калибра $\varnothing 48$ относительно боковых поверхностей призм 0,06, получим $\epsilon_{пр.х} = 0,15 + 0,06 = 0,21$. Тогда погрешность регулировки призмы относительно кондукторной втулки должна быть не больше $\epsilon_{пр.у} \leq \sqrt{\epsilon_{пр}^2 - \epsilon_{пр.х}^2} = \sqrt{0,27^2 - 0,21^2} = 0,16$ и должна быть оговорена в технических требованиях на сборку приспособления.

Глава XI

СИЛОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Расчет сил зажима

Обрабатываемая деталь находится в равновесии вследствие действия сил как возникающих в процессе обработки, так и зажима и реакций опор. Основными силами процесса обработки являются силы резания. При расчете сил зажима редко учитываются силы веса, центробежные и инерционные, возникающие при определенных условиях обработки.

Величина сил зажима рассчитывается исходя из условия равновесия всех перечисленных сил при полном сохранении контакта базовых поверхностей обрабатываемой детали с установочными элементами приспособления и при исключении возможности сдвига в процессе обработки. При расчетах следует определять требуемую силу зажима с учетом коэффициента запаса k , предусматривающего возможное увеличение силы резания из-за затупления режущего инструмента, неоднородности обрабатываемого металла, неравномерности припуска, непостоянства установки, ненадлежащего закрепления заготовки и т. д.

Зажимные устройства должны быть такими, чтобы:

при зажиме не нарушалось заданное положение детали; приложение силы зажима было как можно ближе к месту обработки;

точка приложения силы зажима находилась в зоне, образованной условными линиями, соединяющими опорные точки детали в приспособлении;

зажимы не вызывали деформации деталей и порчи их поверхностей;

закрепление и открепление детали производилось с минимальной затратой сил и времени рабочего;

силы резания по возможности не воздействовали на зажимные устройства;

при закреплении недостаточно жестких деталей силы зажима располагались над опорами или близко к ним.

При расчете сил зажима определяются место их приложения и направления, а также величины:

сил резания и моменты их воздействия на обрабатываемую деталь, а при необходимости — инерционные и центробежные силы, возникающие при обработке;

сил зажима путем умножения найденного их значения на коэффициент запаса.

В общем виде усилие равновесия детали в приспособлении, возникающее под действием сил резания и сил зажима, может быть представлено в виде формулы

$$W \geq kfP_{\text{рез}},$$

где k — коэффициент запаса; f — коэффициент трения в местах контакта детали и приспособления, $P_{\text{рез}}$ — усилия резания.

По характеристикам жесткости и надежности зажимные устройства делятся на две группы:

I — зажимные устройства, имеющие самотормозящие механизмы (винтовые, клиновые, безроликовые, эксцентриковые). В случае резкого возрастания сил резания им будут пропорциональны упругие силы отжима и не произойдет резкого нарушения контакта зажимного устройства с деталью;

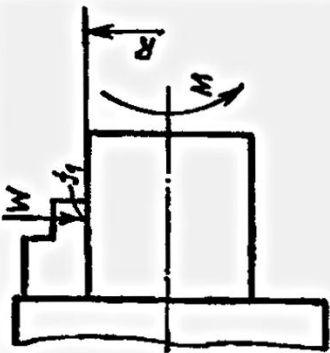
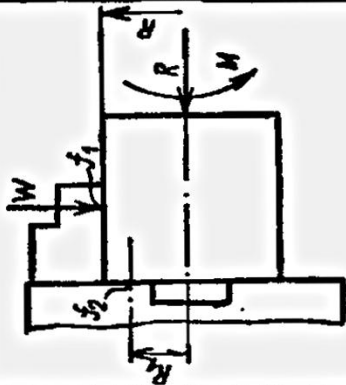
II — пневматические, гидравлические, пневмогидравлические и другие механизмы прямого действия, не обладающие самотормозящими свойствами. При резком возрастании сил резания вследствие превышения противодействующей силы происходит нарушение контакта зажимного устройства с деталью, что может привести к резкому перемещению обрабатываемой детали. В связи с этим рекомендуется рассчитывать силы зажима с учетом принадлежности зажимного устройства к одной из групп. Формулы для определения сил зажима приведены в табл. 94.

Коэффициент k рассчитывается применительно к конкретным условиям обработки по формуле

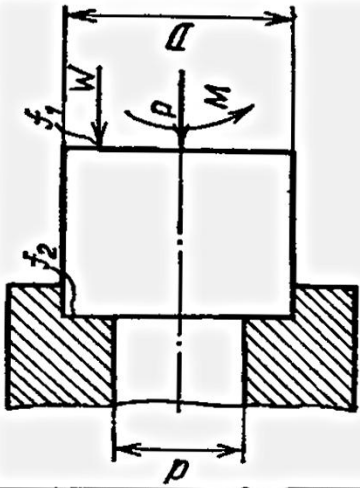
$$k = k_0, k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6,$$

где $k_0 = 1,5$ — гарантированный коэффициент запаса для всех случаев; k_1 — коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовок, для черновой заготовки $k_1 = 1,2$, для чистовой заготовки $k_1 = 1,0$; k_2 — коэффициент, учитывающий увеличение сил резания от прогрессирующего затупления инструмента, значения приведены в табл. 95; k_3 — коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании, при точении $k_3 = 1,2$; k_4 — коэффициент, учитывающий постоянство сил зажима, развиваемой силовым приводом приспособления; $k_4 = 1$ при использовании пневмо- и гидроцилиндров двойного действия, электромеханических, магнитных и вакуумных приво-

200 94. Расчетные формулы сил зажима

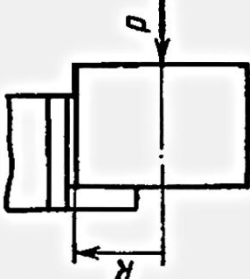
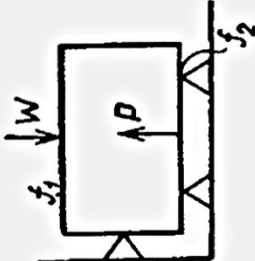
Назначение зажимного устройства	Схема закрепления	Сила зажима W при применении зажимных устройств	
		самотормозящих (I группа)	несамотормозящих (II группа)
Предотвращение проворачивания от действия крутящего момента M			$\frac{kM}{3f_1R}$
Предотвращение проворачивания и сдвига от действия крутящего момента M и осевой силы P			$\frac{kM + f_2R_1P}{3f_1R - 3f_1f_2R_1}$

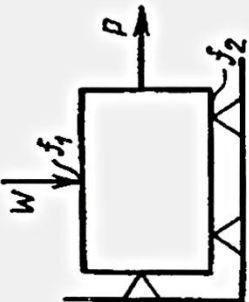
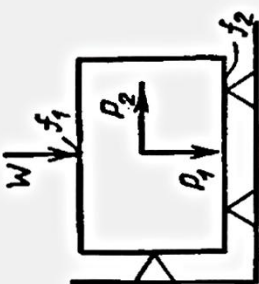
Продолжение табл. 94

Назначение зажимного устройства	Схема закрепления	Сила зажима W при применении зажимных устройств	
		самотормозящих (I группа)	несамотормозящих (II группа)
Предотвращение проворачивания от действия крутящего момента M и осевой силы P: при достаточной тангенциальной жесткости приспособления при малой тангенциальной жесткости приспособления	 $R_{np} = \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}$	$\frac{kM - f_2 R_{np} P}{f_1 R_1 + f_2 R_{np}}$	$\frac{kM + f_1 R_1 P \frac{j_1}{j_1 + j_2} - f_2 R_{np} P \frac{j_2}{j_1 + j_2}}{f_1 R_1 + f_2 R_{np}}$
		$\frac{kM - f_2 R_{np} P}{f_2 R_{np}}$	$\frac{kM - f_2 R_{np} P \frac{j_2}{j_1 + j_2}}{f_2 R_{np}}$

Назначение зажимного устройства	Схема закрепления	Сила зажима W при применении зажимных устройств	
		самотормозящих (I группа)	несамотормозящих (II группа)
Предотвращение проворачивания от действия крутящего момента M и осевой силы P ; при достаточной тангенциальной жесткости приспособления		$\frac{kM - f_2 R_2 P}{f_1 R_1 + f_2 R_2}$	$\frac{kM + f_1 R_1 P}{f_1 + f_2} - \frac{f_2 R_2 P}{f_1 + f_2}$
при малой тангенциальной жесткости приспособления		$\frac{kM - f_2 R_2 P}{f_2 R}$	$\frac{kM - f_2 R_2 P}{f_2 R} \frac{f_1 + f_2}{f_1 + f_2}$
Предотвращение проворачивания от действия крутящего момента M		$\frac{kM}{R(f_1 + f_{np})}$	

Продолжение табл. 94

Назначение зажимного устройства	Схема закрепления	Сила зажима W при применении зажимных устройств	
		самотормозящих (I группа)	несамотормозящих (II группа)
Предотвращение сдвига от действия осевой силы P	 $f_{np} = f_2 \sin \alpha$ $\frac{kP}{f_1 + f_{np}}$		
Предотвращение отрыва от действия силы P		kP	$kP \frac{j_2}{j_1 + j_2}$

Назначение зажимного устройства	Схема закрепления	Сила зажима W при применении зажимных устройств	
		самотормозящих (I группа)	несамотормозящих (II группа)
Предотвращение сдвига от действия силы P		$\frac{kP}{f_1 + f_2}$	
Предотвращение сдвига от действия сил P_1 и P_2		$\frac{kP_2 - P_1 f_2}{f_1 + f_2}$	$\frac{k_2 P_2 + f_1 P_1 \frac{f_1}{f_1 + f_2} - f_2 P_1 \frac{f_2}{f_1 + f_2}}{f_1 + f_2}$

Продолжение табл. 94

Назначение зажимного устройства	Схема закрепления	Сила зажима W при применении зажимных устройств	
Назначение зажимного устройства	Схема закрепления	самотормозящих (I группа)	несамотормозящих (II группа)
Предотвращение смещения детали от действия силы P вокруг опоры O		$\frac{3krP}{j_1(r_1 + r_2 + r_3) + 3j_2r_4}$	

Примечание. Буквы в формулах обозначают: R — радиус детали в месте зажима; R_1 — средний радиус расположения площадки контакта; f_1 — коэффициент трения с установочными элементами; f_2 — коэффициент трения с зажимными элементами; $f_{пр}$ — приведенный коэффициент трения; j_1 — жесткость стыка зажимного элемента и детали; j_2 — жесткость стыка установочного элемента и детали; $j_1/(j_1 + j_2) = 0,3...0,4$; $j_2/(j_1 + j_2) = 0,6...0,7$ — приближенные значения жесткости стыков.

95. Значения коэффициента k_2

Метод обработки	Компоненты сил резания	Значения	
		для чугуна	для стали
Сверление	m_k P_z	1,2 1,1	—
Зенкерование предварительное (по корке)	M_k P_z	1,3 1,2	—
Зенкерование чистовое	M_k P_z	1,2 1,2	
Предварительное точение и растачивание	P_z P_y P_x	1,0 1,2 1,25	1,0 1,4 1,6
Чистовое точение и растачивание	P_z P_y P_x	1,05 1,40 1,30	1,00 1,05 1,00
Фрезерование предварительное и чистовое цилиндрической фрезой	P_z	1,2...1,4	1,6...1,8* 1,2...1,4**
Фрезерование предварительное и чистовое торцевой фрезой	P_z	1,2...1,4	1,6...1,8* 1,2...1,4**
Шлифование	P_z	—	1,1...1,2
Протягивание	P	—	1,5

* Для вязких сталей.

** Для твердых сталей.

дов; $k_4 = 1,2$ при применении пневмокамер, пневморасчетных систем, приспособлений с упругими элементами (мембраны, гидропласт и др.); $k_4 = 1,3$ при применении ручного зажима и пневмо- и гидроцилиндров одностороннего действия; k_5 — коэффициент, учитывающий эргономику ручных зажимных элементов; $k_5 = 1$ при удобном расположении и малом угле поворота рукоятки; $k_5 = 1,2$ при неудобном расположении и большом угле поворота рукоятки; k_6 — коэффициент, учитываемый только при наличии крутящих моментов, стремящихся повернуть обрабатываемую деталь; $k_6 = 1$, если обрабатываемая деталь

установлена базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта; $k_6 = 1,5$, если обрабатываемая деталь установлена на планки или другие элементы с большой поверхностью контакта.

Если в результате расчета значение коэффициента запаса окажется меньше 2,5, его принимают равным этой величине.

Значения коэффициента трения для различных видов контакта детали и приспособления приведены в табл. 96.

Расчет сил зажима может быть сведен к задаче статики на равновесие заготовки под действием приложенных к ней внешних сил. В табл. 97...101 приведены расчетные зависимости для определения сил, действующих в различных станочных приспособлениях.

96. Коэффициент трения f

Условия контакта заготовки и приспособления	Значение f
Заготовка контактирует с опорными пластинами приспособления: обработанными поверхностями необработанными поверхностями	0,15 0,2...0,25
Заготовка контактирует с опорами со сферической головкой приспособления необработанными поверхностями	0,25
Заготовка контактирует с рифлеными опорными пластинами приспособления необработанными поверхностями	0,7
Заготовка закреплена в патроне с кулачками: гладкими с кольцевыми канавками с взаимно перпендикулярными канавками с острыми рифлениями	0,15...0,2 0,3...0,4 0,4...0,5 0,7...0,9

97. Усилия зажима при обработке на сверлильных станках

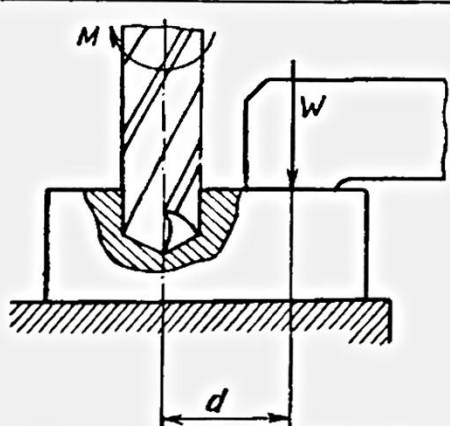
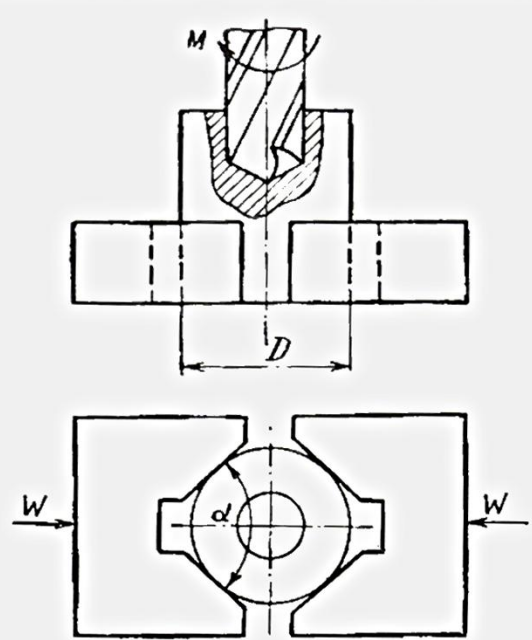
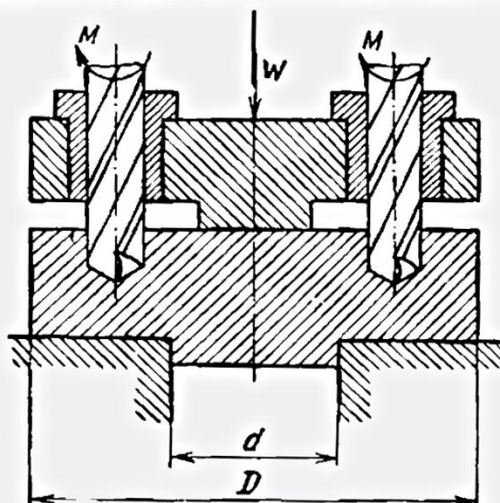
Схема зажима	Расчетная формула
Прихваты 	$W = \frac{kM}{fd}$

Схема зажима	Расчетная формула
В призмах 	$W = \frac{kM \sin \alpha}{fD}$
Торцевого 	$W = \frac{kMn}{f \frac{D^3 - d^3}{3 D^2 - d^2}}$

Примечание. Буквы в формулах обозначают: M — крутящий момент на сверле; n — число одновременно работающих сверл; f — коэффициент трения на рабочих поверхностях зажимов, для гладких поверхностей $f=0,25$, с крестообразно нарезанными канавками $f=0,45$; 2α — угол призмы, град; k — коэффициент запаса.

98. Усилия зажима при токарной обработке в кулачковом патроне

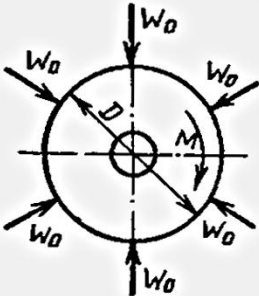
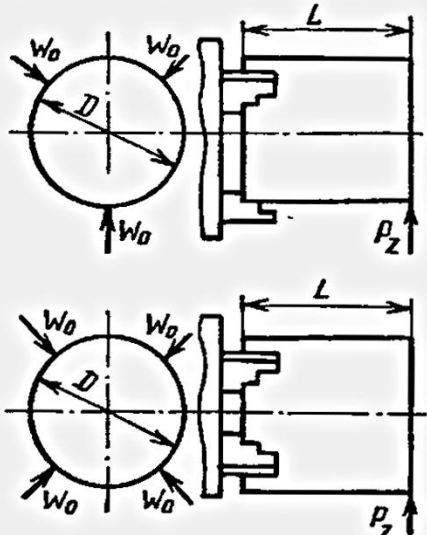
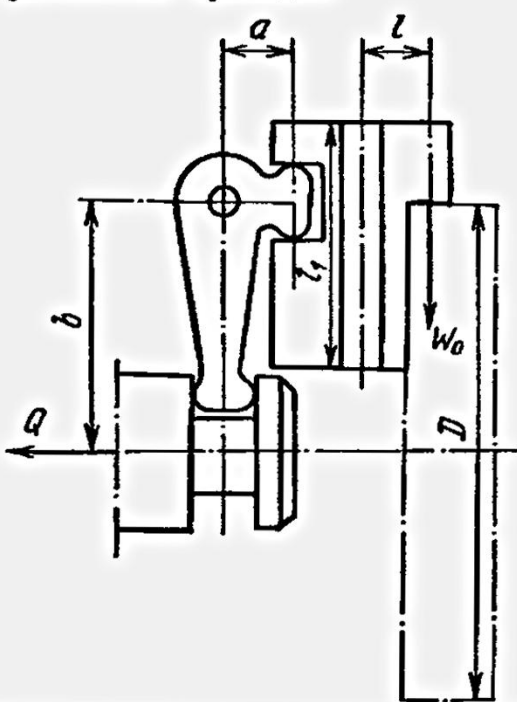
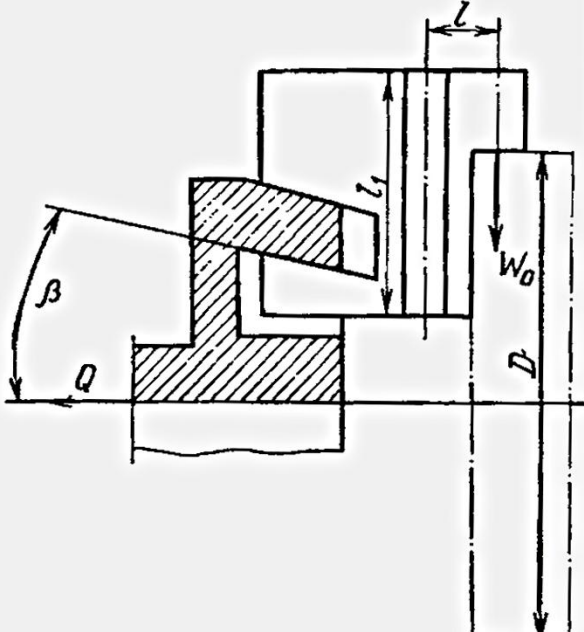
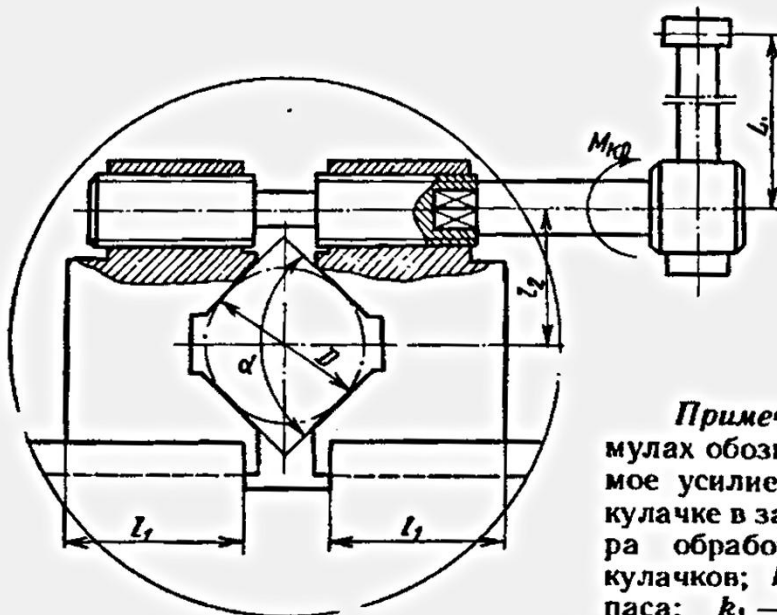
Схема патрона	Расчетная формула
Для крепления коротких деталей 	$W_0 = \frac{2kM}{\pi f D}$
Для крепления длинных деталей 	В 3-кулачковом патроне $W_0 = \frac{1,33kLP_z}{fD};$ в 4-кулачковом патроне $W_0 = \frac{0,7kLP_z}{fD}$
С рычажным приводом 	$Q = nk_1 \left(1 + \frac{3l}{l_1} f_1\right) \frac{a}{b} W_0 \frac{D_1}{D}$

Схема патрона	Расчетная формула
С клиновым приводом 	$Q = nk_1 \left(1 + \frac{3l}{l_1} f_1\right) \operatorname{tg}(\beta + \varphi) W_0 \frac{D_1}{D}$

С винтовым приводом двухкулачковый призматический

$$M_{кр} = QL = \frac{P_z \sin \alpha}{f \left(1 - \frac{f_1}{l_1}\right)} \frac{r_{ср} \operatorname{tg}(\alpha' + \varphi_{пр})}{\left(1 - \frac{3l_2}{l_1} f_1\right) \frac{W_0}{2} \frac{D_1}{D}}$$

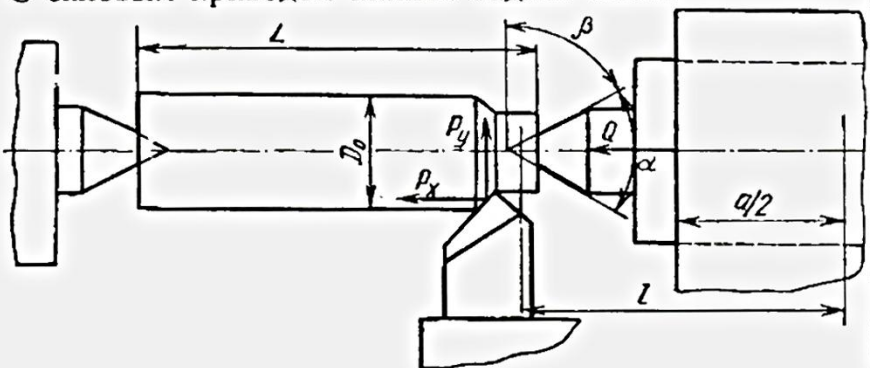
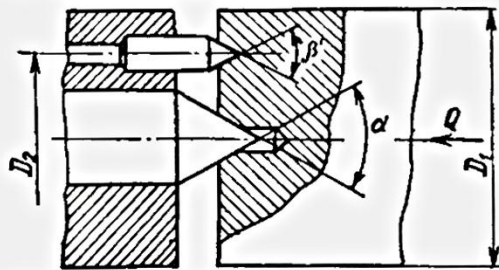
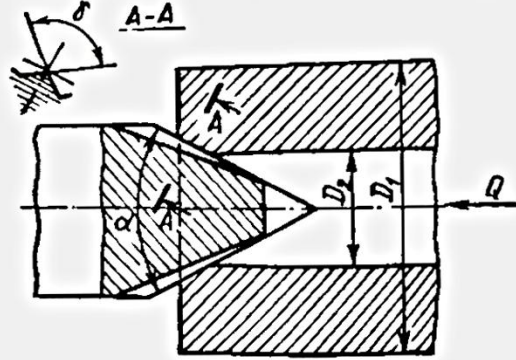


Примечание. Буквы в формулах обозначают: W_0 — требуемое усилие зажима на каждом кулачке в зависимости от диаметра обработки; n — количество кулачков; k — коэффициент запаса; k_1 — коэффициент, учи-

тывающий дополнительные силы трения в патроне, $k_1 = 1,05$; M — крутящий момент от усилия резания; P_z — окружное усилие резания; 2α — угол призмы кулачка, при $2\alpha = 90^\circ$ и радиусных кулачках $\sin \alpha = 1$; f — коэффициент трения на рабочих поверхностях кулачков (для

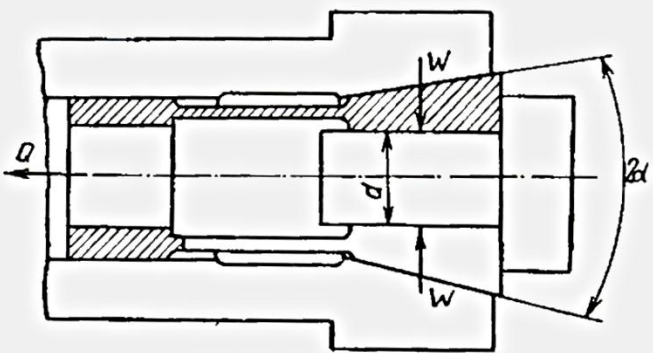
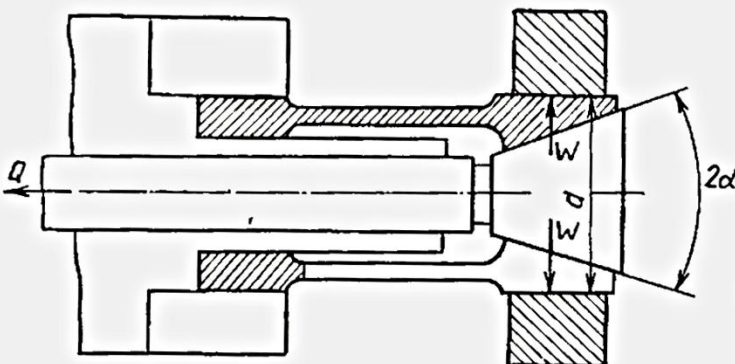
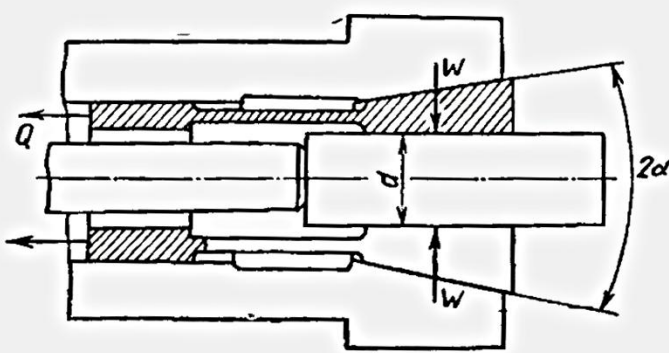
кулачков с гладкой поверхностью $f=0,25$; с кольцевыми канавками $f=0,35$; с крестообразными канавками $f=0,45$; с односторонне нарезанными зубьями параллельно оси патрона $f=0,8$); D_1 — диаметр обрабатываемой поверхности; D — диаметр зажимной поверхности; l — вылет кулачка от его опоры до центра приложения усилия зажима; l_1 — длина направляющей части кулачка; l_2 — расстояние между осью зажимного винта и продольной осью призмы; β — угол клина, град; φ — угол трения на наклонной поверхности клина, град; f_1 — коэффициент трения в направляющих кулачков, $f_1=0,10\ldots 0,15$; L — длина рукоятки ключа; $r_{\text{ср}}$ — средний радиус резьбы; $\varphi_{\text{пр}}$ — приведенный угол трения в резьбе, град.; α' — угол подъема резьбы винта, град.

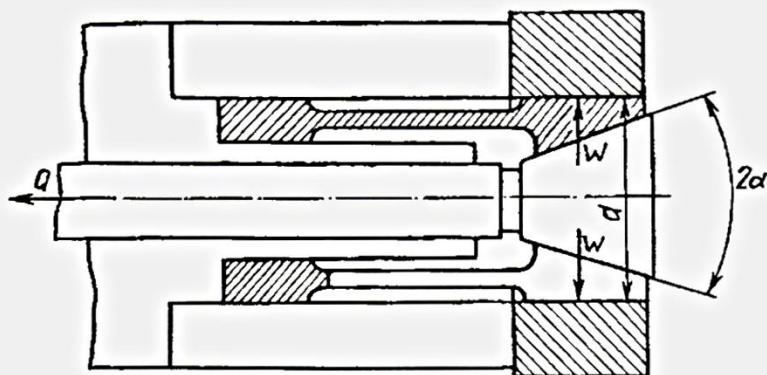
99. Усилия зажима при токарной обработке в центрах

Схема центра	Расчетная формула
С силовым приводом пиноли задней бабки 	$W = k \sqrt{P_z^2 + \left(P_y - P_x \frac{D_0}{2l} \right)^2} \times \frac{1 - \operatorname{tg}(\beta + \varphi_1) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \frac{3l}{a}}{\operatorname{tg}(\beta + \varphi_1)}$
С поводковым устройством 	$W \geq \pi P_z \times \operatorname{tg} \frac{\beta' D_1}{2 D_2} \quad (2)$ усилие, необходимое для внедрения поводков в торец детали
С рифленным поводковым центром 	$W \geq \frac{2P_z \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}}{\sin \alpha} \times \frac{D_1}{D_2} \quad (3)$ усилие, необходимое для внедрения рифленного поводкового центра

Буквы в формулах обозначают: P_x, P_y, P_z — составляющие сил резания; D_1 — диаметр детали; L — длина детали; β — угол между образующей конуса центра задней бабки и осью суппорта, $\beta = 90^\circ - \alpha$; 2α — угол при вершине центра; φ_1 — угол трения на поверхности конуса центра, $\varphi_1 = 3^\circ$; φ_2 — угол трения на поверхности пиноли, $\varphi_2 = 3^\circ$; l — расстояние от середины центрального гнезда до середины пиноли, мм; a — длина пиноли, мм; β' — угол при вершине поводка и при вершине сечения рифма, град; D_2 — диаметр окружности поводков; k — коэффициент запаса.

100. Усилия зажима при токарной обработке в цанговом патроне

Схема патрона	Расчетная формула
Цанговый без упора, ограничивающего осевое перемещение детали  	$Q = (W + W_1) \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)$
Цанговый с упором, ограничивающим осевое перемещение детали 	$Q = (W + W_1) [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]$



Примечание. Буквы в формулах обозначают: $W = \frac{k}{f} \sqrt{\frac{4m^2}{d^2} + P_0^2}$ —

требуемое суммарное усилие зажима; W_1 — усилие, необходимое для сжатия лепестков цанги до соприкосновения с поверхностью детали; k — коэффициент запаса; f — коэффициент сцепления между рабочими поверхностями цанги и детали; P_0 — осевое усилие; M — крутящий момент от усилия резания; d — диаметр базовой поверхности; 2α — угол конуса цанги; φ_1 — угол трения между цангой и корпусом; φ_2 — угол трения между цангой и деталью в осевом направлении.

101. Усилия зажима при обработке на фрезерных станках

Схема зажима	Расчетная формула
Тиски	$W = k \frac{P_2(b + af) + P_1 z_0}{af^2 + bf + z}$

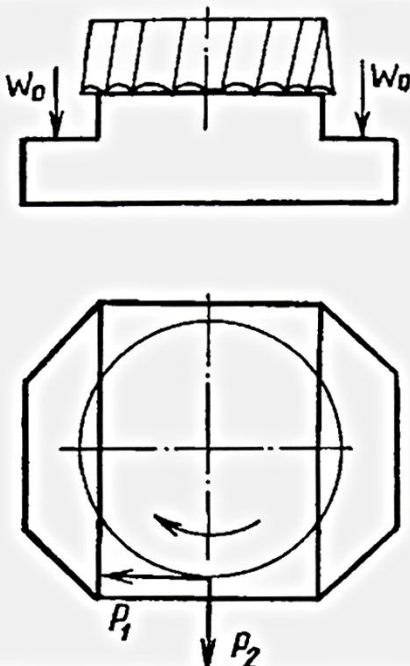
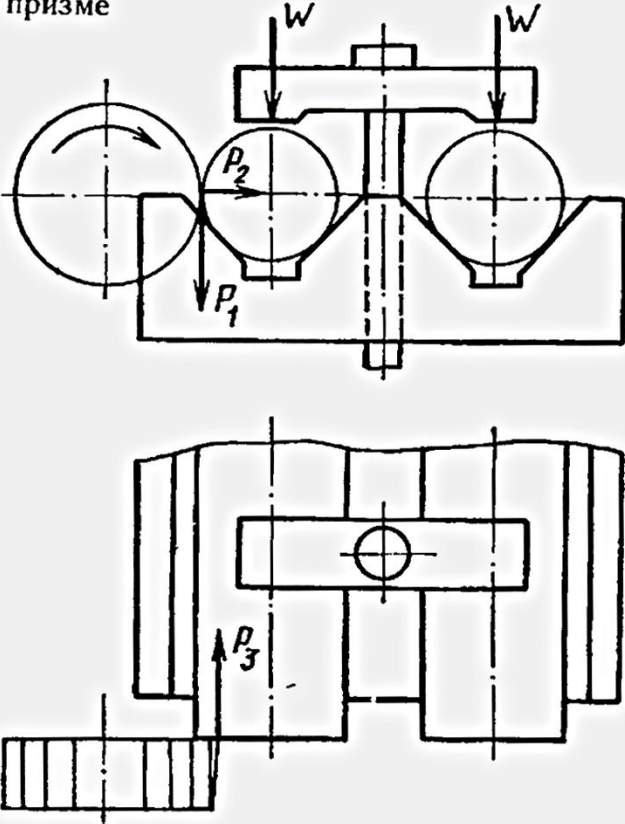
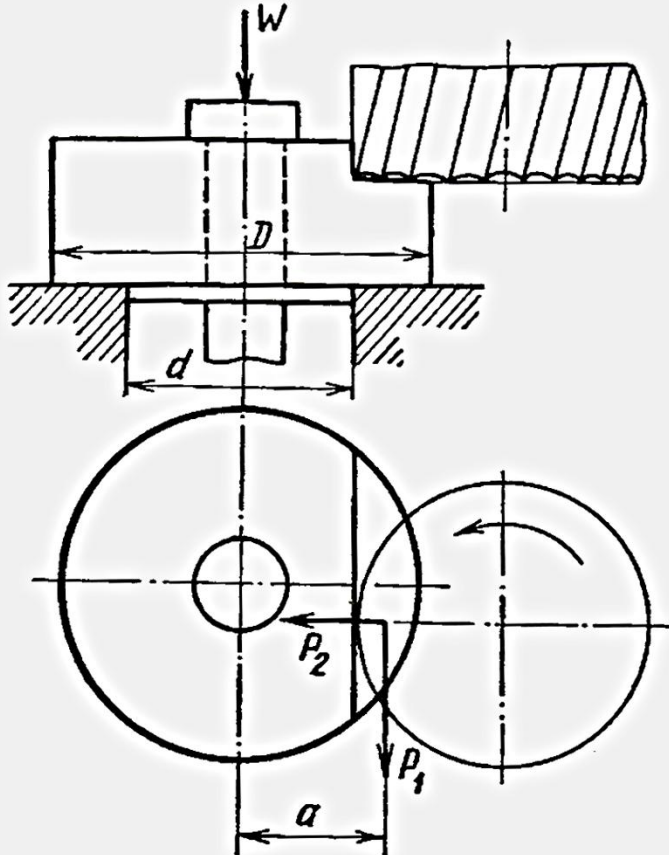
Схема зажима	Расчетная формула
Прихваты 	$W = W_{on} = \frac{k}{f} \sqrt{P_1^2 + P_2^2}$
В призме 	$W = \frac{k}{f} \cdot \sin \alpha \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + P_3^2}$

Схема зажима	Расчетная формула
Центрального торцевого 	$W = \frac{a \sqrt{P_1^2 + P_2^2}}{\frac{f}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}$

Примечание. Буквы в формулах обозначают: P_1, P_2, P_3 — составляющие условия резания; f — коэффициент трения на рабочих поверхностях зажимов, для гладких поверхностей $f = 0,25$, с крестообразно нарезанными канавками $f = 0,45$; k — коэффициент запаса; n — число прихватов; 2α — угол призмы, град.

102. Усилия зажима при токарной обработке на оправках

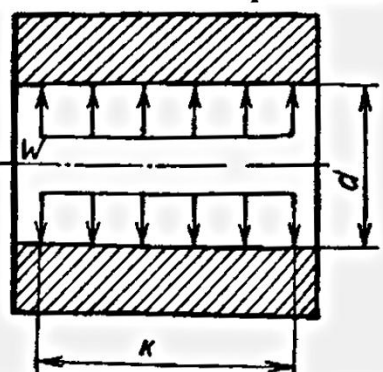
Схема оправки	Расчетная формула
Прессовой цилиндрической 	$W = \frac{0,64kM}{d^2 l_k f}$

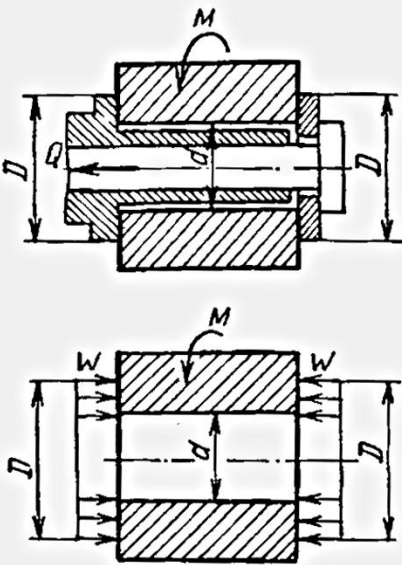
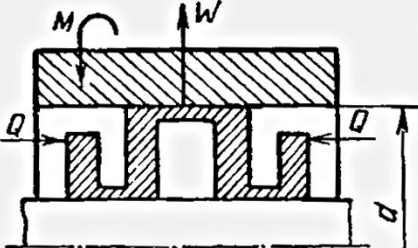
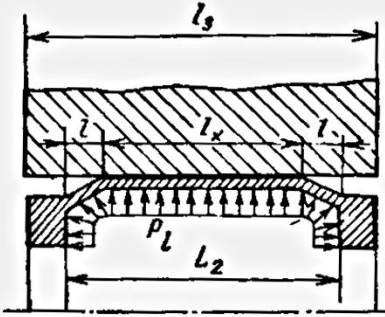
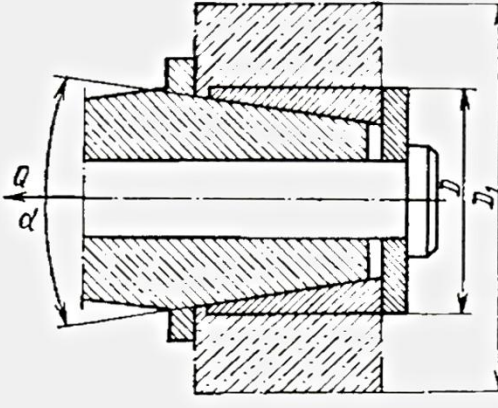
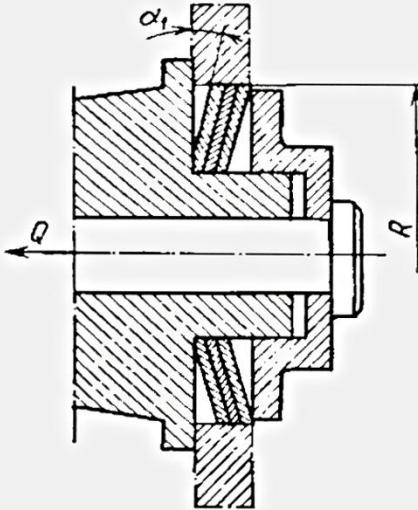
Схема оправки	Расчетные формулы
Цилиндрической с гарантированным зазором 	$W = Q = \frac{3,8kM(D^2 - d^2)}{f(D^3 - d^3)}$
С гофрированными втулками 	$W = \frac{0,64kM}{d^3f},$ где n — число втулок $Q = \frac{kM}{0,21d^2n \cdot 10^{-4}}$
Гидропластмассовая 	$W = \frac{0,64kM}{d^2L_3f}$

Схема оправки	Расчетные формулы
С разрезной втулкой 	$Q = \frac{2kM}{fd} [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + f]$
С тарельчатыми пружинами 	$Q = \frac{1,33kM \operatorname{tg} \alpha'}{fR}$

Примечание. Буквы в формулах обозначают: k — коэффициент запаса; M — крутящий момент от усилия резания; D — диаметр обрабатываемой поверхности; d — диаметр оправки; f — коэффициент трения между оправкой и деталью, $f = 0,1 - 0,15$; φ — угол трения на поверхности контакта оправки с разрезной втулкой в град; α' — угол наклона тарелки (в рабочем положении $\alpha' = 10^\circ$); R — радиус установочной поверхности тарельчатой пружины; l_k — длина контакта гидропласт-массовой оправки с деталью

Винтовые механизмы

Усилие, развиваемое винтовым механизмом, зависит от величины приложенного момента, формы рабочего торца винта и вида резьбы.

В зависимости от формы рабочего торца винта усилие зажима определяется по формулам, приведенным в табл. 103.

Условия самоторможения винтового механизма определяются по зависимости: $\alpha < \varphi_{\text{пр}}$. Вследствие того, что для крепежных резьб величина угла подъема составляет от 1,5 до 4°, а приведенный угол трения изменяется в зависимости от величины коэффициента трения в пределах от 6 до 16°, то все крепежные резьбы являются самотормозящими.

Исходя из условий закрепления заготовки, выбирают тип нажимного винта, вычисляют КПД механизма и крутящий момент $M_{\text{кр}}$, который нужно приложить к винту для надежного закрепления заготовки. Если КПД меньше 0,4, винтовой механизм надежен против самоотвинчивания; в противном случае для винта следует выбрать резьбу с мелким шагом. По моменту $M_{\text{кр}}$ выбирают форму рукоятки с учетом требований эргономики (табл. 104).

При откреплении детали момент нужно увеличить примерно на 20 % по сравнению с закреплением.

Так как большинство винтовых механизмов самотормозящие, то их КПД меньше 0,5.

Номинальный диаметр резьбы может быть определен по формуле (мм)

$$d = c \sqrt{W / [\sigma_p]},$$

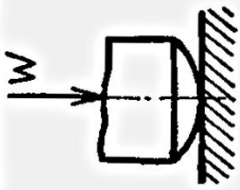
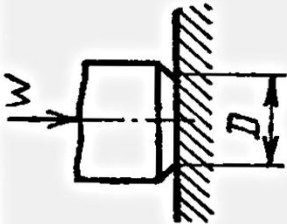
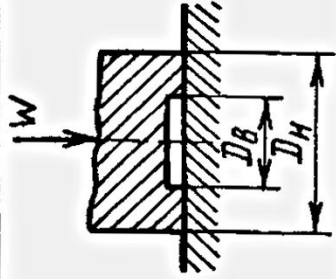
а допускаемое усилие, создаваемое винтовым механизмом (табл. 105), по выражению (Н):

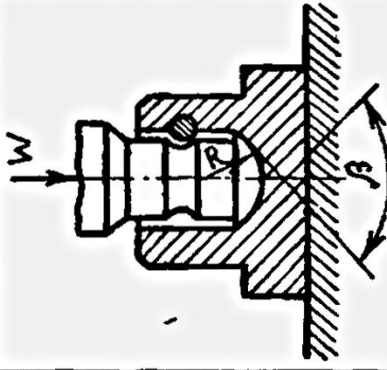
$$[W] = d^2 [\sigma_p] c^2,$$

где c — коэффициент для основных метрических резьб, $c \approx 1,4$; $[\sigma_p]$ — допускаемые напряжения материала, МПа (табл. 106).

В табл. 107 приведены числовые значения характеристик винтовых зажимов и допускаемые значения усилий, развиваемых винтовыми механизмами с метрической резьбой. Данные таблицы получены при: $\varphi_{\text{пр}} = 6^\circ 40'$; $f = 0,1$; $f_1 = 0,1$; $r_{\text{ср}} \approx 0,45 d$; $D = 0,8 d$; $D_n = 1,7 d$; $D_b = d$; $\alpha = 2^\circ 30'$; $\beta = 120^\circ$; $R = 0,8 d$.

103. Расчетные усилия винтовых механизмов

Форма венца винта (торца гайки)	Схема	Усилие зажима, H	КПД
Сферическая		$\frac{M_{кр}}{0,5 d \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})}$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})}$
Цилиндрическая		$\frac{M_{кр}}{0,5 d \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \frac{f_1 D_u}{3}}$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \frac{2 D_u}{3 d}}$
Под пята		$\frac{M_{кр}}{0,5 d \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + f_1 R \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}}$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \frac{2 R}{d} f_1 \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}}$

Форма конца винта (торца гайки)	Схема	Усилие зажима, H	КПД
Плоская кольцевая		$\frac{M_{кр}}{0,5 d \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + \frac{f_1}{3} \cdot \frac{D_n^3 - D_a^3}{D_n^2 - D_a^2}}$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр}) + \frac{2f_1}{3d} \cdot \frac{D_k - D_a}{D_n^2 - D_a^2}}$

Примечание. Буквы в формулах обозначают: $M_{кр}$ — крутящий момент, приложенный к винту, Н·мм, d — средний диаметр резьбы, мм; D_n — диаметр цилиндрического конца винта, мм; R — радиус сферы винта в мм; D_n , D_a — наружный и внутренний диаметры опорного торца, мм; β — угол конусного углубления наконечника, град; α — угол подъема резьбы, град; f_1 — коэффициент трения на плоском торце, $f_1 \approx 0,15$; $\varphi_{пр}$ — приведенный угол трения резьбы, град.

105. Допускаемые усилия, создаваемые винтовыми зажимами с метрической резьбой, кН

Резьба	Шаг s, мм	Допускаемые напряжения растяжения материала винта [σ _p], МПа													
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
M6	1	0,55	0,7	0,9	1,1	1,25	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,35	2,5	2,65	2,8
M8	1,25	0,95	1,3	1,6	1,9	2,25	2,6	2,85	3,2	3,5	3,8	4,15	4,5	4,85	5,2
M10	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,50	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
M12	1,75	2,15	2,9	3,6	4,3	5,05	5,8	6,45	7,2	7,9	8,6	9,35	10,1	10,85	11,6
M14	2	2,95	3,9	4,9	5,9	6,86	7,8	8,8	9,8	10,8	11,8	12,75	13,7	14,65	15,6
M16	2	3,85	5,1	6,4	7,7	8,95	10,2	11,5	12,8	14,15	15,4	16,65	17,9	19,15	20,4
M18	2,5	4,85	6,5	8,1	9,7	11,35	13,0	14,55	16,2	17,8	19,4	21,05	22,7	24,35	26,0
M20	2,5	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0	32,0
M22	2,5	7,25	9,7	12,1	14,5	16,95	19,4	21,75	24,2	26,6	29,0	31,45	33,9	36,35	38,7
M24	3	8,65	11,5	14,4	17,3	20,15	23,0	25,9	28,8	31,7	34,6	37,45	40,3	43,15	46,0
M27	3	10,95	14,6	18,25	21,9	25,55	29,2	32,85	36,5	40,15	43,8	47,45	51,1	54,75	58,4
M30	3,5	13,5	18,0	22,5	27,0	31,50	36,0	40,5	45,0	49,5	54,0	58,5	63,0	67,5	72,0
M33	3,5	15,15	20,2	25,25	30,3	35,35	40,4	45,5	50,5	55,5	60,55	65,6	70,7	75,75	80,8
M36	4	19,45	25,9	32,4	38,9	45,35	51,8	58,3	64,8	71,3	77,8	84,25	90,7	97,15	103,6

Примечание. Для резьб M6...M12 при неконтролируемой затяжке допускаемые напряжения следует уменьшить в 1,3...1,5 раза, для M12...M18 — в 1,1...1,3 раза.

106. Допускаемые напряжения материалов, применяемых для изготовления резьбовых изделий

Марка стали	Термообработка	Допускаемые напряжения при растяжении $[\sigma_p]$, МПа	
		при статической нагрузке	при переменной нагрузке
10	—	60...70	30...40
Ст 3	—	70...80	30...40
A12	—	80...90	40...50
35	—	100...110	50...60
45	Отжиг	100...120	50...60
45	Нормализация	120...140	60...70
45	Улучшение	150...170	70...80
45	Закалка	190...210	80...90
40X	Отжиг	140...160	70...80
40X	Улучшение	170...190	85...95
40X	Закалка	280...300	110...120

Рычажные механизмы

Рычажные механизмы имеют несложную конструкцию, обеспечивают постоянство усилия зажима, просты и надежны в эксплуатации. Их недостаток — отсутствие самоторможения.

В табл. 106 приведены основные схемы рычажных механизмов.

Для расчета хода точки приложения усилия зажима к закрепленной детали следует определить его минимально необходимое значение по формуле

$$S_{min} = \delta + W/J + \Delta s,$$

где δ — допуск на закрепленный размер детали, мм; Δs — гарантированный запас хода, принимается 0,4...0,8 мм; J — жесткость рычажного механизма, принимается 14...25 кН/мм, W — усилие зажима, кН.

Общий ход равен: $s = s_c + s_{min}$, где s_c — величина свободного хода, необходимая для установки на съем детали.

107. Числовые значения характеристик винтовых механизмов

Схема механизма	Характеристика механизма					
		M6	M8	M10	M12	M14
		1	1,25	1,5	1,75	2
Со сферическим опорным торцом	Длина рукоятки l , мм	80	100	120	140	160
С плоским опорным торцом	Прилагаемое усилие Q , Н	15	20	25	35	50
С кольцевым опорным торцом	Усилие зажима W , кН	1,9	2,4	2,9	3,9	5,6
С гайки	Длина рукоятки l , мм	80	100	120	140	160
Со сферическим опорным торцом	Прилагаемое усилие Q , Н	25	35	45	70	80
и наконечником	Усилие зажима W , кН	2,2	2,9	3,7	5,5	6,3
	Длина рукоятки l , мм	80	100	120	140	160
	Прилагаемое усилие Q , Н	15	20	25	35	50
	Усилие зажима W , кН	1,6	2	2,5	3,3	4,6

Г-образные прихваты

Г-образные прихваты (рис. 7) широко применяются для крепления деталей приспособления-спутника автоматических линий. Закрепление может быть осуществлено от электро-механического ключа, гидроцилиндра, реечной передачи. Во многих случаях Г-образный прихват при раскреплении детали поворачивается, что обеспечивает беспрепятственный съем и установку детали.

Усилие, создаваемое Г-образным прихватом на детали, может быть определено по формуле

$$W = (Q - q)(1 - 3fl/H),$$

где Q — усилие, приложенное к прихвату; q — усилие возвратной пружины; f — коэффициент трения в направляющих прихвата, принимается 0,05...0,1; l — плечо приложения усилия прихвата; H — длина опорной поверхности направляющей прихвата.

Резьба									
M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M42
Шаг резьбы s, мм									
2	2,5	2,5	2,5	3	3	3	3,5	4	4,5
190	220	240	280	310	360	410	460	520	600
65	85	100	120	130	150	150	150	150	150
6,5	8,6	10	13	14	17	17,5	18	18,5	19
190	220	240	280	310	360	410	460	520	600
65	85	10	12	13	15	15	15	15	15
10,5	14	16	21,5	23	28	29	30	31	32
190	220	240	280	310	360	410	460	520	600
65	85	10	12	13	15	15	15	15	15
7,6	10,3	12	15,6	17	20,5	21,5	22	22,5	23,5
190	220	240	280	310	360	410	460	520	600
100	100	100	130	150	150	150	150	150	150
8,3	8,5	8,5	11,6	13,5	14	14,5	15	15,5	16

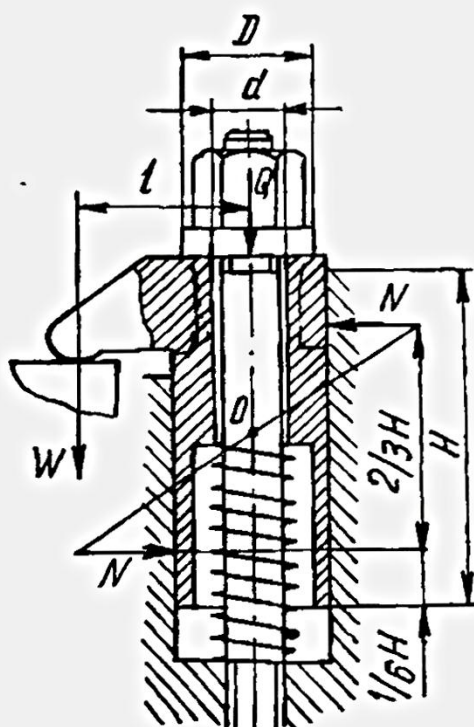


Рис. 7. Схема действия сил в Г-образном прихвате

108. Расчетные зависимости для определения усилий, развиваемых рычажными механизмами

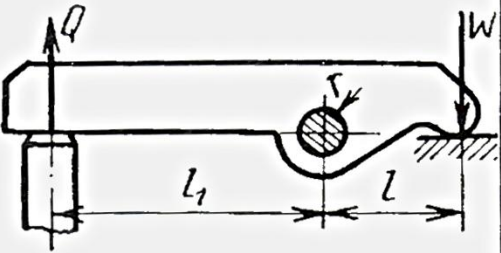
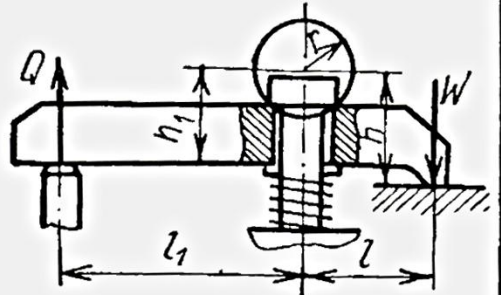
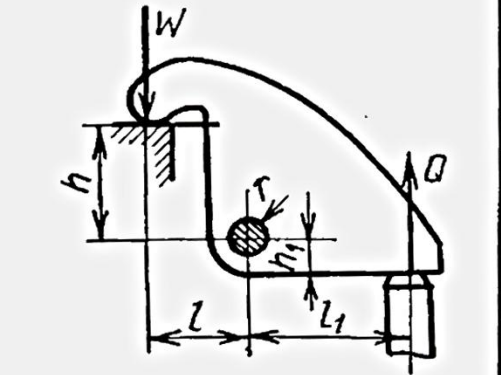
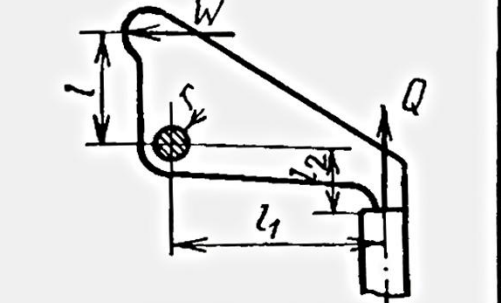
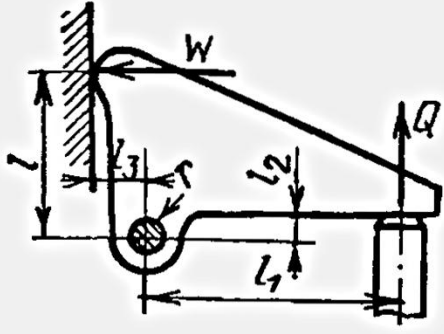
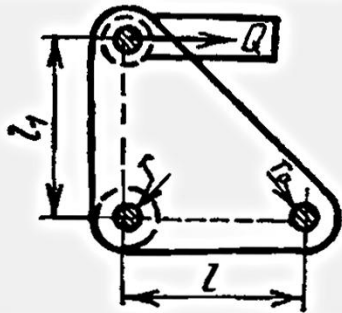
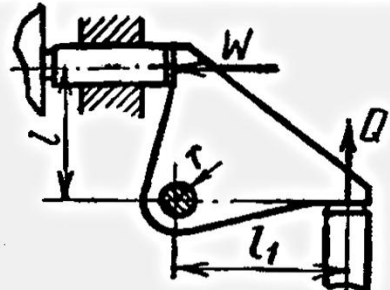
Схема механизма	Расчетные значения усилия зажима W	Приближенные расчетные значения усилия зажима W
	$Q \frac{l_1 - rf_0}{l + rf}$	
	$Q \frac{l_1 - h_1 f_1 - rf_0}{l + hf + rf_0}$	$Q \frac{l_1}{l} \eta$
		
	$Q \frac{l_1 - l_2 f_1 - 0,4 rf_0}{l + l_3 f + 0,96 rf_0}$	

Схема механизма	Расчетные значения усилия зажима W	Приближенные расчетные значения усилия зажима W
	$Q \frac{l_1 - l_2 f_1 - 0,4 r f_0}{l + l_3 f + 0,96 r f_0}$	$Q \frac{l_1}{l} \eta$
	$Q \frac{l - r_1 f_1}{l + r f + 1,41 r_0 f_0}$	
	$Q \frac{l - 0,4 r f_0}{l + 0,96 r f_0}$	

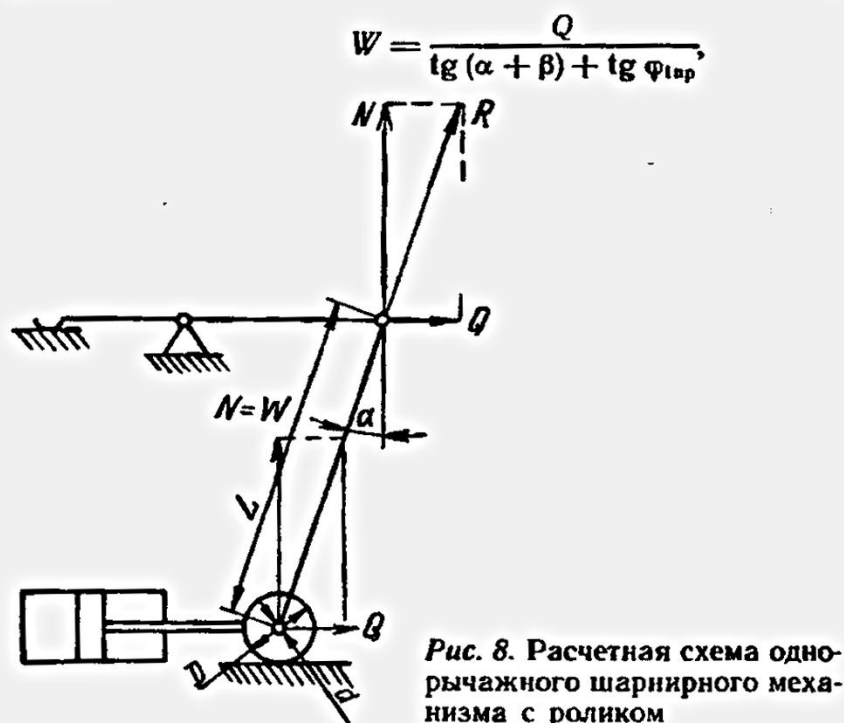
Примечание. Буквы в формулах обозначают: W — усилия зажима, Н; Q — исходное усилие, приложенное к рычажному механизму, Н; f_0 — коэффициент трения на оси, $f_0 \approx 0,95$; f — коэффициент трения на зажимаемой поверхности, $f \approx 0,85 \dots 0,9$; f_1 — коэффициент трения на поверхности, воспринимающей усилие Q ; η — КПД рычажного механизма принимается $\eta \approx 0,85 \dots 0,95$.

Рычажно-шарнирные механизмы

Рычажно-шарнирные механизмы просты по конструкции, имеют высокий коэффициент усиления, обладают быстродействием. К недостаткам следует отнести зависимость усилия зажима от погрешности размеров и жесткости заготовки.

По конструкции рычажно-шарнирные механизмы делятся на однорычажные, двухрычажные одностороннего действия и двухрычажные двустороннего действия.

Из условия равновесия однорычажного шарнирного механизма с роликом, представленного на рис. 8, усилие зажима равно:



где Q — усилие, приложенное к рычажно-шарнирному механизму, Н; α — угол наклона, град; β — дополнительный угол к углу наклона α , учитывающий потери на трение в шарнирах, принимается $\beta = \arcsin fd/L$; $\operatorname{tg} \varphi_{\text{лп}}$ — приведенный коэффициент трения качения, учитывающий потери на трение в роликовой опоре, принимается $\operatorname{tg} \varphi_{\text{лп}} = d/D \operatorname{tg} \varphi_1$; L — длина рычага, мм; d — диаметр осей шарниров и ролика, мм; D — наружный диаметр ролика, мм; f — коэффициент трения скольжения в шарнирах и на оси ролика; $\operatorname{tg} \varphi_1$ — коэффициент трения скольжения на опоре ролика.

Запас хода однорычажного шарнирного механизма равен:

$$S_w = L(1 - \cos \alpha).$$

Для двухрычажных шарнирных механизмов одностороннего действия без плунжера усилие зажима

$$W = \frac{Q}{2 \operatorname{tg} (\alpha + \beta)}$$

и для механизма двустороннего действия без плунжера

$$W_{\text{сум}} = \frac{Q}{\operatorname{tg} (\alpha + \beta)}.$$

Запас хода двухрычажного шарнирного механизма одностороннего действия

$$S_w = 2L(1 - \cos \alpha)$$

и двустороннего шарнирного механизма двустороннего действия

$$S_{w\text{сум}} = 2L(1 - \cos \alpha).$$

Исходя из условия равновесия для механизма одностороннего действия с консольным плунжером, усилие зажима

$$W = \frac{Q}{2} \left[\frac{1}{\operatorname{tg} (\alpha + \beta)} - \operatorname{tg} \varphi_{2\text{пр}} \right]$$

и для механизма двустороннего действия с консольным плунжером

$$W_{\text{сум}} = Q \left[\frac{1}{\operatorname{tg} (\alpha + \beta)} - \operatorname{tg} \varphi_{2\text{пр}} \right],$$

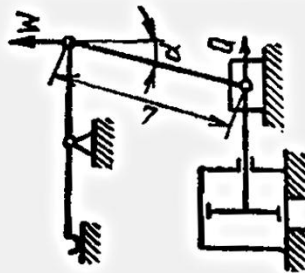
где $\operatorname{tg} \varphi_{2\text{пр}} = 3l/atg \varphi_2$ — приведенный коэффициент трения, учитывающий потери на трение в консольном плунжере; $\operatorname{tg} \varphi_2$ — коэффициент трения скольжения в двухопорном плунжере; a — длина направляющей плунжера, мм; l — расстояние от оси шарнира до середины направляющей плунжера, мм.

В табл. 109...110 приведены характеристики рычажно-шарнирных механизмов.

230 109. Передаточные отношения рычажно-шарнирных механизмов

Схема механизма	Расчетная формула передаточного отношения сил	Передаточное отношение усилий W/Q при угле наклона α , град											
		2	5	8	10	12	15	20	25	30	35	40	45
Идеальный однорычажный шарнирный без учета сил трения	$\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$	28,64	11,43	7,12	5,67	4,71	3,73	2,75	2,15	1,73	1,43	1,19	1,00
Идеальный двухрычажный шарнирный без учета сил трения	$\frac{1}{2 \operatorname{tg} \alpha}$	14,32	5,71	3,56	2,83	2,35	1,86	1,37	1,07	0,86	0,71	0,59	0,50
Однорычажный шарнирный с ползуном	$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi_1}$	6,45	4,80	3,83	3,36	3,00	2,56	2,05	1,69	1,42	1,20	1,02	0,87





Продолжение табл. 109

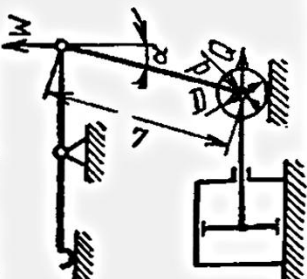
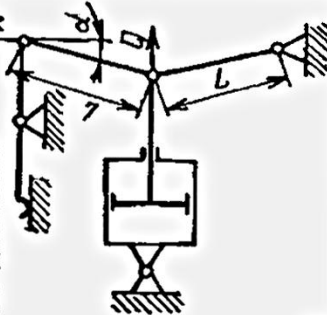
Схема механизма	Расчетная формула передаточного отношения сил	Передаточное отношение усилий W/Q при угле наклона α , град												
		2	5	8	10	12	15	20	25	30	35	40	45	
Однорычажный шарнирный с роликом 	$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi_{\text{пр}}}$	9,50	6,33	4,73	4,05	3,52	2,94	2,28	1,84	1,53	1,28	1,08	0,92	
Двухрычажный шарнирный одностороннего действия 	$\frac{1}{2 \operatorname{tg}(\alpha + \beta)}$	9,03	4,63	3,10	2,53	2,14	1,72	1,29	1,01	0,82	0,68	0,57	0,48	

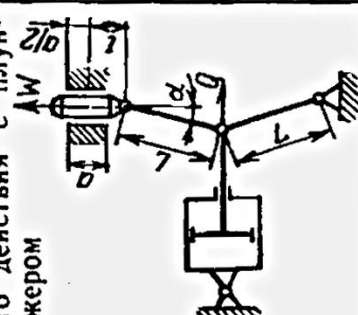
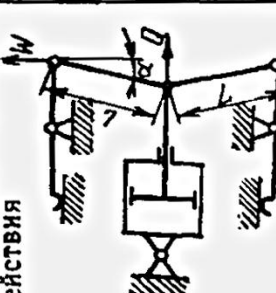
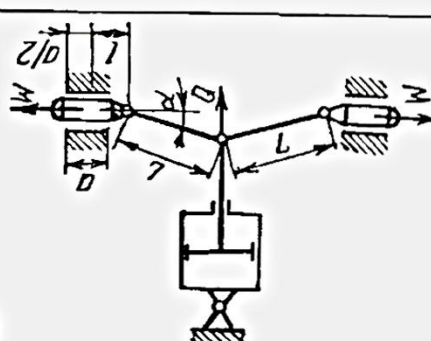
Схема механизма	Расчетная формула передаточного отношения сил	Передаточное отношение усилий W/Q при угле наклона α , град												
		2	5	8	10	12	15	20	25	30	35	40	45	
Двухрычажный шарнирный одностороннего действия с плунжером 	$\frac{1}{2} \left[\frac{1}{\lg(\alpha + \beta)} - \lg \varphi_{2np} \right]$	8,93	4,52	3,00	2,42	2,03	1,62	1,18	0,91	0,72	0,58	0,46	0,38	
Двухрычажный шарнирный двустороннего действия 	$\frac{1}{\lg(\alpha + \beta)}$	18,07	9,26	6,20	5,06	4,28	3,45	2,58	2,03	1,65	1,37	1,14	0,96	

Схема механизма	Расчетная формула передаточного отношения сил	Передаточное отношение усилий W/Q при угле наклона α , град											
		2	5	8	10	12	15	20	25	30	35	40	45
Двухрычажный шарнирный двустороннего действия с плунжером 	$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)} - \operatorname{tg} \varphi_{2\text{пр}}$	17,86	9,05	6,00	4,85	4,07	3,24	2,37	1,82	1,44	1,16	0,93	0,76

Примечание. Приняты значения: $\lg \varphi_1 = \lg \varphi_2 = 0,1$; $\varphi_1 = \varphi_2 = 5^\circ 50'$; $\beta = 1^\circ 10'$; $d/D = 0,5$; $l/a = 0,7$; $d/L = 0,2$; $\lg \varphi_{1np} = d/D \cdot \lg \varphi_1 = 0,05$; $\lg \varphi_{2np} = 3l/a \cdot \lg \varphi_2 = 0,21$

110. Запас хода и КПД рычажно-шарнирных механизмов

Угол α	Значение $1 - \cos \alpha$	КПД рычажно-шарнирных механизмов					
		одноры- чажного с ползу- ном	одноры- чажного с роли- ком	двухры- чажного односто- роннего действия	двухры- чажного односто- роннего действия с плунже- ром	двухры- чажного двусто- роннего действия	двухры- чажного двусто- роннего действия с плун- жером
2	0,0006	0,22	0,33	0,63	0,63	0,63	0,63
5	0,0038	0,42	0,56	0,80	0,79	0,80	0,79
8	0,0097	0,54	0,66	0,87	0,84	0,87	0,84
10	0,0152	0,59	0,72	0,89	0,85	0,89	0,85
12	0,0219	0,63	0,75	0,91	0,86	0,91	0,86
15	0,0341	0,68	0,79	0,92	0,87	0,92	0,87
20	0,0603	0,74	0,82	0,94	0,86	0,94	0,86
25	0,0937	0,78	0,87	0,94	0,85	0,94	0,85
30	0,1340	0,82	0,89	0,95	0,87	0,95	0,84
35	0,1808	0,84	0,90	0,96	0,81	0,96	0,81
40	0,2340	0,86	0,91	0,96	0,78	0,96	0,78
45	0,2929	0,87	0,92	0,96	0,76	0,96	0,76

Клиновые механизмы

Клиновые механизмы компактны по конструкции, обеспечивают постоянство сил закрепления и самоторможение, однако требуют хорошей защиты от загрязнения и попадания стружки. Клиновые механизмы, используемые в станочных приспособлениях, бывают с односкосым клином без роликов и с роликами, которые обычно применяются в качестве усилителей пневмо- и гидроприводов, и многоклиновые самоцентрирующие, используемые в конструкциях патронов и оправок.

Исходя из условия равновесия клинового механизма с односкосым клином с трением на обеих поверхностях клина (рис. 9), усилие зажима можно рассчитать по формуле

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1},$$

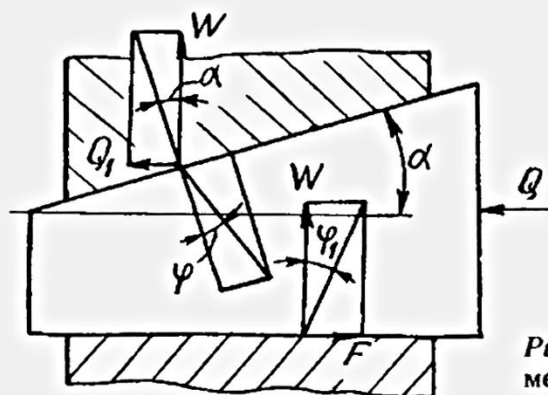


Рис. 9. Расчетная схема клинового механизма

где Q — усилие, приложенное к клину, Н; α — угол скоса клина, град; φ — угол трения на наклонной плоскости клина; φ_1 — угол трения на горизонтальной плоскости клина.

При том же условии для клинового механизма с односкосным клином с двумя роликами усилие зажима равно:

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \operatorname{tg} \varphi_{\text{гпр}}},$$

где $\varphi_{\text{пр}}$, $\varphi_{\text{гпр}}$ — соответственно приведенный угол трения качения на наклонной и горизонтальной плоскостях клина.

В многоклиновых самоцентрирующих механизмах усилие зажима каждым клином равно W/n , где n — число клиновых элементов в механизме.

Отношение усилия зажима W к исходной силе привода Q является передаточным отношением сил $i = W/Q$.

Отношение перемещения s_w по вертикали точки приложения усилия зажима W к перемещению s_Q по горизонтали точки приложения исходной силы Q называется *передаточным отношением перемещений* $i_n = s_w/s_Q$. С уменьшением угла скоса клина α увеличивается передаточное отношение сил i и уменьшается передаточное отношение перемещений i_n .

Требуемая величина перемещения по вертикали определяется по зависимости

$$s_w = \delta + \Delta_{\text{гар}} + \Delta s + W/J,$$

где δ — допуск на размер заготовки, мм; $\Delta_{\text{гар}}$ — гарантированный зазор для установки заготовки, принимается равным 0,2...0,4 мм; Δs — запас хода плунжера, принимается равным 0,2...0,4 мм; J — жесткость механизма, принимается равной 1...2,5 кН/мм.

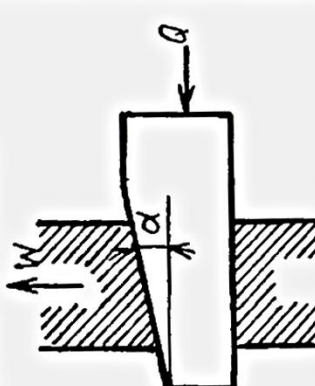
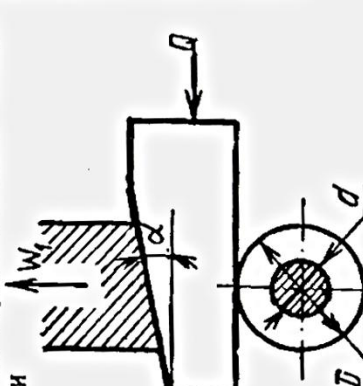
Условие самоторможения для клина: $\alpha < (\varphi + \varphi_1)$ — с трением на двух поверхностях; $\alpha < \varphi$ — с трением только на наклонной поверхности клина; $\alpha < \varphi_1$ — с трением только на горизонтальной поверхности клина.

В механизмах без роликов для обеспечения самоторможения рекомендуется делать угол скоса клина $\alpha < 5^\circ 30'$.

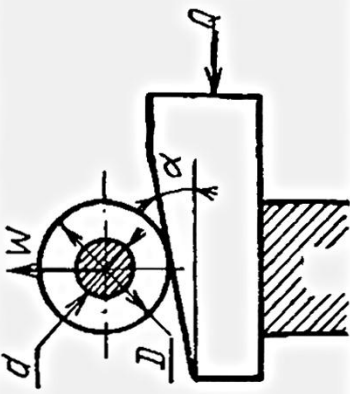
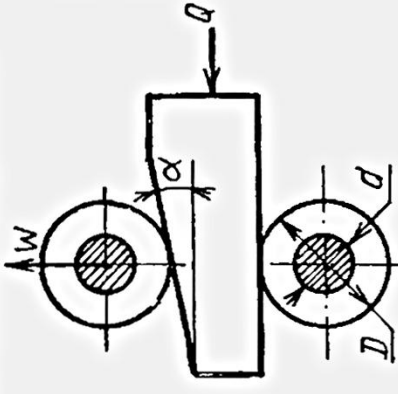
Клиновые механизмы с роликами обычно используются в качестве усилителей и являются несамотормозящими, угол скоса клина в механизмах с роликами $\alpha > 10^\circ$.

В табл. 111...112 приведены числовые значения характеристик клиновых механизмов с односкосым клином.

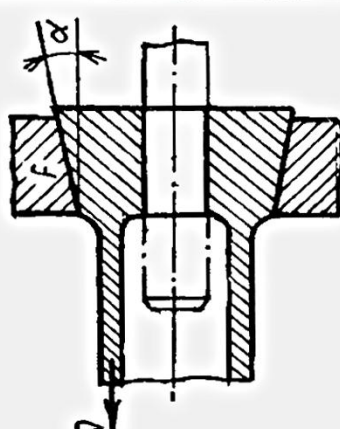
236 111. Числовые значения передаточного отношения сил клиновых механизмов

Схема механизма	Расчетная формула передаточного отношения сил	Передаточное отношение сил W/Q при угле скоса клина α , град							
		2	5	8	10	12	15	20	25
С трением скольжения на обеих поверхностях клиньев 	$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}$	Одноклиновые механизмы							
		4,20	3,44	2,89	2,61	2,36	2,08	1,72	1,49
С трением скольжения на наклонной поверхности и с роликом на горизонтальной поверхности 	$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_{\text{пр}}}$	5,34	4,15	3,38	3,00	2,69	2,32	1,87	1,54

Продолжение табл. 111

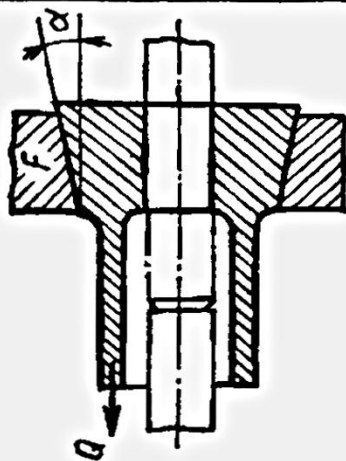
Схема механизма	Расчетная формула передаточного отношения сил	Передаточное отношение сил W/Q при угле скоса клина α , град									
		2	5	8	10	12	15	20	25		
С роликом на наклонной поверхности и с трением скольжения на горизонтальной поверхности 	$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{нр}}) + \operatorname{tg} \varphi_1}$	5,42	4,22	3,44	3,16	2,74	2,37	1,92	1,59		
С роликами на наклонной и горизонтальной поверхностях 	$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{нр}}) + \operatorname{tg} \varphi_{\text{гор}}}$	7,42	5,34	4,15	3,6	3,18	2,69	2,13	1,73		

8

Схема механизма	Расчетная формула передаточного отношения сил	Передаточное отношение сил W/Q при угле скоса α , град									
		2	5	8	10	12	15	20	25		
Стрением только по наклонным поверхностям 	$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}$	Многоклиновые самоцентрирующие механизмы									
		7,23	5,23	4,07	3,53	3,11	2,63	2,07	1,67		

Продолжение табл. III

Схема механизма	Расчетная формула передаточного отношения сил	Передаточное отношение сил W/Q при угле скоса клина α , град								
		2	5	8	10	12	15	20	25	
С трением по обеим поверхностям клиньев	$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}$	4,20	3,44	2,89	2,61	2,36	2,08	1,72	1,49	
С роликами по обеим наклонным поверхностям клиньев	$\frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}})}$	11,70	7,25	5,23	4,40	3,77	3,09	2,37	1,89	



Примечание. При составлении таблицы приняты значения: $\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,1$; $\varphi = \varphi_1 = 5^\circ 50'$; $\frac{d}{D} = 0,5$; $\operatorname{tg} \varphi_{np} =$

$$= \operatorname{tg} \varphi_{1np} = \frac{d}{D} \operatorname{tg} \varphi = \frac{d}{D} \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,05; \varphi_{np} = \varphi_{1np} = 2^\circ 50'.$$

112. Передаточное отношение перемещений и КПД клиновых механизмов

Угол скоса клина α	Передаточ- ное отношение переме- щений i_n	Коэффициент полезного действия клиновых механизмов			
		с трением на обеих поверхностях клина	с трением на наклонной плоскости и одним роликом	с роликом на наклонной плоскости	с двумя роликами
2	28,64	0,15	0,19	0,19	0,26
5	11,43	0,31	0,36	0,37	0,47
8	7,12	0,41	0,46	0,48	0,58
10	5,67	0,46	0,54	0,55	0,63
12	4,71	0,51	0,57	0,58	0,68
15	3,73	0,56	0,62	0,63	0,72
20	2,75	0,62	0,68	0,70	0,77
25	2,15	0,65	0,72	0,74	0,80

Клиноплунжерные механизмы

Эти механизмы делятся на одноплунжерные, которые обычно используются в качестве усилителей пневмо- и гидроприводов, и многоплунжерные, применяемые как центрирующие механизмы патронов и оправок.

Исходя из условия равновесия одноплунжерного механизма

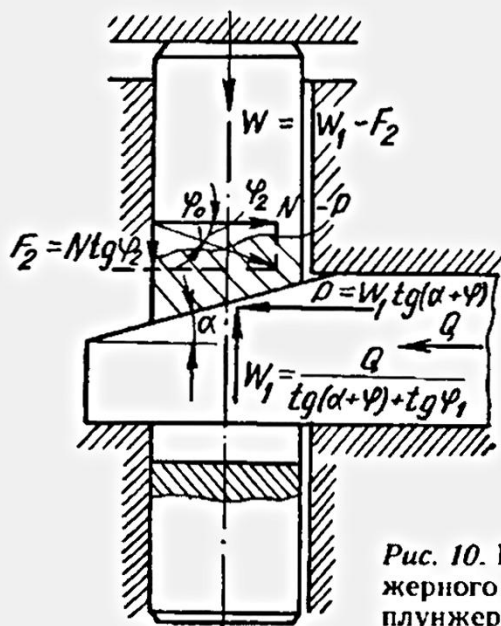


Рис. 10. Расчетная схема клиноплунжерного механизма с двухпорным плунжером

с двухпорным плунжером без роликов, изображенного на рис. 10, усилие зажима

$$W = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1},$$

где Q — усилие, приложенное к клину, Н; α — угол скоса клина плунжера, град; φ — угол трения на наклонной плоскости клина; φ_1 — угол трения на горизонтальной плоскости клина; φ_2 — угол трения двухопорного плунжера.

Для одноплунжерного механизма с консольным одноопорным плунжером усилие зажима

$$W = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1},$$

где $\operatorname{tg} \varphi_{2np} = 3l/d \operatorname{tg} \varphi_2$ — приведенный коэффициент трения консольного плунжера.

Условия самоторможения клиноплунжерных механизмов те же, что и клиновых. Клиноплунжерные механизмы с роликами обычно используются в качестве усилителей и являются несамотормозящими. Расчет хода клиноплунжерных механизмов аналогичен клиновым.

В табл. 113 приведены числовые значения характеристик клиноплунжерных механизмов.

Эксцентрикковые механизмы

В эксцентрикковых механизмах применяются круговые и криволинейные эксцентрики.

Круговые эксцентрики представляют собой диск или валик со смещенной осью вращения относительно его геометрической оси. Достоинством круговых эксцентриков (табл. 114) является простота изготовления, недостатком — непостоянство угла подъема эксцентрика и, следовательно, усилий зажима.

Угол подъема кругового эксцентрика достигает максималь-

ного значения при угле поворота, равном 90° . Изменение угла подъема сказывается на зажимном усилии. В связи с этим для обеспечения незначительного изменения зажимного усилия выбирают рабочий участок профиля кругового эксцентрика в пределах $30^\circ \dots 45^\circ$ влево и вправо от расчетной точки контакта детали с эксцентриком.

Усилие зажима круговым эксцентриком (рис. 11)

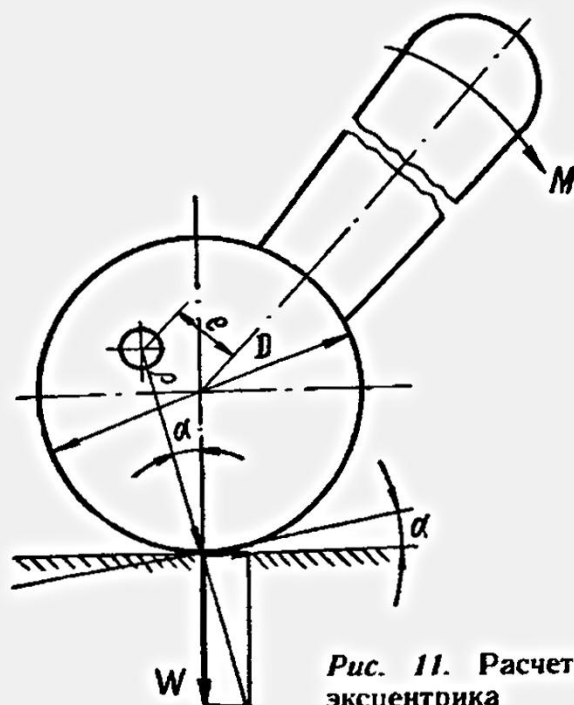


Рис. 11. Расчетная схема кругового эксцентрика

$$W = \frac{M}{\rho[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1]},$$

где M — момент, приложенный к эксцентрику, Н·мм; ρ — расстояние от оси вращения эксцентрика до точки соприкосновения его с изделием, мм; φ — угол трения эксцентриком и изделием; φ_1 — угол трения на оси эксцентрика; α — угол подъема кривой эксцентрика.

Условие самоторможения эксцентрика определяется зависимостью:

$$\alpha_{\max} \leq (\varphi + \varphi_1).$$

При $\varphi = \varphi_1 = 5^\circ 43'$ формула примет вид:

$$\alpha_{\max} \leq 11^\circ 30'.$$

Приняв $\alpha_{\max} = 8^\circ 30'$ с целью обеспечения запаса самоторможения, получим:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = 2e/D = 0,15,$$

откуда $D/e = 13,3$ — характеристика эксцентрика.

Таким образом, условие самоторможения кругового эксцентрика определяется зависимостью: $D/e > 14$.

Эксцентриситет кругового эксцентрика определяется по формуле

$$e = (\Delta_{\text{гар}} + \delta + \Delta h + W/J)/(1 - \cos \gamma),$$

где δ — допуск на размер обрабатываемой детали в месте приложения усилия зажима, мм; $\Delta_{\text{гар}}$ — гарантированный зазор для установки детали, принимается 0,2...0,4 мм; Δh — запас хода эксцентрика, принимается 0,2...0,4 мм; J — жесткость механизма, принимается 1...2 кН/мм.

Числовые значения основных параметров круговых эксцентров приведены в табл. 115.

У криволинейных эксцентров рабочий профиль обычно очерчен по архимедовой спирали, вследствие чего они имеют постоянный угол подъема кривой и постоянное усилие зажима, а также одинаковое тормозящее свойство на всей рабочей зоне.

Угол подъема архимедовой спирали определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = h/r\beta_n,$$

где r — начальный радиус эксцентрика; β_n — угол между начальным и конечным радиусом эксцентрика; h — разность между начальным и конечным радиусом эксцентрика.

Для обеспечения самоторможения угол подъема архимедовой спирали α обычно принимают равным $8^\circ 30'$.

Тогда $\operatorname{tg} \alpha = 0,15$ и $h = 0,075$ при $\beta_n = 90^\circ$, причем $D = 2r$ (диаметр начальной окружности).

Усилие зажима криволинейным эксцентриком определяется по формуле

$$W = \frac{M}{r_{\text{cp}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1},$$

где r_{cp} — средний радиус эксцентрика.

113. Числовые значения передаточного отношения сил клинорезных механизмов

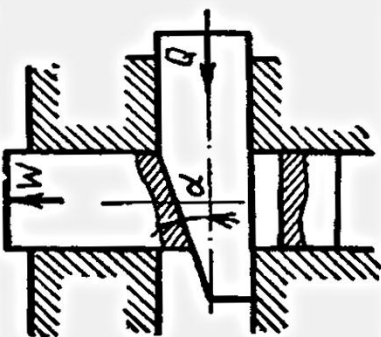
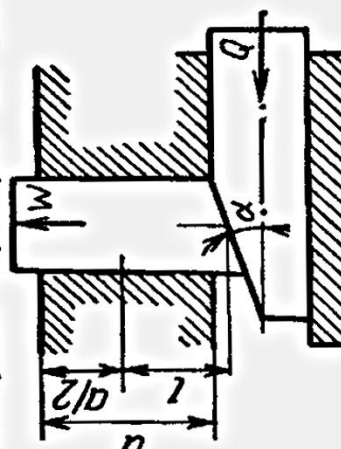
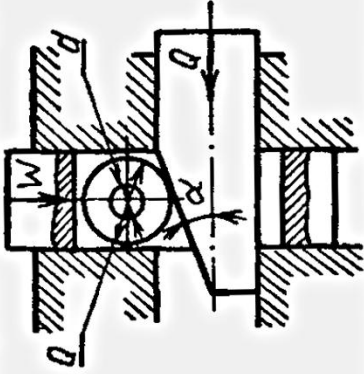
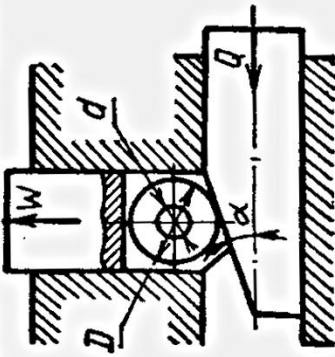
Схема механизма	Расчетная формула передаточного отношения сил	Передаточное отношение сил W/Q при угле скоса клина α , град							
		2	5	8	10	12	15	20	25
С двухсторонним плунжером без роликов 	$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}$	Одноплунжерные							
		4,15	3,37	2,82	2,55	2,28	2,02	1,63	1,36
С одноопорным плунжером без ролика 	$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_{2 \text{ пр}}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}$								
		4,07	3,30	2,74	2,48	2,21	1,91	1,71	1,26

Схема механизма	Расчетная формула передаточного отношения сил	Передаточное отношение сил W/Q при угле скоса клина α , град							
		2	5	8	10	12	15	20	25
С двухопорным плунжером с одним ро- ликом 	$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1}$	5,37	4,15	3,36	2,98	2,66	2,26	1,83	1,51
С одноопорным плунжером с одним ро- ликом 	$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1}$	5,32	4,10	3,28	2,90	2,58	2,20	1,75	1,41

Продолжение табл. 113

Схема механизма	Расчетная формула передаточного отношения сил	Передаточное отношение сил W/Q при угле скола клина α , град							
		2	5	8	10	12	15	20	25
С двухопорным плунжером с двумя роликами	$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) \operatorname{tg} \varphi_2}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \operatorname{tg} \varphi_{\text{пр}}}$	7,36	5,25	4,08	3,50	3,10	2,60	2,03	1,64

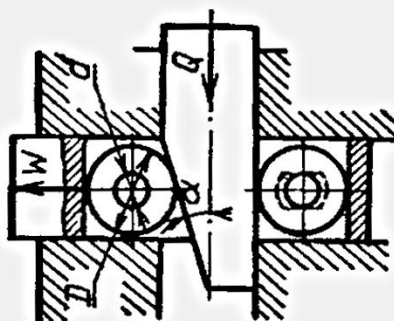


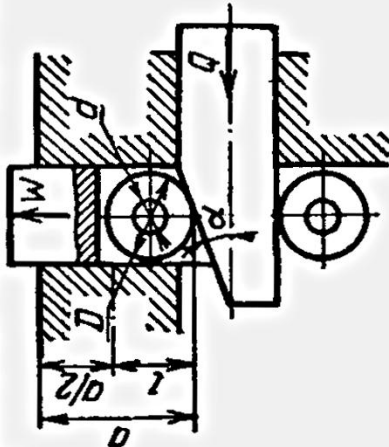
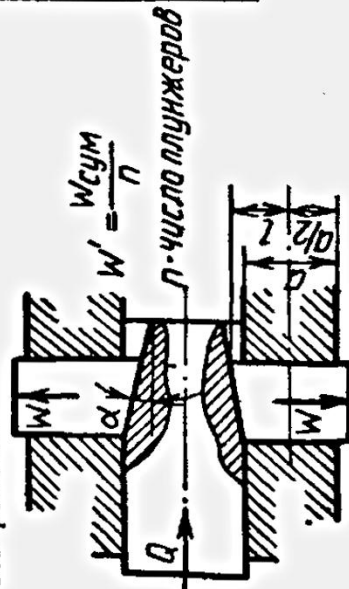
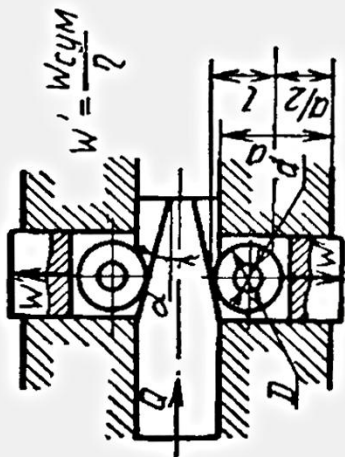
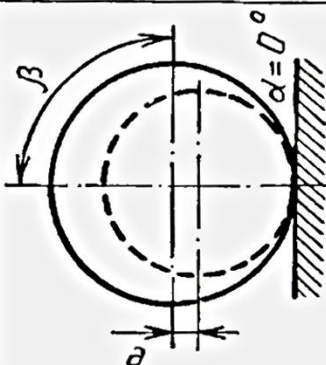
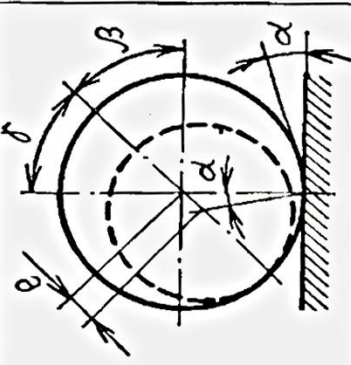
Схема механизма	Расчетная формула передаточного отношения сил	Передаточное отношение сил W/Q при угле скоса клина α , град							
		2	5	8	10	12	15	20	25
С одноопорным плунжером с двумя роликами 	$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_{1np}}$	7,26	5,16	3,98	3,43	3,00	2,50	1,93	1,53
Многоплунжерный самоцентрирующий без роликов 	$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}$	Многоплунжерные 7,05 5,00 3,84 3,32 2,90 2,42 1,85 1,46							

Схема механизма	Расчетная формула передаточного отношения сил	Передаточное отношение сил W/Q при угле скоса клина α , град								
		2	5	8	10	12	15	20	25	
Двухплунжерный с роликами на наклонных плоскостях 	$\frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})}$	11,50	7,00	5,05	4,20	3,54	2,90	2,16	1,68	

Примечание. При составлении таблицы приняты значения: $\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,1$; $\varphi = \varphi_1 = 5^\circ 50'$; $\frac{d}{D} = 0,5$; $\operatorname{tg} \varphi_{np} = \operatorname{tg} \varphi_{1np} = \frac{d}{D} \operatorname{tg} \varphi = \frac{d}{D} \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,05$; $\varphi_{np} = \varphi_{1np} = 2^\circ 50'$; $\frac{l}{a} \operatorname{tg} \varphi_{2np} = \frac{3l}{a} \operatorname{tg} \varphi_2 = 0,21$; $\varphi_{2np} = 11^\circ$.

114. Основные параметры круговых эксцентриков в зависимости от угла их поворота

Схема положения эксцентрика	Угол поворота γ	Угол подъема α	Расстояние от центра вращения эксцентрика до точки соприкосновения его с изделием ρ	Ход эксцентрика s
	0	0	$0,5 D - e$	0
	$0 < \gamma < 90^\circ$	$\frac{e \cdot \cos (90^\circ - \gamma)}{0,5 D - e \sin (90^\circ - \gamma)}$	$\frac{0,5 D - e \sin (90^\circ - \gamma)}{\cos \alpha}$	$e[1 - \sin (90^\circ - \gamma)]$

Продолжение табл. 114.

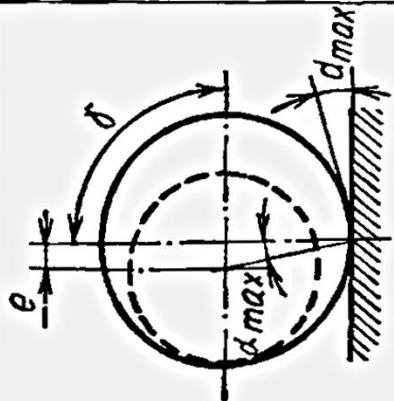
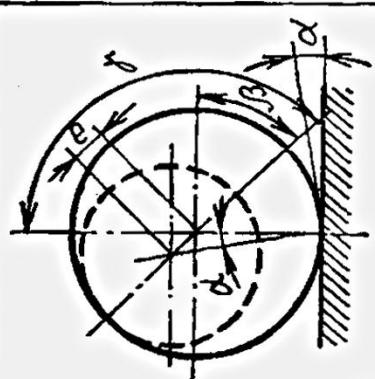
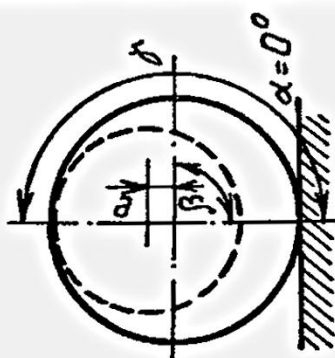
Схема положения эксцентрика	Угол поворота γ	Угол подъема α	Расстояние от центра вращения эксцентрика до точки соприкосновения его с изделом	Ход эксцентрика s
	90°	$2e/D$	$0,5 D / \cos \alpha$	e
	$90^\circ < \gamma < 180^\circ$	$\frac{e \cdot \cos (\gamma - 90^\circ)}{0,5 D + e \sin (\gamma - 90^\circ)}$	$\frac{0,5 D + e \sin (\gamma - 90^\circ)}{\cos \alpha}$	$e[1 + \sin (\gamma - 90^\circ)]$

Схема положения эксцентрика	Угол поворота γ	Угол подъема α	Расстояние от центра вращения эксцентрика до точки соприкосновения его с изделием	Ход эксцентрика s
	180°	0	0,5 D + e	2e

115. Основные параметры круговых эксцентриков

Диаметр эксцентри- ка D , мм	Эксцентри- ситет e , мм	Характери- стика D/e	Угол поворота эксцентрика									
			$\gamma = 60^\circ$			$\gamma = 90^\circ$			$\gamma = 120^\circ$			
			s , мм	α , град	Ψ , кН	s , мм	α , град	Ψ , кН	s , мм	α , град	Ψ , кН	
32	1,7	18,80	0,85	5°33'	3,29	1,70	6°04'	3,02	2,55	4°49'	3,10	
40	2,0	20	1,00	5°13'	2,68	2,00	5°43'	2,47	3,00	4°43'	2,51	
50	2,5	20	1,25	5°13'	2,14	2,50	5°43'	1,97	3,75	4°43'	2,01	
60	3,0	20	1,40	5°13'	1,78	3,00	5°43'	1,64	4,50	4°43'	1,67	
65	3,5	18,55	1,75	5°39'	1,63	3,50	6°10'	1,48	5,25	5°02'	1,51	
70	3,5	20	1,75	5°13'	1,50	3,50	5°43'	1,41	5,25	4°43'	1,43	
80	4,0	20	2,00	5°13'	1,34	4,00	5°43'	1,23	6,00	4°43'	1,25	
80	5,0	16,00	2,50	6°34'	1,22	5,00	7°07'	1,14	7,50	5°49'	1,16	
100	5,0	20	2,50	5°13'	1,08	5,00	5°43'	0,99	7,50	4°33'	1,00	
100	6,0	16,55	3,00	6°17'	1,01	6,00	6°51'	0,93	9,00	5°56'	0,92	
120	6,0	20	3,00	5°13'	0,90	6,00	5°43'	0,82	9,00	4°43'	0,84	
140	7,0	20	3,50	5°13'	0,77	7,00	5°43'	0,71	10,50	4°43'	0,72	

Примечание. Таблица составлена при приложении момента к рукоятке эксцентрика 15 кН·мм.

Мембранные патроны

Мембранные патроны (табл. 116...119) обеспечивают высокую точность центрирования, благодаря чему применяются для чистовой обработки деталей.

Основным элементом этих патронов является плоская мембрана, к которой прикреплены зажимные кулачки и противовесы (рис. 12, а). Имеется тип мембран, выполненных как одно целое с кулачками (рис. 12, б, рожковые мембраны). Зажим детали осуществляется за счет упругости мембраны, для разжима к ней прикладывается осевая сила.

Число кулачков — 3...12. При их количестве от 3 до 5 обеспечивается более надежное крепление детали, при большем числе кулачков — меньшая погрешность формы обработанного отверстия. Мембраны изготавливаются из стали 65Г, 55ГС, 50ХФА, 50ХГФА, 55С2, 60С2 с термообработкой до твердости $HRC_{39...43,5}$.

Точность базовой поверхности, на которой закрепляется обрабатываемая деталь в мембранном патроне, не должна быть грубее $H9$ и $h8$, радиальное биение рабочих поверхностей кулачков — более 4-й степени точности при нагруженной мембране и 5-й степени — при ненагруженной. Торцевое биение рабочих поверхностей кулачков должно быть 4-й степени точности.

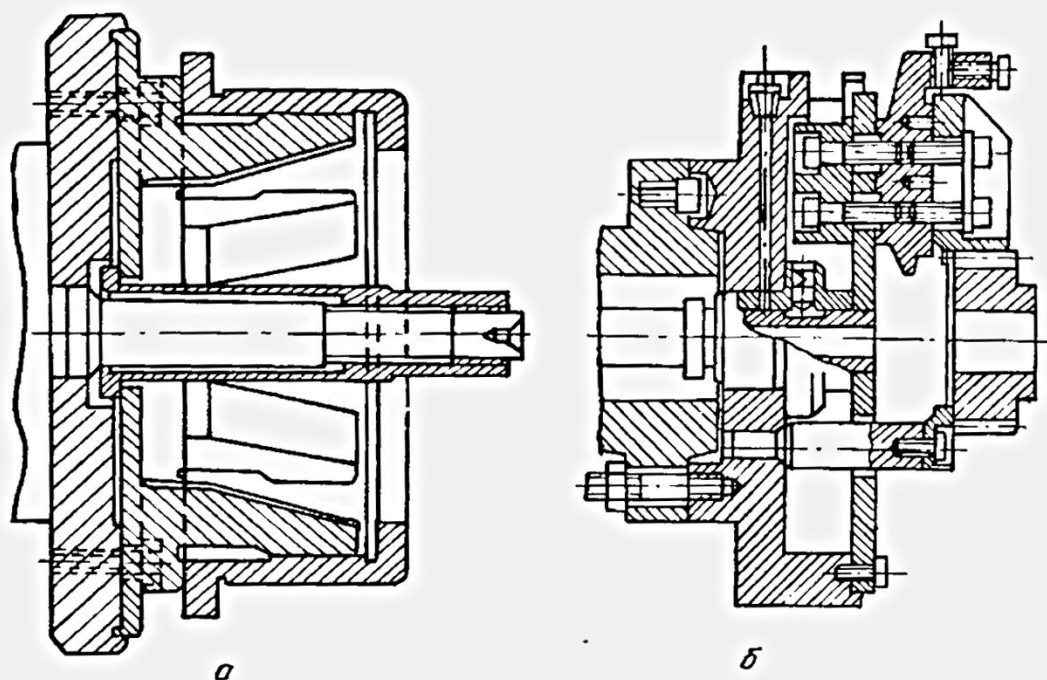
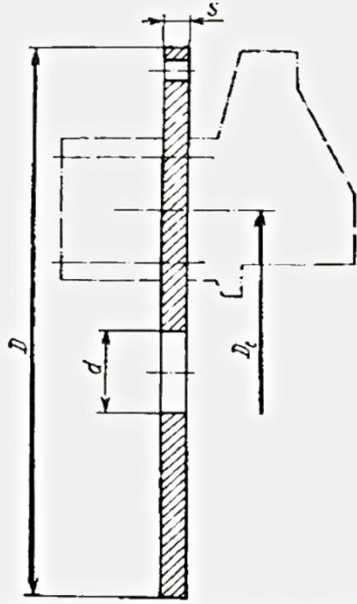
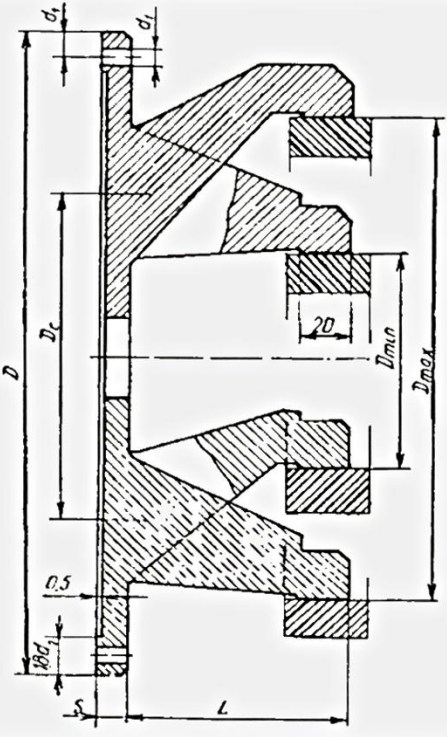


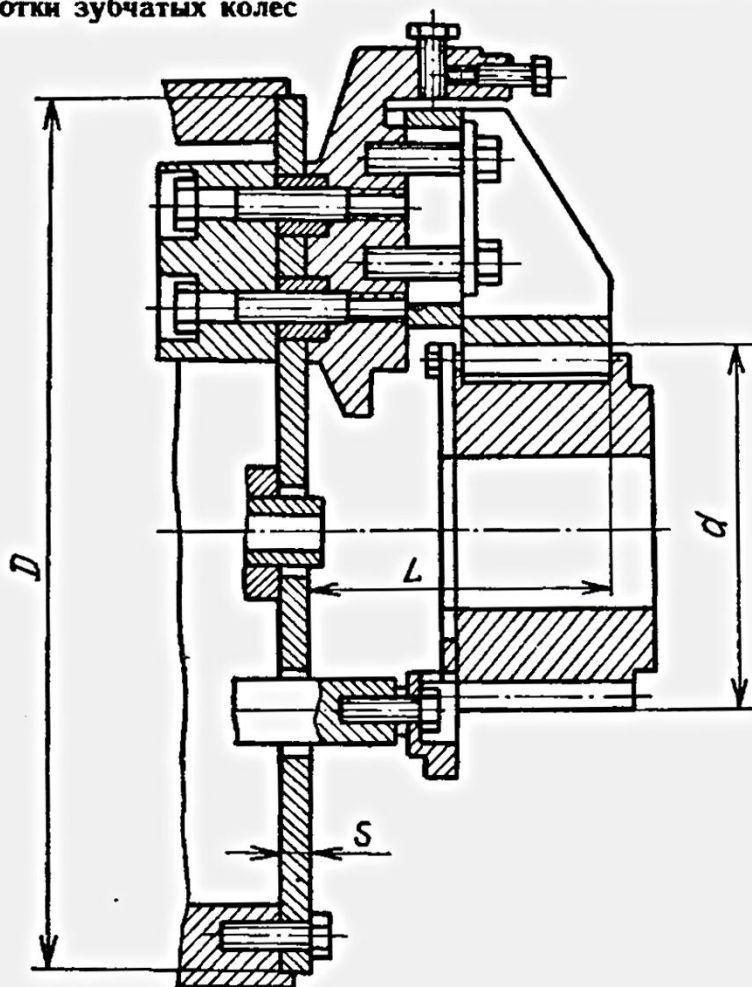
Рис. 12. Мембранные патроны:
а — с цельной мембраной; б — с плоской мембраной

116. Основные размеры мембранных патронов

Патрон	Схема	Расчетные размеры
С плоской мембраной, с приворотными кулачками и противовесами		Толщина мембраны $s = (0,04 \dots 0,07) D$. Диаметр центрального отверстия $d_1 = (0,1 \dots 0,2) D$. Средний диаметр расположения кулачков $d_c = (0,4 \dots 0,8) D$
С цельной мембраной, с кулачками (рожковый)		Толщина диска мембраны $s = (0,03 \dots 0,05) D$. Диаметр центрального отверстия $d_1 = (0,1 \dots 0,2) D$. Средний диаметр расположения кулачков $d_c = (0,4 \dots 0,8) D$. Вылет кулачков — не более $L \leq 0,35 D$. Максимальный диаметр базовой поверхности детали $d_{max} \leq 0,75 D$. Минимальный диаметр базовой поверхности детали $d_{min} \geq 0,35 D$.

Примечания: 1. D — наружный диаметр диска мембраны.
2. Число отверстий для крепления мембраны должно быть четным.
3. Меньшие значения толщины мембраны принимают при зажиме деталей силой упругости, большие — при приложении к мембране дополнительной осевой силы для зажима детали.

117. Основные размеры мембранных патронов с плоской мембраной для обработки зубчатых колес



Диаметр устанавливаемых зубчатых колес, мм		Диаметр мембраны D , мм	Толщина мембраны s , мм	Разжим кулачков T , мм	Вылет кулачков L , мм		Усилие зажима одним кулачком W , кН		Усилие разжима мембраны P , Н
<i>min</i>	<i>max</i>				<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	
36	70	190	6	0,33	57	72	0,735	1,57	19,2
70	110	240	7	0,35	67	82	0,735	1,66	19,2
110	160	310	9	0,40	80	100	1,275	2,75	31,5
160	235	390	11	0,45	100	130	2,45	4,9	37,7

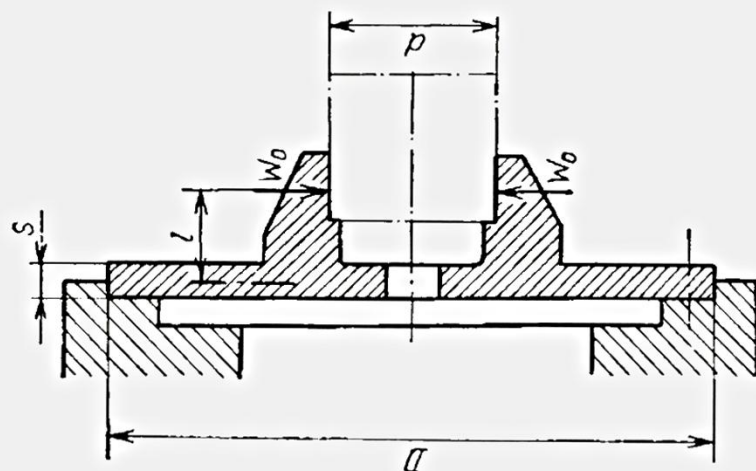
Примечания: 1. Кулачки разжимаются на величину T при нагружении мембраны осевым усилием P .

2. Усилие зажима W_{max} определено для зубчатого колеса с минимальным диаметром и максимальным вылетом кулачков, W_{min} — для зубчатого колеса максимального диаметра с минимальным вылетом кулачков.

3. Патроны имеют шесть привертных кулачков и шесть противовесов.

118. Основные размеры мембранных патронов для установки толстостенных колец и втулок

Патрон	Диаметр установочной базы детали, мм	Диаметр патрона, мм	Диаметр мембраны, мм	Толщина мембраны, мм	Число кулачков	Ход разжима кулачков, мм	Усилие зажима детали, кН		Усилие разжима мембраны, кН
							min	max	
С плоской мембраной и шестью парами кулачков и противовесов для базирования по наружному диаметру	Св. 65 до 80	200	190	7,0	6	0,2	7,84	9,41	10,5
	» 80 » 120	250	240	7,3	6	0,25	8,62	9,80	10,5
	» 120 » 180	315	305	9,3	6	0,3	10,78	15,68	16,24
	» 180 » 260	400	390	9,3	6	0,4	12,7	18,1	16,24
С рожковой мембраной для базирования по наружному диаметру	Св. 60 до 80	200	190	5,5	12	0,2	6,57	6,86	10,5
	» 80 » 120	200	190	5,5	12	0,2	6,49	6,86	10,5
	» 120 » 140	200	190	5,5	12	0,2	6,37	6,86	10,5
	» 140 » 180	250	240	6,5	12	0,25	7,45	8,23	10,5
	» 180 » 220	315	305	8,0	12	0,3	13,2	14,7	16,24
	» 220 » 260	400	390	8,5	12	0,4	13,7	15,2	16,24
	» 260 » 300	400	390	8,5	12	0,4	13,6	15,2	16,24
С рожковой мембраной для базирования по внутреннему диаметру	Св. 100 до 120	200	190	5,5	12	0,2	6,17	6,57	10,2
	» 120 » 140	200	190	5,5	12	0,2	5,89	6,27	10,2
	» 140 » 180	250	240	6,5	12	0,25	7,15	8,04	10,2
	» 180 » 220	315	305	8,5	12	0,3	12,7	13,7	16,04
	» 220 » 260	400	390	8,5	12	0,4	13,4	14,2	16,04
	» 260 » 300	400	390	8,5	12	0,4	14,2	15,2	16,04



Исходные данные: M — крутящий момент от усилий резания, Н·мм; d — диаметр базовой поверхности детали, мм.

Параметры	Расчетная формула
Требуемое радиальное усилие зажима детали на одном кулачке мембраны для передачи заданного момента	$W_0 = kM/2nfd,$ где k — коэффициент запаса, приближенно $k \approx 2,5$; n — число кулачков; f — коэффициент трения базовой поверхности деталей и кулачка, принимается равным 0.15...0.18

Параметры	Расчетная формула									
Изгибающий момент, приложенный к диску мембраны, для создания требуемого усилия зажима	$M_{из} = W_0 n l / 4 \pi d,$ где l — вылет кулачков или расстояние от середины кулачков до средней плоскости мембраны, мм									
Диаметр мембраны	По табл. 117, 119 в зависимости от диаметра базовой поверхности детали									
Момент закрепления по отношению диаметра мембраны к диаметру детали	D/d	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,50	2,75	3,0	
	$M_s/M_{из}$	0,825	0,675	0,59	0,565	0,555	0,565	0,575	0,585	
Цилиндрическая жесткость мембраны	$B = E s^3 / 12 (1 - \mu^2),$ где $E = 2,1 \times 10^5$ МПа — модуль упругости; s — толщина мембраны, мм; $\mu = 0,3$									
Угол разжима кулачков при закреплении детали с наименьшим размером	$\varphi = M_s d / 2B (1 + \mu),$ рад									
Угол максимального разжима кулачков	$\varphi' = \varphi + \delta / 2l + \Delta / 2l,$ где δ — допуск на точность изготовления базовой поверхности, мм; Δ — гарантированный зазор между деталью и кулачками, равный примерно 0,01...0,03 мм									

Механизмы с применением гидропласта

Наиболее эффективно применение гидропластмассовых приспособлений для точного центрирования и равномерного закрепления деталей с цилиндрической базой. Однако следует учитывать, что изготовление и эксплуатация гидропластмассовых конструкций требует применения специального оборудования и дополнительных затрат.

Механизмы с использованием гидропласта равномерно передают давление на все стенки полости. Гидропласт не должен просачиваться в зазоры специальных уплотняющих устройств, а равномерно и без заметных потерь передавать давление на значительные расстояния, сохранять свойства с течением времени и в определенных интервалах температур, не вступать в реакцию с металлами.

В табл. 120 приведены основные свойства гидропластов, используемых в приспособлениях.

По схеме действия механизмы с применением гидропласта делятся на две группы: многоместные, в которых гидропластическое давление передается системе скользящих плунжеров, и самоцентрирующие с упругой оболочкой в виде тонкостенной втулки (рис. 13).

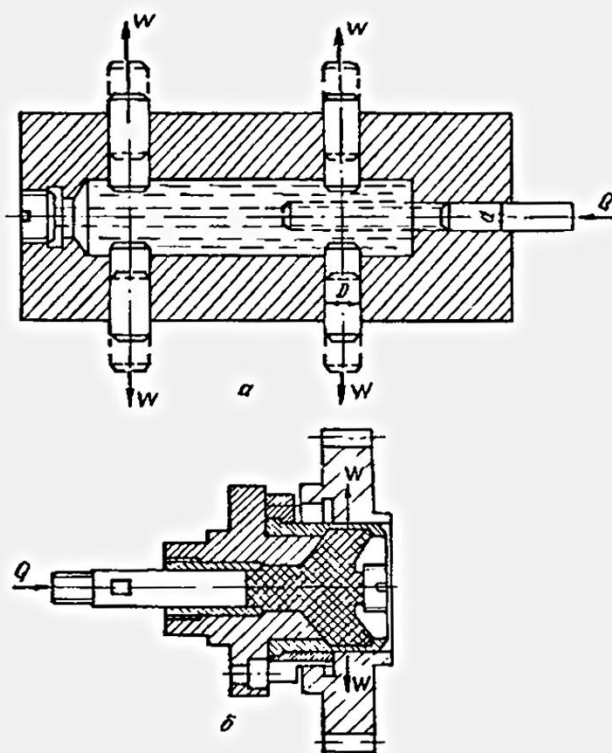


Рис. 13. Механизмы с применением гидропласта:

а — многоместные; б — с упругой оболочкой

При расчете многозвенного механизма с гидропластом усилие зажима, развиваемое рабочим плунжером, определяется по формуле

$$W = Q(D/d)^2 \eta - P,$$

где Q — исходная сила, развиваемая нажимным плунжером, Н; D — диаметр рабочего плунжера, мм; d — диаметр нажимного плунжера, мм; η — КПД, равный 0,90...0,95; P — сопротивление возвратных пружин, Н.

Величина перемещения нажимного плунжера определяется по формуле

$$s_Q = s_W n (D/d)^2,$$

где s_Q , s_W — соответственно перемещение нажимного и рабочего плунжера; n — число рабочих плунжеров.

В приспособлениях типа оправок или патронов широко при-

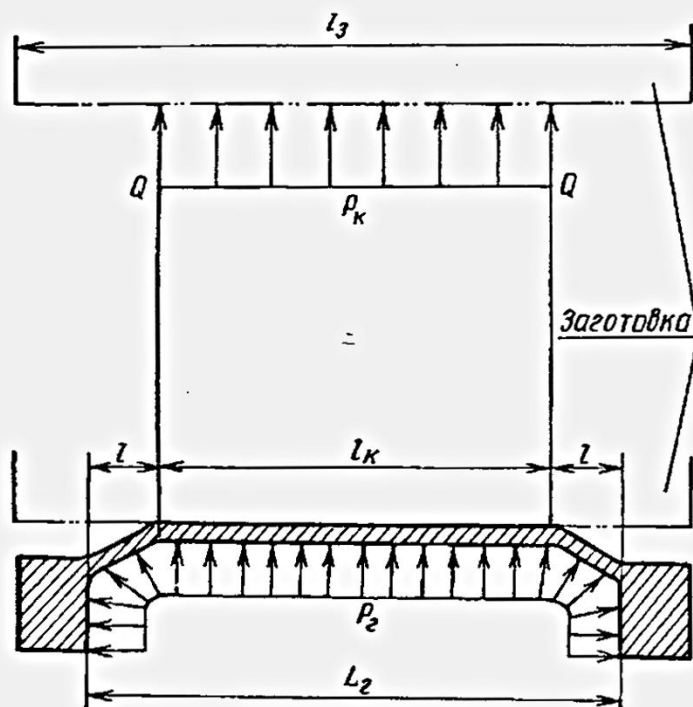
120. Гидропластмассы

Показатели	Марки гидропластмассы	
	СМ	ДМ
Сопротивление компонентов в составе гидропластмассы, %:		
полихлорвиниловая смола марки М	20	10
дибутилфталат (пластификатор)	78	88
стеарат кальция (стабилизатор)	2	2
Температура плавления, °С		
Рекомендуемый температурный режим работы, °С	+140	+120
Величина зазора, мм, подвижных соединений, при которых начинается просачивание гидропласта при давлении, МПа:		
12,5	—	0,01
30	0,03	—
40	0,02	—
50	0,01	—
Уменьшение объема массы на каждые 10 МПа давления, %	0,5	0,5
Рекомендуемое применение	В самоцентрирующих оправках при небольших перемещениях и передаче давлений на небольшое расстояние	В многоместных приспособлениях при передаче давлений на большие расстояния через каналы небольшого сечения

меняются тонкостенные втулки, установочная поверхность которых является одновременно и зажимающей, что обеспечивает высокую точность установки и сокращает затраты времени на закрепление детали.

Порядок расчета гидропластмассовых оправок и патронов приведен в табл. 121, а основные характеристики тонкостенных гильз — в табл. 122.

121. Гидропластмассовая оправка или патрон

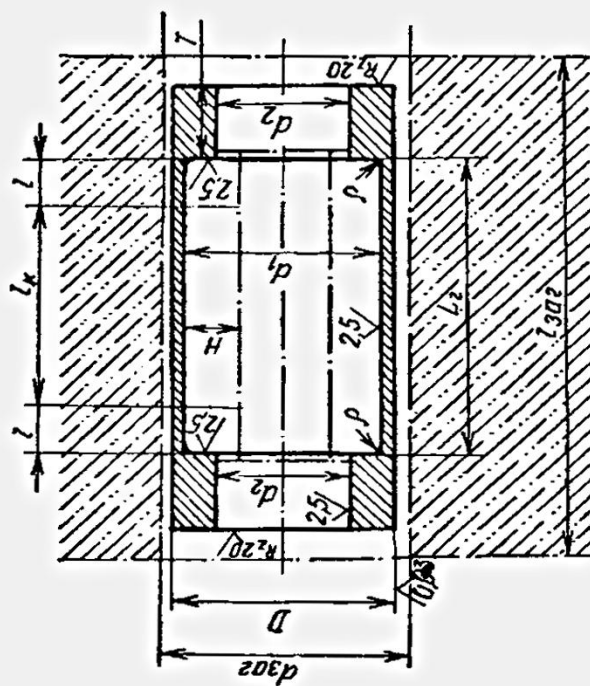


Исходные данные: $M_{кр}$ — передаваемый крутящий момент или крутящий момент от сил резания, Н·мм; l_3 — базовая длина заготовки, мм; d — диаметр базового отверстия (наружного диаметра) заготовки, мм.

Параметры	Расчетная формула
Конструктивные параметры тонкостенной гильзы	По табл. 122, 123 в зависимости от d : D , d_1 , d_2 , H , T
Давление в полости с гидропластмассой	По табл. 122, 123 в зависимости от d : принимается меньшее значение p_r , p_k , Q , $2l$
Длина тонкостенного участка гильзы	Из конструктивных соображений $l_3 > L_2 > 2l$

Параметры	Расчетная формула																								
Гарантированный крутящий момент, передаваемый оправкой (патроном)	$M_{кр гар} = \pi d^2 f [Q + 0,5 P_k (L_2 - 2l)]$, где f — коэффициент трения, принимается равным 0,16...0,2																								
Условия передачи заданного крутящего момента	$M_{кр гар} \geq M_{кр}$, где K — коэффициент запаса, принимается приближенно $k \geq 2,5$																								
Наибольшее напряжение в материале тонкостенного участка гильзы Допустимые напряжения материала тонкостенной гильзы	По табл. 122, 123 в зависимости от P , <table><tr><td>Марка стали</td><td>65Г</td><td>55ГС</td><td>50ХФА</td><td>50ХГФА</td><td>55С2</td><td>60С2</td><td>55ХГР</td><td>60СГР</td><td>60С2ХА</td><td>60С2ХФА</td><td>65С2ВА</td></tr><tr><td>МПа</td><td>600</td><td>750</td><td>900</td><td>1200</td><td>1300</td><td>1500</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	Марка стали	65Г	55ГС	50ХФА	50ХГФА	55С2	60С2	55ХГР	60СГР	60С2ХА	60С2ХФА	65С2ВА	МПа	600	750	900	1200	1300	1500					
Марка стали	65Г	55ГС	50ХФА	50ХГФА	55С2	60С2	55ХГР	60СГР	60С2ХА	60С2ХФА	65С2ВА														
МПа	600	750	900	1200	1300	1500																			
Допуски и посадки	Диаметры $D—h4$, $d_1—H7$, $d_2—H8$, $D_1—H7$; линейные размеры H , $T—j_8$, 14. Разностенность в поперечном сечении тонкостенного участка — не более 0,02 ($D—d_1$). Радиальное биение наружного диаметра тонкостенного участка гильзы относительно отверстия по 2...3-й степени точности. Посадка гильзы на вал — по $\frac{H7}{u8}$																								
Материал и термообработка	Тонкостенная гильза: стали 65Г, 55ГС, 50ХФА, 50ХГФА, 55С2, 60С2, 55ХГР, 60С2ХА, 60СГР, 60С2ХФА, 65С2ВА — закалка в масле, отпуск до HRC , 39,5...43,5. Вал оправки, плунжер: стали 18ХГТ, 20Х, 20ХС — цементация, закалка, отпуск до HRC , 57...61																								

262 122. Тонкостенная гильза для оправок



d _{заг.} , мм	Геометрические размеры, мм					ρ _н , МПа	ρ _к , МПа	Q, Н/мм	2l, мм	σ _{max} , МПа
	D	d ₁	d ₂	H	T					
				7	8	16	0,75	5	14	600

Продолжение табл. 122

$d_{\text{заг. мм}}$	Геометрические размеры, мм					ρ_n , МПа	ρ_k , МПа	Q , Н/мм	$2l$, мм	$\sigma_{\text{изг.}} \text{ МПа}$
	D	d_1	d_2	H	T					
28H6	27,98	26,66	18	7	8	19 23 27	3,8 7,3 11,3	10 15 20	12 11 10	700 800 900
28H7						22 25	2,6 5,8	10 15	13,0 11,5	800 900
32H6	31,98	30,42	22			16 19,5 23 27	1,1 4,2 7,8 12,0	7 13 20 25	16,0 13,5 12,0 11,5	600 700 800 900
32H7						22 25	2,8 6,0	10 18	14,5 13,0	800 900
36H6	35,98	34,22	26	8	8,5	16,5 20 24 29	3,0 6,5 10,6 15,0	10 18 25 33	15,5 14 13 12	600 700 800 900

$d_{\text{заг}}, \text{ мм}$	Геометрические размеры, мм					$P_n, \text{ МПа}$	$P_k, \text{ МПа}$	$Q, \text{ Н/мм}$	$2l, \text{ мм}$	$\sigma_{\text{max}}, \text{ МПа}$
	D	d_1	d_2	H	r					
36H7	35,98	34,22	26	8	8,5	22 19 26	5,4 2,1 9,0	18 10 25	15 17 14	800 700 900
36H8						24	2,1	12	17,0	900
40H6						17 21 25 30	4,8 8,7 13 18,5	16 24 30 40	16 14,5 13 12	600 700 800 900
40H7	39,98	38,02	28			16 19 23 27	1,0 4 7,7 11,8	8 16 24 30	20 17 15 14	600 700 800 900
40H8					10	21,5 25	1,6 4,6	10 20	19,5 17	800 900
40H9						24	1,4	10	20	900

Продолжение табл. 122

$d_{\text{заг. мм}}$	Геометрические размеры, мм					p_r , МПа	p_k , МПа	Q , Н/мм	$2l$, мм	$\sigma_{\text{раз.}}$, МПа
	D	d_1	d_2	H	T					
45H6	44,98	42,74	33	10	9	12	1,75	10	21	450
						18	7,2	23	17	600
						22	11,7	30	15	700
						27,5	17,0	30	14	800
45H7	44,98	42,74	33	10	9	16,5	3,3	15	20	600
						20	6,9	24	17,5	700
						24	11,0	33	16	800
45H8	44,98	42,74	33	10	9	19	1,5	12	22	700
						22	4,6	20	19,5	800
						25,5	8,1	30	18	900
45H9	44,98	42,74	33	10	9	21,5	1,5	13	22,5	800
						25	4,8	23	20	900
50H6	49,98	47,54	38	9,5	9,5	12,5	2,8	13	21	450
						18,5	8,7	28	17	600
						23,5	16,5	40	16	700
50H7	49,98	47,54	38	9,5	9,5	17	4,7	20	20	600
						21	8,5	30	18	700
						25	13,0	40	17	800

$d_{\text{зат}}, \text{мм}$	Геометрические размеры, мм					$p_r, \text{МПа}$	$p_k, \text{МПа}$	$Q, \text{Н/мм}$	$2l, \text{мм}$	$\sigma_{\text{поз}}, \text{МПа}$
	D	d_1	d_2	H	T					
50H8	49,98	47,54	38	10	9,5	16 19 22,5	0,14 3,1 6,5	7 17 27	27 22 20	600 700 800
50H9						19 22	0,6 3,3	10 20	26 22,5	700 800
56H6	55,975	53,235	44	10	10	12 18 22	1,6 7,0 11,4	10 28 37	26 21 19	450 600 700
56H7						16,5 20	3,7 7,4	20 30	24 21	600 700
56H8	55,975	53,235	44	10	10	16 19	0,4 3,4	8 20	29 25	600 700
56H9						19 25	0,5 6,8	10 30	28 23	700 900

Продолжение табл. 122

$d_{\text{заг. мм}}$	Геометрические размеры, мм					p_r , МПа	p_k , МПа	Q , Н/мм	$2l$, мм	$\sigma_{\text{пол. МПа}}$
	D	d_1	d_2	H	T					
63H6	62,975	59,855	49	10	10	12,5 19 24	3,2 9,3 14,5	18 37 50	26 22 20	450 600 700
63H7						12 17,5 21,5	0,9 6 10	10 30 40	31 24,55 22	450 600 700
63H8						16,5 20 28	2,6 6 14,4	20 30 56	29 25 22	600 700 900
63H9	70,975	67,455	57	12	10,5	19 26,5	3 10,3	20 50	29 24	700 900
71H6						13 20 26	4,7 11,6 17,5	25 45 60	27 22,5 21	450 600 700

$d_{\text{заг}}, \text{мм}$	Геометрические размеры, мм					$\rho_r, \text{МПа}$	$\rho_k, \text{МПа}$	$Q, \text{Н/ч.м}$	$2l, \text{мм}$	$\sigma_{\text{пер}}, \text{МПа}$
	D	d_1	d_2	H	T					
71H7	70,975	67,455	57	12	10,5	12,5 18 23	2,4 8,1 12,8	17 38 53	31 25 23	450 600 700
71H8						17 21 30	4,5 8,3 17,8	28 42 70	290 260 225	600 700 900
71H9						16 20 28	2,0 5,3 13,4	20 30 60	330 290 250	600 700 900
71H10	70,975	67,455	57			24	1,45	20	360	900
80H6						14 21,5 27,5	6,1 14,0 20,0	30 60 75	280 240 220	450 600 700

Продолжение табл. 122

$d_{\text{нар.}}$, мм	Геометрические размеры, мм				ρ_r , МПа	ρ_k , МПа	Q , Н/мм	$2l$, мм	$\sigma_{\text{пол.}}$, МПа
	D	d_1	d_2	H					
80Н7						13 19 24	25 50 65	300 260 240	450 600 700
80Н8	79,975	76,075	66		10,5	12,2 17,5 21,5	15 40 55	38 30 27	450 600 700
80Н9						17 20	30 45	33,5 30	600 700
80Н10						24,5	35	36	900
90Н6						14 21,5 27,5	35 65 85	31 26 24	450 600 700
90Н7					12	13 19 24	26 52 70	35 29 27	450 600 700

$d_{\text{заг.}} \text{ мм}$	Геометрические размеры, мм					p_r , МПа	p_k , МПа	Q , Н/мм	$2l$, мм	$\sigma_{\text{пол.}}$, МПа
	D	d_1	d_2	H	T					
90H8	89,972	85,672	74	12	11,5	12 17,5 21,5	0,8 5,9 10	15 40 57	43 33,5 30	450 600 700
90H9						16,5 20	3,3 6,9	30 45	38 34	600 700
90H10						24,4	3,1	35	40,5	900
100H6				12	12	14,5 23 30,5	7,9 16,5 24,0	45 80 100	33 28 25,5	450 600 700
100H7						13,5 20,5 26	5,15 12,3 18,0	40 70 90	37 31 28	450 600 700
100H8	99,972	95,092	84			12,5 18 23	2,4 8,0 13	25 50 75	43 35 32	450 600 700

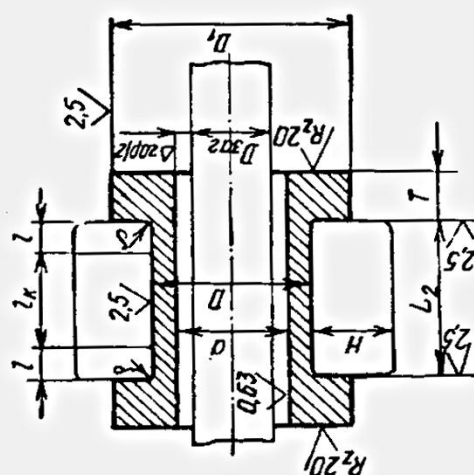
Продолжение табл. 122

$d_{\text{зат.}}$, мм	Геометрические размеры, мм					p_1 , МПа	p_k , МПа	Q , Н/мм	$2l$, мм	$\sigma_{\text{пол.}}$, МПа
	D	d_1	d_2	H	T					
100H9						12	0,5	10	50	450
						17	5,4	40	39	600
						21	9,5	60	35	700
100H10						25	6,2	60	41	900

Примечание. Буквы в таблице обозначают: p_2 — давление, создаваемое в полости с гидропластмассой для центрирования и надежного закрепления заготовки; давление p_k и окружающая сила Q — силовые факторы, возникающие при контакте гильзы оправки с заготовкой; $2l$ — суммарная длина тонкостенного участка гильзы оправки, не вступающего в контакт с заготовкой, мм; $p = 4...5$ мм — радиус сопряжения тонкостенного участка гильзы с буртиком.

123. Основные параметры тонкостенной гильзы для патронов

272



D _{заг} , мм	Геометрические размеры, мм					p _r	p _k	Q, Н/мм	2l, мм	σ _{полн} , МПа
	d	D	D ₁	H	T					
28h5 28h6	28,025 ^{+0,021}	29,465 ^{+0,023}	39,5		7,5	22,6	0,68	6,4	14,8	800
						25,7	3,8	12,7	13	

Продолжение табл. 123

D _{зат} , мм	Геометрические размеры, мм					p _r	p _к	Q, Н/мм	2l, мм	σ _{поз.} , МПа
	d	D	D ₁	H	T					
						25,5	1	9	14	900
32h5	32,03 ^{+0.029}	33,67 ^{+0.029}	43,7		8	22,5	1,9	11	16	
36h5	36,03 ^{+0.029}	36,87 ^{+0.029}	50		8,5	22,7	1,7		18	800
36h6				10		25,9	5		16	900
						26,6	2,8		17,2	
40h5					8,5	19,8	0,9	9	20,6	700
						23	4,1	18	18	800
40h6	40,3 ^{+0.029}	42,07 ^{+0.035}	54			26,6	7,7	26	16,3	900
						22,7	2,2	13,5	19,4	800

Дан. мм	Геометрические размеры, мм					P _г	P _к	Q, Н/мм	2l, мм	σ _{max} , МПа
	d	D	D ₁	H	T					
40g6				10	9	26	5,5	22	17,3	
						25,5	2,4	14,8	19,5	900
45h5				10	9	20	2,8	15,3	20,4	700
						23,5	6,3	24,6	18,2	800
						27,5	10,3	33,8	16,7	900
45h6				10	9	19,8	1,2	10,8	22,2	700
						23	4,4	20,4	19,5	800
45g6				10	9	26,7	8	30	17,7	900
						22,6	1,6	13	22	800

Продолжение табл. 123

D _{заг} , мм	Геометрические размеры, мм					p _г	p _к	Q, Н/мм	2l, мм	σ _{разг} , МПа
	d	D	D ₁	H	T					
56h5	56,03 ^{+0,036}	58,89 ^{+0,05}	72	12	10	26	4,8	22,6	19,5	900
						17	1,8	14,8	26,8	600
						20,5	5,3	27	23,4	700
						29	13,7	50	20	900
56h6						17	0,4	9	30	600
						20	3,5	22	25	700
						28	11	45	21	900
56g6						20	0,9	13	26	700
						26,6	7,7	37	23	900
56f7						25,4	1,2	16,3	29	

D _{заг.} мм	Геометрические размеры, мм					p _r	p _r	Q, Н/мм	2l, мм	σ _{пост.} МПа
	d	D	D ₁	H	T					
63h5	63,03 ^{+0,036}	66,31 ^{+0,05}	80	10	17,5	4	25	27	600	
					21	8	38	24	700	
					31	17,7	66	21	900	
63h6	63,03 ^{+0,036}	66,31 ^{+0,05}	80	10	17	2,7	20	29	600	
					21	6,3	33	26	700	
					29,5	15	61	22	900	
63g6	63,03 ^{+0,036}	66,31 ^{+0,05}	80	10	17	0,5	11	34	600	
					20	3,6	25	29	700	
					28	11,3	52	24	900	

Продолжение табл. 123

D _{зат} , мм	Геометрические размеры, мм					P _r	P _k	Q, Н/мм	2l, мм	σ _{плат} , МПа
	d	D	D ₁	H	τ					
63/6				12		26	4,6	32	29	
71h5					10,5	13	0,9	12	36	450
						18	6	35	28	600
						22,5	10,6	50	25	700
71h6					10,5	33	21,5	83	22	900
						18	4,7	30	30	600
50h5					10,5	31,5	15,7	77	23	900
						17	2	13	24	600
						20,5	5,4	24	21	700

D _{зав.} мм	Геометрические размеры, мм					p _г	p _к	Q, Н/мм	2l, мм	σ _{плз.} , МПа
	d	D	D ₁	H	T					
						24,5	9,4	34,6	19	800
						29	14	45,3	17,5	900
						17	0,6	9	26	600
50h6	50,03 ^{+0.029}	52,59 ^{+0.04}	64,03	10	9,5	20	3,7	20	22	700
						24	7,4	30	20	800
						28	11,5	40	18,5	900
50g6						20	1,3	12,5	25	700
						23	4,5	23,4	22	800
50f7						26,7	8,2	34	20	900

Продолжение табл. 123

Дан. мм	Геометрические размеры, мм					p_r	p_k	$Q, H/мм$	$2l, мм$	$\sigma_{пол}, МПа$
	d	D	D_1	H	r					
71g6					10,5	25,5	2	17,3	24,7	
						17	2,5	22	33	600
						21	6	37	29	700
						29,5	15	67	25	900
71f7						20	0,9	16	37	700
						27	7,7	47	30	900
80h5				12		19	8	45	29	600
						24	13	63	26,5	700
						36	25	100	23	900

D _{зат} , мм	Геометрические размеры, мм					Р _г	Р _к	Q, Н/мм	2l, мм	σ _{дв.} , МПа
	d	D	D ₁	H	T					
80h6	80,03 ^{+0.036}	84,13 ^{+0.05}	98		11	18	6,6	40	31	600
						23	11	57	28	700
						34	22	94	24	900
80g6						17,5	4,3	31,7	34	600
						21,5	8	48,5	30	700
						31	18	83	26	900
80f7						27,5	10,6	62	30	
90h5				12		13	1,2	17	45	450
						18	6,5	46	35	600
						23	11	60	32	700

Продолжение табл. 123

D _{зат.} мм	Геометрические размеры, мм					p _r	p _x	Q, Н/мм	2l, мм	σ _{плат.} , МПа
	d	D	D ₁	H	T					
90h6	90,04 ^{+0,044}	92,74 ^{+0,06}	108		11,5					
						13	0,2	10	50	450
						18	5	40	37	600
90g6	90,04 ^{+0,044}	92,74 ^{+0,06}	108		11,5	22	3,3	60	34	700
						32	19,5	100	29	900
						17	2,9	30	42	600
90f7	90,04 ^{+0,044}	92,74 ^{+0,06}	108	12	11,5	21	6,5	49	37	700
						30	16	89	31	900
						20	1,2	22	46,5	900
						27	8	62	37	700

D _{зат.} мм	Геометрические размеры, мм					p _r	p _к	Q, Н/мм	2l, мм	σ _{пол.} , МПа
	d	D	D ₁	H	T					
90e8						25	0,9	25	48	
100h5					12	13	2	25	45	450
						19	8	56	36	600
						24	13	78	33	700
100h6	100,04 ^{+0,044}	105,16 ^{+0,08}	119			36	25	125	29	900
						13	1,2	19	47	450
						18	6,7	50	38,5	600
						23	11	72	35	700

Продолжение табл. 123

D _{заг.} мм	Геометрические размеры, мм					p _г	p _х	Q, Н/мм	2l, мм	σ _{раб.} , МПа
	d	D	D ₁	H	T					
100g6	100,04 ^{+0,041}	105,16 ^{+0,08}	119	12	12	17,5	4,4	40	42	600
						21,5	8	60	38	700
100f7						31	18	105	32	900
						20	2,7	35	46,5	700
100e8						27,5	10	77	38	900
						26	3	41	47	900

Примечание. Буквы в таблице обозначают: p_г — давление, создаваемое в полости с гидропластмассой для центрирования и надежного закрепления заготовки; давление p_х и окружающая сила Q — силовые факторы, возникающие при контакте гильзы патрона с заготовкой; 2l — суммарная длина тонкостенного участка гильзы патрона, не вступающего в контакт с заготовкой, мм; ρ = 4...5 мм — радиус сопряжения тонкостенного участка гильзы с буртиком.

Оправки

Оправки разделяются на жесткие и разжимные. Важнейшей характеристикой при выборе того или другого типа оправок является точность обработки. Ее показателем обычно служит отклонение от соосности, возникающее при обработке наружной поверхности относительно базовой. При выборе оправки также играет роль жесткость заготовки, потому что при закреплении на оправке она деформируется. Это приводит к различным отклонениям формы обработанных поверхностей.

В табл. 124 даны характеристики наиболее распространенных видов оправок и рекомендации по их выбору.

Цилиндрические оправки для установки деталей с гарантированным зазором обеспечивают стабильное положение детали вдоль оси. Поэтому такие оправки можно применять при работе на настроенных станках, когда предъявляются повышенные требования к продольным размерам. С помощью данных оправок не достигается точность центрирования, однако они имеют преимущества при многоместной обработке. Расчет оправок приведен в табл. 125...126.

Цилиндрические оправки с прессовой посадкой применяются в случае, если необходимо точно зафиксировать положение детали по длине. Порядок расчета оправки с прессовой посадкой детали приведен в табл. 127.

Резьбовые оправки применяют для обработки деталей с резьбовым отверстием. Устанавливать деталь только по резьбе нельзя. Во избежание перекоса детали за установочную базу обычно принимают резьбу и точно подрезанный торец. Во время обработки происходит самозатягивание детали, что затрудняет ее последующее свинчивание. Поэтому перед свинчиванием обработанную деталь нужно отвести от упорного торца приспособления.

Конусные оправки применяются при базировании как по гладкому, так и по шлицевому отверстию. При базировании шлицевого отверстия по наружному диаметру внутренний диаметр шлицевой оправки обычно изготавливается на 1 мм меньше внутреннего диаметра детали, а ширина шлицев оправки — на 0,25...0,5 мм меньше ширины впадины детали.

Конусностью оправки называется величина

124. Основные типы оправок

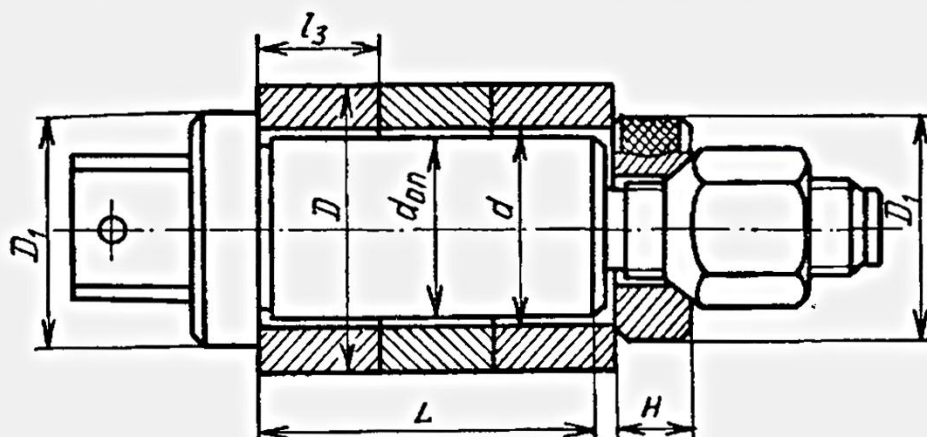
Тип оправок	Способ базирования детали на оправке	Точность базового отверстия детали, не ниже	Достижимая соосность обработанной поверхности и базового отверстия		Применение
			степень точности по ГОСТ 16643—81	в интервале диаметров 50...120 мм, мм	
Жесткие	По цилиндрической поверхности с гарантированным зазором	H9	9...10	0,10...0,16	При пониженных требованиях к соосности для обработки длинных деталей или группы деталей. При повышенных требованиях к продольным размерам детали при работе на настроенных станках
	По цилиндрической поверхности с прессовой посадкой	H7	4...6	0,01...0,025	При обработке толстостенных заготовок с большими усилиями резания или при передаче значительных крутящих моментов
	По конической поверхности	H9	4...7	0,01...0,04	При легких токарных и шлифовальных работах при соотношении ширины детали к диаметру в пределах от 0,25 до 1,5
	По шарикам или роликам, образующим цилиндрическую поверхность	H7	4...6	0,01...0,025	При зубонарезании и шлифовании деталей соотношение ширины детали к диаметру может быть менее 0,25

Тип оправок	Способ базирования детали и оправке	Точность базового отверстия детали, не ниже	Достижимая соосность обработанной поверхности и базового отверстия		Применение
			степень точности по ГОСТ 16443—81	в интервале диаметров 50...120 мм, мм	
Разжимные с жесткими центрирующими элементами	По резьбовой поверхности	—	—	—	При обработке деталей с резьбовым отверстием
	Кулачками	IT12	8...10	0,06...0,16	При обработке толстостенных заготовок с черновыми или предварительно обработанными отверстиями на токарных, шлифовальных, зуборезных операциях
	Грибковыми или коническими, сферическими элементами	IT12	5...8	0,025...0,06	При базировании деталей по отверстию диаметром свыше 12 мм на легких работах
	Роликами, расположенными со смещением	IT12	9...10	0,10...0,16	При токарной обработке толстостенных заготовок с предварительно обработанными отверстиями
Разжимные с упругими центрирующими элементами	Разрезной канной с полусферическими пазами с двух сторон, с цилиндрическими	H10	5...8	0,025...0,06	При точной обработке длинных втулок и гильз на токарных и шлифовальных операциях

Тип оправок	Способ базирования детали на оправке	Точность базового отверстия, не ниже	Достижимая точность обработки поверхности и базового отверстия		Применение
			степень точности по ГОСТ 16643—81	в интервале диаметров 50...120 мм, мм	
	цилиндрической наружной и конической внутренней поверхностью				
	Цангой с односторонними пазами и лепестками	H10, H11	5...9	0,025...0,10	При обработке тонкостенных колец и втулок на токарных и шлифовальных операциях
	Упругой разжимной шайбой	H11	4...9	0,01...0,10	При чистовой обработке на токарных и шлифовальных операциях втулок, гильз, стаканов при отклонении длины детали к диаметру базового отверстия более 1
	Гофрированной втулкой	H8...H9	3...5	0,006...0,016	При чистовой обработке колец, втулок, гильз, зубчатых колес с цилиндрической базой диаметром свыше 20 мм

Тип оправок	Способ базирования детали на оправке	Точность базового отверстия детали, не ниже	Достижимая соосность обработанной поверхности и базового отверстия		Примечание
			степень точности по ГОСТ 16843—81	в интервале диаметров 50...120 мм, мм	
	Гидропласт-массовой втулкой	H7	4...6	0,01...0,025	При чистовой обработке колец, втулок, гильз, зубчатых колес с цилиндрической базой диаметром свыше 40 мм
	Разрезным коническим кольцом	H9	5...8	0,025...0,06	При токарной обработке толстостенных заготовок

125. Цилиндрическая оправка с гарантированным зазором

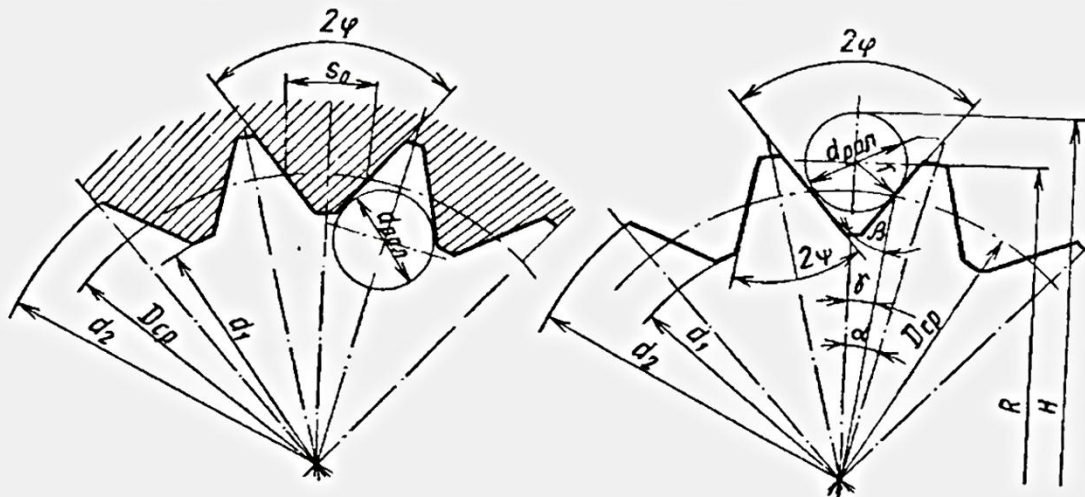


Исходные данные: $M_{кр}$ — передаваемый крутящий момент или крутящий момент от сил резания, Н·мм; l_3 — базовая длина заготовки, мм; D — диаметр обработанной заготовки, мм; d — диаметр базового отверстия заготовки, мм; T_d — поле допуска базового отверстия, мм; e — допускаемое отклонение от соосности обработанной и базовой поверхностей заготовки, мм.

Параметры	Расчетная формула
Гарантированный зазор для установки заготовки на оправке	$\Delta_{гар} = \sqrt{e^2 - e_{оп}^2} - 0,5(T_d + T_{d.оп} + \delta_{из}),$ где $e_{оп}$ — отклонение от соосности базовой поверхности оправки (рекомендуется в пределах 3-й степени точности); $T_{d.оп}$ — допуск на диаметр базовой поверхности оправки (рекомендуется $h6$); $\delta_{из}$ — допустимый износ базовой поверхности оправки (рекомендуется 0,01...0,02 мм). Приблизительно $\Delta_{гар} \geq 0,02$ мм
Номинальный диаметр базовой поверхности оправки	$d_{оп} = d - \Delta_{гар}$
Длина базовой поверхности оправки	$L = nl_3 - (1...5) \text{ мм},$ где n — число одновременно обрабатываемых заготовок
Наружные диаметры опорного буртика и нажимной шайбы	$D_1 = D - (3...5) \text{ мм}$
Ширина нажимной шайбы	$H \geq 0,3D_1$

Параметры	Расчетная формула
Гарантированный крутящий момент, передаваемый оправкой	$M_{кр.гар} \geq k M_{кр},$ где k — коэффициент запаса, принимается приближенный $k \approx 2,5$
Требуемое усилие зажима заготовки	$P = \frac{3(D_1^2 - d^2)}{f(D_1^3 - d^3)} M_{кр.гар},$ где f — коэффициент трения, принимается равным 0,16...0,2

126. Цилиндрическая оправка с елочными шлицами



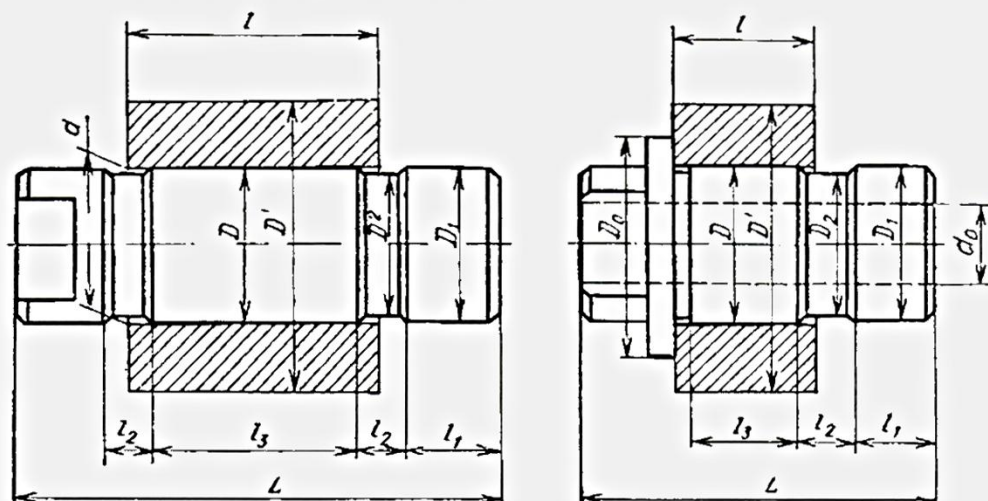
Исходные данные: D — диаметр делительной окружности; z — число шлицев; d_1 , d_2 — диаметр впадин и диаметр выступов шлицев; 2ψ — угол профиля шлицев; s_0 — теоретическая толщина шлица по хорде делительной окружности; $s_2 = s_0 - \Delta_1 - \Delta_2$ — фактическая толщина шлица по хорде делительной окружности; Δ_1 , Δ_2 — допуск на изготовление шлица.

Параметры	Расчетная формула
Половина центрального угла, приходящегося на 1 зуб	$\alpha = \frac{360^\circ}{z}$
Половина угла профиля зуба детали	$\varphi = \psi + \alpha$
Половина центрального угла толщины зуба	$\sin \gamma' = \frac{s_2}{D}$

Продолжение табл. 126

Параметры	Расчетная формула
Толщина шлица отверстия по дуге делительной окружности	$s_1 = \pi D \frac{2\gamma'}{360^\circ}$
Расчетная ширина впадины оправки по дуге делительной окружности	$s = s_{1\max} + \delta$, где δ — гарантированный зазор между профилем шлица оправки и детали; $s_{1\max}$ — максимальная ширина шлица по дуге делительной окружности с учетом допуска на изготовление шлица, уменьшающего его ширину
Половина центрального угла впадины шлицев	$\gamma = \frac{360^\circ}{\pi D} \cdot \frac{s}{2}$
Угол	$\beta = \varphi - \gamma$
Диаметр внутренней вершины профиля шлицев оправки	$D_1 = D \frac{\sin \beta}{\sin \psi}$
Диаметр наружной вершины профиля шлицев оправки	$D_2 = D_1 \frac{\sin \varphi}{\sin \psi}$
Диаметр ролика (при отсутствии заданного чертежом диаметра ролика)	$d_p = D_p \frac{\sin \gamma_p}{\cos \psi}$, где D_p — диаметр касания ролика с профилем шлица; $\gamma_p = \varphi - \beta_p$; $\beta_p = \frac{D_1}{D_p} \sin \varphi$
Расстояние от оси оправки до оси ролика	$X = \frac{1}{2} D_1 + \frac{d_p}{2 \sin \varphi}$
Размер по роликам	$H = 2 \left(X + \frac{1}{2} d_p \right)$ — для четного числа шлицев

127. Цилиндрическая прессовая оправка



Исходные данные: $M_{кр}$ — передаваемый крутящий момент или крутящий момент от сил резания, Н·мм; l — базовая длина заготовки, мм; d — номинальный диаметр отверстия заготовки, мм; D' — диаметр обработанной заготовки, мм; E_z и $E_{оп}$ — модули упругости материала заготовки и оправки, МПа, для сталей $E \approx 2,1 \cdot 10^5$ МПа; μ_z , $\mu_{оп}$ — коэффициенты Пуансона материала заготовки и оправки (для сталей $\mu \approx 0,3$).

Параметры	Расчетная формула
Гарантированный крутящий момент, передаваемый оправкой	$M_{кр\text{ гар}} = k M_{кр},$ где k — коэффициент запаса, принимаемый приближенно $k \approx 2,5$
Давление в стыке заготовки — базовая поверхность для закрепления заготовки	$p = \frac{2M_{кр\text{ гар}}}{\pi d^2 f l_3},$ где f — коэффициент трения, принимаемый 0,16... 0,2; l_3 — длина базовой поверхности оправки
Номинальный диаметр базовой поверхности оправки	Для пустотелой оправки $D = \frac{d_{\max}}{1 - p \left[\frac{x}{E_{оп}} \left(\frac{1 + t_0^2}{1 - t_0^2} - \mu_{оп} \right) + \frac{1}{E_z} \left(\frac{1 + t_z^2}{1 - t_z^2} + \mu_z \right) \right]}$ Для сплошной оправки $D = \frac{d_{\max}}{1 - p \left[\frac{x}{E_{оп}} (1 - \mu_{оп}) + \frac{1}{E_z} \left(\frac{1 + t_z^2}{1 - t_z^2} + \mu_z \right) \right]},$ где $d_{\max}$ — максимальный диаметр отверстия заготовки, мм; $t = d_0/d$; d_0 — диаметр отверстия пусто-

Параметры	Расчетная формула																				
	телой оправки, мм, принимается $d_0 \leq 0,5 d$; $t_3 = d/D'$; x — коэффициент, принимается в зависимости от значений t_3, равным: <table><tr><td>x</td><td>0,4</td><td>0,6</td><td>0,73</td><td>0,8</td><td>0,83</td><td>0,87</td><td>0,9</td><td>0,93</td><td>1</td></tr><tr><td>t_3</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,8</td><td>≥ 1</td></tr></table>	x	0,4	0,6	0,73	0,8	0,83	0,87	0,9	0,93	1	t_3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	≥ 1
x	0,4	0,6	0,73	0,8	0,83	0,87	0,9	0,93	1												
t_3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	≥ 1												
	При одинаковых значениях модулей упругости E и коэффициентов Пуансона μ: а) для пустотелой оправки $D = \frac{d_{max}}{1 - \frac{p}{E} \left[x \left(\frac{1+t_0^2}{1-t_0^2} - 0,3 \right) + \left(\frac{1+t_3^2}{1-t_3^2} + 0,3 \right) \right]}$ б) для сплошной оправки $D = \frac{d_{max}}{1 - \frac{p}{E} \left(0,3 + 0,7x + \frac{1+t_3^2}{1-t_3^2} \right)}$																				
Диаметр приемной поверхности оправки	$D_1 = d_{min}$, где d_{min} — минимальный диаметр отверстия заготовки, мм																				
Допуски	Диаметр базовой поверхности оправки — D_{r6} , диаметр приемной поверхности оправки — D_{1e8} , внутренний диаметр пустотелой оправки — d_{eH9} , радиальное биение базовой поверхности относительно центров — в пределах 3-й степени точности, биение опорного торца — в пределах 6-й степени точности																				
Конструктивные	Длина базовой поверхности оправки: а) с опорным буртиком $l_3 = l - (2...5) \text{ мм};$ б) без опорного буртика $l_3 = l - (5...10) \text{ мм}.$ Длина приемной поверхности оправки $l_1 = (1/3...1/2) l.$ Диаметр буртика $D_6 = D - (1...10) \text{ мм}.$ Диаметр проточки между базовой и приемной поверхностями оправки $D_2 = D_1 - (2...3) \text{ мм}.$ Длина проточки $l_2 = l - l_3 + (2...5) \text{ мм}.$ Общая длина оправки $L \leq (5...7) D$																				

Параметры	Расчетная формула
Усилие запрессовки заготовки на оправку	$P_3 = \frac{\pi d_{\min} l_3 f (d_{\max} - d_{\min} + \delta + T_D + \delta_{\text{из}})}{D \left[\frac{x}{E_{\text{оп}}} \left(\frac{1+t_0^2}{1-t_0^2} - \mu_{\text{оп}} \right) + \frac{1}{E_3} \left(\frac{1+t_3^2}{1-t_3^2} + \mu_3 \right) \right]} \quad (\text{Н})$

Для сплошных оправок с одинаковыми значениями модуля упругости E и коэффициента Пуансона μ заготовки и оправки

$$P_3 = \frac{\pi d_{\min} l_3 f (d_{\max} - d_{\min} + \delta + T_D + \delta_{\text{из}}) E}{D \left(0,3 + 0,7 x + \frac{1+t_3^2}{1-t_3^2} \right)} \quad (\text{Н}),$$

где δ — диаметральный гарантированный натяг, мм; T_D — поле допуска на диаметр базовой поверхности оправки, мм; $\delta_{\text{из}}$ — допуск на износ базовой поверхности, принимается 0,01...0,015 мм

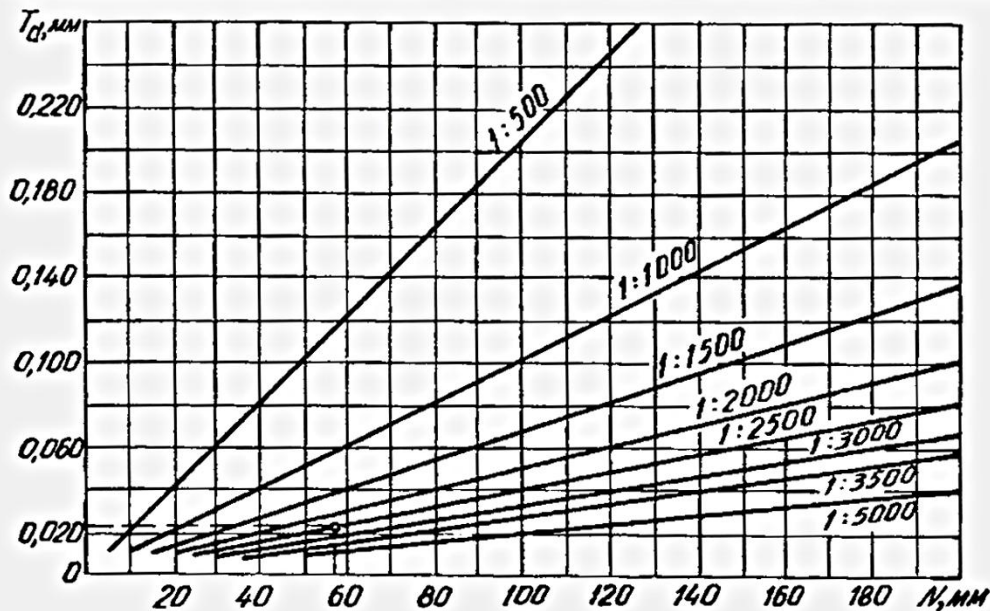


Рис. 14. Конусность

$$k = (D_1 - D_2)/L = 2 \operatorname{tg} \alpha,$$

где D_1 , D_2 — наибольший и наименьший диаметры конусной части; L — длина конусной части; α — половина угла конусной части. Выбор конусности k может производиться в соответствии с рис. 14.

При установке детали на конусной оправке положение детали по длине оправки является неопределенным. В табл. 128

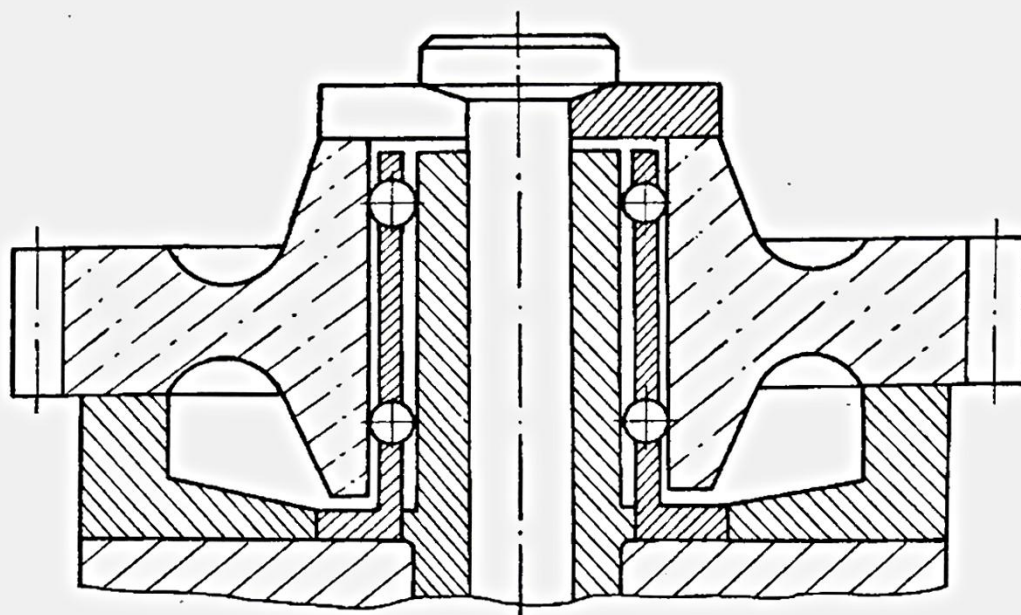


Рис. 15. Шариковая оправка

приведен порядок расчета конусной оправки. Если расчетная длина оправки превышает указанную в табл. 128, рекомендуется увеличить значение конусности либо проектировать набор оправок (две штуки).

Шариковые или роликовые оправки (рис. 15) содержат размещенные в определенном порядке в тонкостенной втулке тела качения — шарики или ролики, контактирующие с базовым отверстием детали и цилиндрической поверхностью приспособления. Для точного базирования детали предусматривается натяг порядка 0,02...0,05 мм. Цилиндрическая поверхность приспособления должна иметь максимально высокую твердость и минимальную погрешность формы.

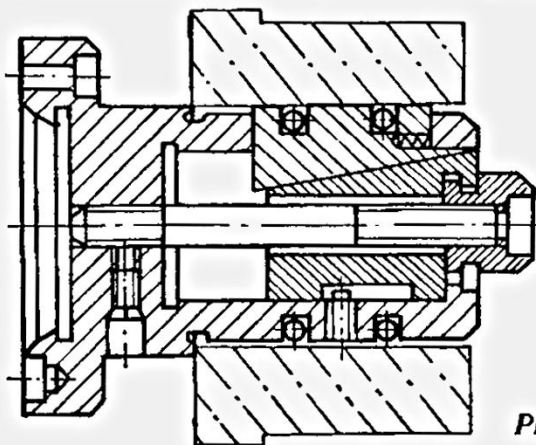


Рис. 16. Кулачковая оправка

Кулачковые оправки (рис. 16) применяют для обработки толстостенных заготовок с черновыми или предварительно обработанными отверстиями на токарных, круглошлифовальных, зубофрезерных и других станках. Кулачковые оправки обычно

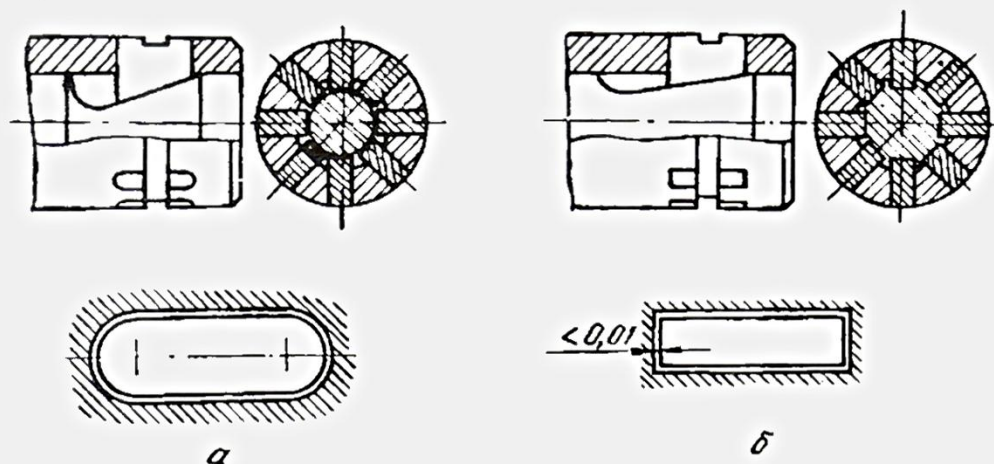


Рис. 17. Конструктивные исполнения кулачков:

а — нерекомендуемое; б — рекомендуемое

бывают шпиндельного и фланцевого исполнения. Они выполняются с ручным и пневматическим приводами. Достоинство кулачковых оправок (рис. 17) заключается в сравнительно большом радиальном ходе кулачков, что позволяет их использовать для обработки заготовок со значительными отклонениями по диаметру и даже с различными номинальными диаметрами отверстий. Фирма Тоблер рекомендует индивидуальную подгонку каждого кулачка к соответствующему пазу. Углы клиновой пары — в пределах $5...10^\circ$.

Оправки с разрезной цангой обеспечивают возможность обработки детали со свободными отклонениями размеров базовых поверхностей при высокой точности центрирования. Центрирующий зажимный механизм таких оправок имеет разрезную цангу, наружная поверхность вращения которой — цилиндр, а внутренняя — конус. Цанга с полусквозными пазами, расположенными в шахматном порядке, натягивается на коническую оправку, угол конуса которой равен углу конуса цанги. В результате цанга упруго деформируется, центрируя и надежно закрепляя заготовку. Угол конуса оправки и цанги удовлетворяет условию самоторможения. Основные размеры разрезных цанг приведены в табл. 129.

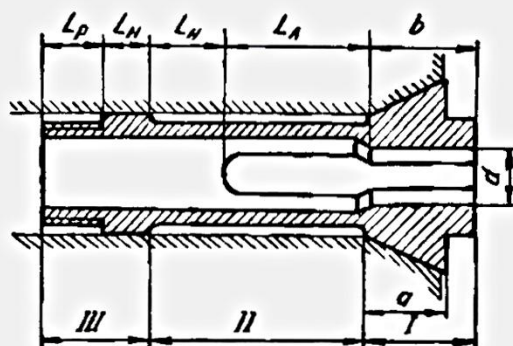
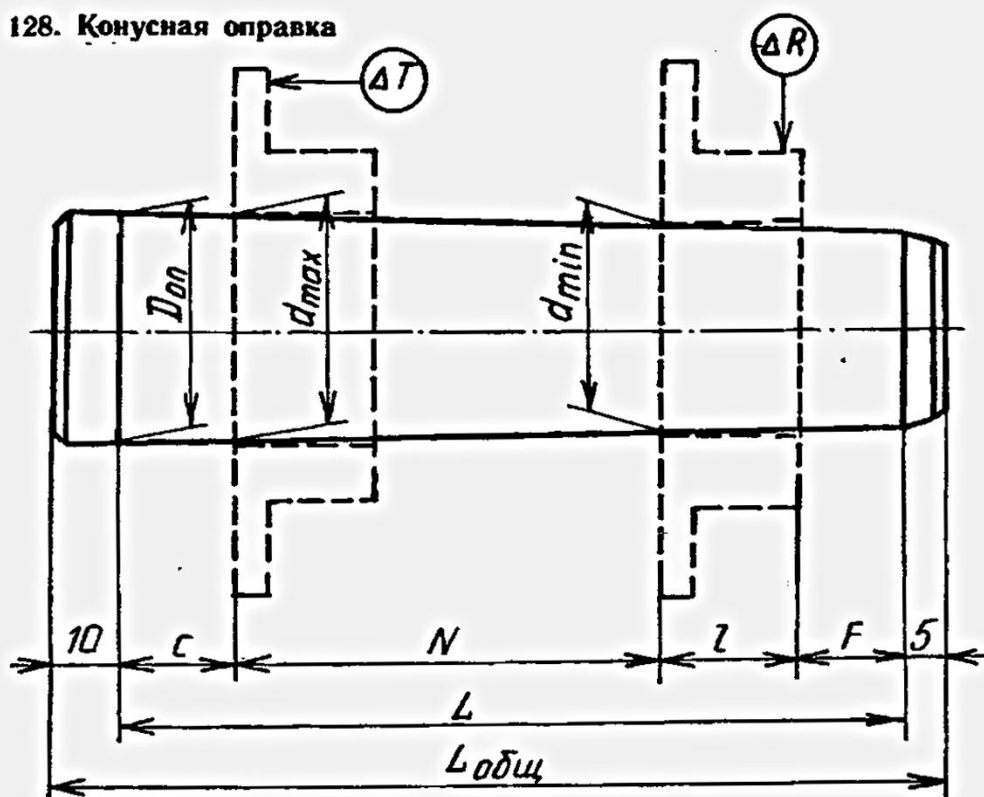


Рис. 18. Конструкция цанги

Цанговые оправки с односторонними пазами получили широкое распространение благодаря возможности развивать большие усилия зажима, выдерживать значительные колебания нагрузок.

Цанга (рис. 18) состоит из рабочей части I, упругой — II и соединительной — III. Рабочая часть цанги включает губки и ко-

128. Конусная оправка



Исходные данные: l — длина базового отверстия обрабатываемой детали, мм; $d_{\max}$, $d_{\min}$ — наибольший и номинальный диаметры отверстия в партии деталей, мм; ΔT — допускаемые торцевые биения детали на диаметре D , мм; ΔR — допускаемые радиальные биения по наружному диаметру, мм; T_d — допуск на диаметр отверстия детали.

Параметры	Расчетная формула
Конусность оправки	Из условия обеспечения торцевого биения $k_t = 2\Delta T / D.$ Из условия обеспечения радиального биения $k_R = (\alpha \Delta R - 2y) / l_1,$ где y — поперечное смещение детали под действием сил резания; l_1 — длина обрабатываемой поверхности детали; $\alpha = 0,8$ для $k \leq 1:10\,000$, $\alpha = 0,9$ для $k \geq 1:5000$. Принимается меньшее из двух значений k_t или k_R. Рекомендуются следующие значения k: 1:500; 1:1000; 1:1500; 1:2000; 1:2500; 1:3000; 1:3500; 1:4000; 1:5000; 1:10 000; 1:20 000
Наибольший диаметр цилиндрического пояса оправки	$D_{\text{оп}} = d_{\max} + 0,25T_d$

Параметры	Расчетная формула						
Длина конуса, необходимая для компенсации допуска на изготовление отверстия детали	$N = (d_{\max} - d_{\min})/k$						
Уточненное значение конусности	По диаграмме на рис. 14 в зависимости от N и T_d						
Запас длины конуса	При $k = 1:2000$ $F = 10$ мм, $k = 1:2500$ $F = 15$ мм, $k = 1:3500$ $F = 20$ мм						
Длина конической части оправки	$L = (D_{\text{оп. min}} - d_{\min})/k + l + F$, где $D_{\text{оп. min}}$ — минимальный диаметр цилиндрического пояска оправки с учетом допуска на изготовление						
Общая длина оправки	$L_{\text{оп}} = L + (15...20)$						
Максимальная допустимая общая длина в зависимости от диаметра оправки	$[L_{\text{оп}}]$, мм	100	150	200	250	350	410
	$D_{\text{оп}}$, мм	10... 15	15... 20	20... 25	25... 35	35... 45	45... 55
Допустимое радиальное биение оправки	$0,1\Delta R$, но не менее 0,003 мм						

нусную поверхность, которые обеспечивают зажим детали; упругая — гибкий лепесток и переходную часть; присоединительная — направляющий поясок и резьбовую часть. При выборе параметров этих элементов цанги следует учитывать ряд ограничений и рекомендаций.

Для повышения точности число ее лепестков должно быть нечетным: 3, 5, 7, 9, 11, и чем больше диаметр заготовки, тем большим должно быть число лепестков. Для обеспечения технологичности изготовления цанги число лепестков удобно принимать кратным 360° — 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 и т. д.

Для обеспечения жесткости зажима целесообразно угол конуса на цанге увеличивать на $5...15'$ (за счет расположения поля

Technical drawing of a mechanical part (Fig. 10) showing a cross-section. The drawing includes the following dimensions and features:

- Top Surface:**
 - Surface texture symbol: $\sqrt{0,005 \text{ A}}$
 - Profile angle: $1^\circ 25' 56''$
 - Step dimension: $0,63$
 - Dimension d_2 with tolerance $\frac{d_2}{80TB}$.
- Internal Features:**
 - Conical feature labeled "КОНУСНОСТЬ 1:20" with a tolerance zone A and value $0,63$.
 - Dimension l for the internal feature.
- Bottom Surface:**
 - Chamfer dimension: $8 \times 45^\circ$
 - Feature labeled "2 фаски" (2 chamfers).
 - Dimension 8 for the chamfer.
 - Overall length dimension L .
- Other Dimensions:**
 - Dimension 8 for the top flange.
 - Dimension 1 for the bottom flange.
 - Dimension d for the internal hole.
 - Dimension d_1 for the internal hole.
 - Dimension 8 for the bottom flange.
 - Dimension 8 for the bottom flange.

D	L	d	d_1	d_2	l	ϵ
12 13	50	8,7	—	3	—	0,6
14 15						
16 17 18 19	70	11,7				
20	80	14,7		4	10	1,6
21 22			16			
23 24			18			
25 26	100	20,2	—		—	1
28 30			20			1,6
					12	

<i>D</i>	<i>L</i>	<i>d</i>	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>l</i>	<i>c</i>
32 34	120	26,7	26	5		1
35 36			28			
38			30		14	
40	126	35	32			1,6
42			34			
44 45			36 40		16	

Примечание. Материал — сталь 65Г; HRC, 41,5...46,5.

допуска) по сравнению с углом конуса (шпинделя), что приводит к смещению контакта между цангой и корпусом (шпинделя) к месту обработки заготовки. При выборе длины конусной и зажимной частей цанги необходимо расположить их так, чтобы опорное усилие со стороны корпуса (шпинделя) находилось в рабочей части губок. Для достижения стабильности положения контакта между конической поверхностью цанги и корпусом (шпинделем) целесообразно заднюю часть конической поверхности выполнять по радиусной образующей или с увеличенным углом на длине, равной примерно 0,25 длины конусной части.

При назначении длины лепестка цанги не следует превышать допускаемые напряжения на изгиб у его основания. Нужно также учитывать увеличение прогиба лепестка по мере износа губок цанги. Поэтому рекомендуется увеличивать длину лепестка до полутора — двух длин губки. Между направляющим пояском и лепестком цанги необходим переходный участок, на котором должна затухать деформация от изгиба лепестка. Угол конуса цанг обычно составляет от 12 до 60°. При меньших углах достигаются более точное центрирование и надежное закрепление заготовок, однако радиальное перемещение лепестков цанги уменьшается. Наиболее распространены цанги с углом 30°. Полное прилегание губок цанги к закрепляемой заготовке практически не может быть обеспечено. Это привело бы к контактам по поверхностям ограниченных размеров, росту напряжений в цанге и снижению радиальной жесткости приспособления. Порядок расчета цанговых оправок приведен в табл. 130.

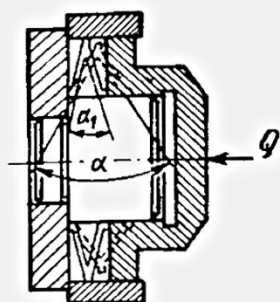
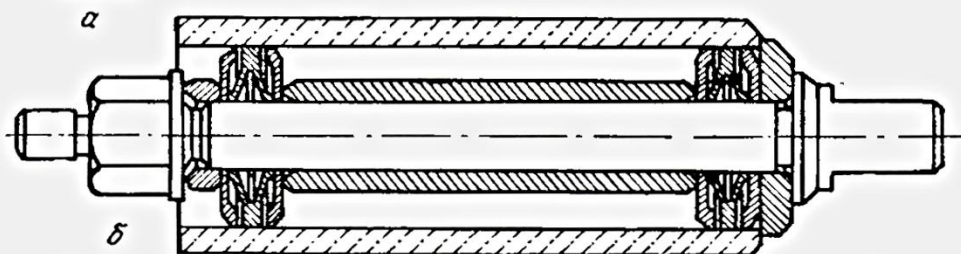


Рис. 19. Оправка с упругими разжимными шайбами:

а — схема действия; б — конструкция для крепления гильзы



Оправки с упругими разжимными шайбами (рис. 19) предназначены для чистовой обработки на токарных и шлифовальных станках заготовок типа колец, втулок, гильз, стаканов. При сжатии наружный диаметр шайбы увеличивается, а внутренний — уменьшается. Внутренним диаметром шайба центрируется и закрепляется на валу оправки, а наружным центрирует и закрепляет заготовку. Основные параметры разжимных шайб приведены в табл. 131...132.

Оправки с гофрированными втулками (рис. 20) относятся к наиболее точным. Под действием осевой сжимающей нагрузки гофрированная втулка подвергается деформации. При этом наружный ее диаметр увеличивается, а внутренний — уменьшается. По внутреннему диаметру втулка центрируется и закрепляется на валу оправки, а по наружному — точно центрирует и закрепляет заготовку. На оправках с гофрированными втулками можно обрабатывать заготовки со сквозными, глухими, прерывистыми, ступенчатыми отверстиями или имеющими перемычку меньшего диаметра. Расчет гофрированных втулок приведен в табл. 133.

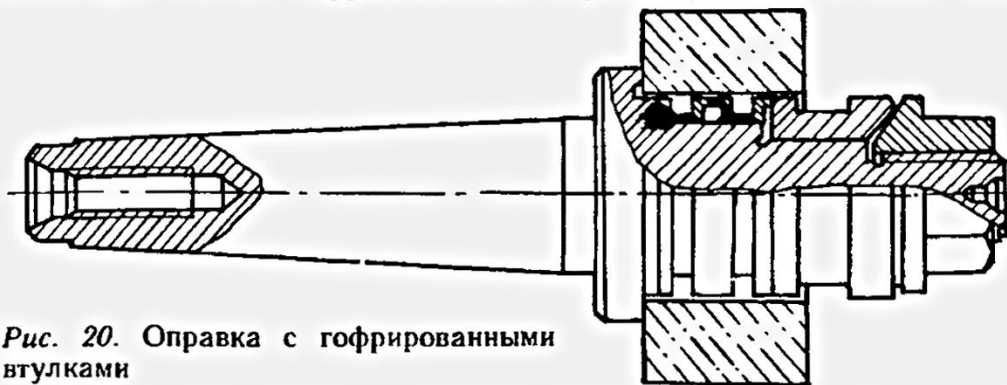
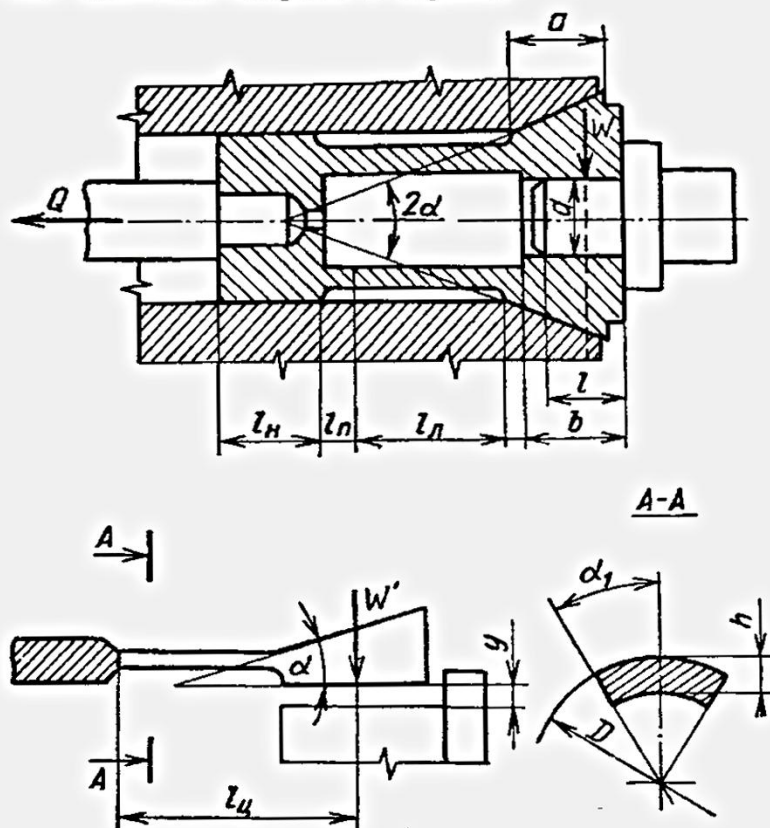


Рис. 20. Оправка с гофрированными втулками

Гидропластмассовые оправки используются на финишных операциях обработки точных зубчатых колес, колец, втулок, гильз. Базовые отверстия заготовок должны иметь цилиндрическую форму диаметром не менее 28 мм. Наиболее надежны

130. Цанговые патроны и оправки



Исходные данные: $M_{кр}$ — передаваемый крутящий момент или крутящий момент от сил резания, Н·мм; P_0 — осевая передаваемая сила или осевая составляющая силы резания, Н; l — длина заготовки, мм; d — внутренний или наружный диаметр цанги в месте контакта заготовки с цангой, мм.

Параметры	Расчетная формула
Требуемая суммарная сила зажима заготовки	$W = \frac{k}{f} \sqrt{\frac{4M_{кр}^2}{d^2} + P_0^2},$ где k — коэффициент запаса, принимается приближенно $k \approx 2,5$; f — коэффициент сцепления между рабочими поверхностями цанги и заготовки
Сила сжатия лепестков цанги до соприкосновения их с заготовкой	$W_1 = \frac{3El\gamma n}{l^3},$ где E — модуль упругости материала цанги, МПа; I — момент инерции сечения лепестка цанги в месте заделки, мм; γ — стрела прогиба лепестка цанги, мм; l — вылет лепестка цанги от места заделки до середины конуса, мм; n — количество лепестков цанги.

Продолжение табл. 130

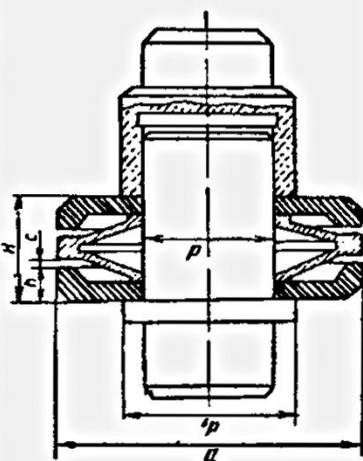
Параметры	Расчетная формула					
	Для расчетов принимается: $E = 2 \times 10^5 \dots 2,2 \times 10^5$ МПа для остальных цанг; $y = s$, где s — зазор между цангой и заготовкой. $I = \frac{D^3 h}{8} \left(\alpha_1 + \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - \frac{2 \sin^2 \alpha_1}{\alpha_1} \right),$ где D — наружный диаметр лепестка, мм; h — толщина лепестка цанги, мм; $2\alpha_1$ — угол сегмента лепестка цанги, рад. Приближенно можно принять: при $n = 3$ $W_1 = 6 \times 10^3 shD^3/l^3$; при $n = 4$ $W_1 = 2 \times 10^3 shD^3/l^3$					
Минимальные зазоры между заготовкой и цангой, мм	Состояние поверхности заготовки, контактирующей с цангой	Зазор s , мм				
		диаметр d , мм				
		5...75	15...30	30...55	50...90	св. 90
	Холоднотянутый прут	0,1... 0,15	0,15... 0,2	0,2...0,3	0,25... 0,35	0,35... 0,5
	После предварительной обработки	0,02... 0,04	0,04... 0,06	0,06... 0,08	0,08... 0,12	0,12... 0,18
Коэффициент сцепления между рабочими поверхностями цанги и заготовки	Состояние поверхности заготовки	Тип насечки на губках цанг	Значение коэффициента f при действии			
			крутящего момента		осевой силы	
		Незакаленная	Гладкие	0,15...0,3	0,35...0,4	
		Закаленная		0,07...0,2	0,15...0,3	
		Незакаленная	С кольцевыми канавками	0,2...0,35	0,5...0,65	
		Закаленная		0,15...0,25	0,35...0,44	

Параметры	Расчетная формула						
Сила привода цанги для обеспечения требуемой силы зажима заготовки	При установке заготовки без осевого упора $Q = (W + W_1) \operatorname{tg} (\alpha + \varphi_1)$.						
	При установке заготовки с осевым упором $Q = (W + W_1) [\operatorname{tg} (\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]$, где α — половина угла конуса цанги; φ_1 — угол трения в месте контакта конуса цанги и корпуса; φ_2 — угол трения в месте контакта цанги и заготовки в осевом направлении						
Передаточное отношение цангового механизма	$i = Q / (W + W_1)$						
	Схема установки заготовки	Половина угла конуса цанги α , град					
		2	5	10	15	25	30
	Без осевого упора	7,23	5,23	3,53	2,63	1,67	1,16
	С осевым упором	4,20	3,44	2,61	2,08	1,49	1,03
Количество лепестков цанги	n	3		4		6	
	d , мм	< 30		30...80		св. 80	
Материал цанг и термообработка	Марка стали	Термообработка	Твердость HRC ,				
			рабочей части		упругой части		
	65Г, 60С2А, 50ХФА	Закалка в масле, отпуск	58...62		42...48		
	У7А, У8А, У9А	Закалка в воде, отпуск	60...62		35...40		
	9ХС	Закалка в масле, отпуск	57...60		47...50		

Продолжение табл. 130

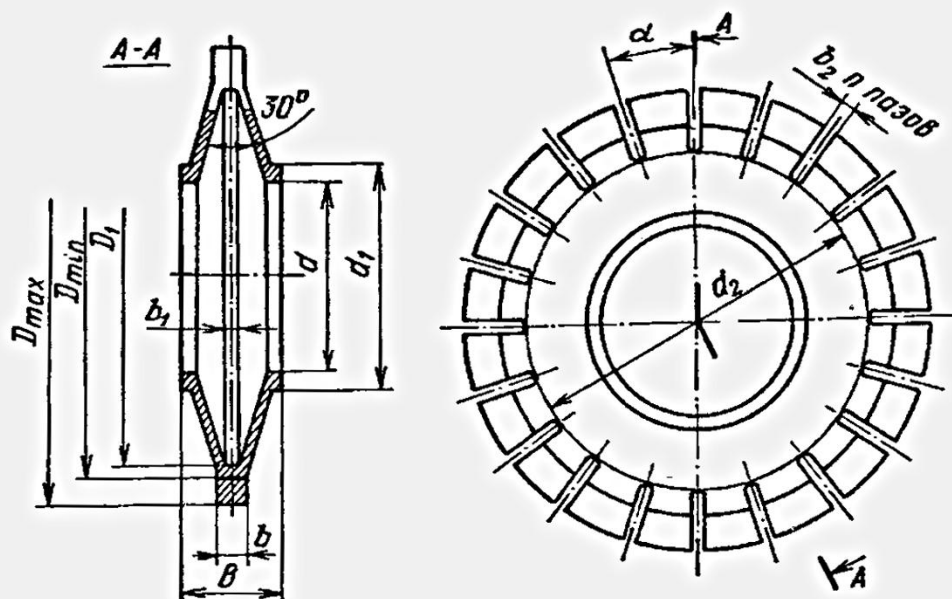
Параметры	Расчетная формула			
	12ХН3А, 15ХА, 18ХГТ	Закалка в масле, от- пуск	58...62	40...45
Диаметр ра- бочего отвер- стия цанги	$d_o = d_3 - (h_k + \Delta_k) - Td - \delta_n,$ где d_3 — номинальный диаметр заготовки; h_k — кон- тактное сближение в сопряжении острых кромок губки цанги с заготовкой; Δ_k — контактное сближение лепестка цанги с корпусом; Td — допуск диаметра заготовки; δ_n — допустимый износ губок цанги (0,05...0,4 мм). Упрощенная формула для заготовки диаметром до 50 мм: $d_o = 0,997d_3 - Td - \delta_n$			
Угол конуса	Для внутреннего зажима $\alpha = 5...15^\circ$; для наружного зажима $\alpha = 15^\circ$			
Длина конус- ной части	$a = (0,55...1)d$			
Длина рабо- чей части губ- ки	$b = (1,5...2)d$			
Длина ле- пестка	$l_n = (1,5...2)b$			
Длина пере- ходной части	l_n			

131. Основные технические характеристики оправок с упругими шайбами



Диаметр посадочного отверстия детали D , мм	Геометрические параметры, мм					Наибольший диаметральный зазор между шайбой и деталью, мм	Наибольшая величина деформации шайбы до зажима, мм	Усилия сжатия шайбы Q для обеспечения зажима детали, кН	Крутящий момент, перезадающий оправку, М, Н·м
	d	d_1	H	h	c				
25...32	12	16	10	3,25	0,6	0,18	0,392	2,5...6	3,5...10
32...40	16	20	12	4,25		0,22	0,490	3,2...6	5,7...12,7
40...50	20	25	16	5,80		0,22	0,475	4...7	9,0...18,7
50...63	23	32	20	7,20	0,8	0,26	0,544	4...8	11...26,6
63...80	32	40	25	9,10		0,26	0,530	5...10	17,5...41,5
80...100	40	50	32	12,00	1,0	0,305	0,636	8...16	35,6...84
100...125	50	60	40	14,90		0,305	0,613	10...20	55,5...13,3
125...160	63	80	50	18,80	1,2	0,350	0,699	12,5...20	86,5...16,7
160...200	80	100	60	22,60	1,6	0,350	0,666	12,5...20	112...222

132. Основные размеры упругих шайб



Диаметр посадочного отверстия, D , мм	D_1 , мм	d , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	B , мм	b , мм	b_1 , мм	b_2 , мм	α , град	Число пазов n
25...32	23,4	12	15	22	6	2,5	1	1	30	12
32...40	30,4	16	20	28	8	2,5	1,2	1	30	12
40...50	38,4	20	25	36	10	3	1,6	1	22°30'	16
50...63	48,4	25	30	45	12	4	2	1	22°30'	16
63...80	61	32	38	56	16	5	2,5	2	18	20
80...100	77,6	40	46	70	20	6	3	2	18	20
100...125	96,8	50	58	90	25	8	4	2	15	24
125...160	121	63	68	110	32	10	5	2	15	24
160...200	155	80	90	140	40	12	6	2	12	30

Примечания: 1. Материал — сталь 65Г.

2. Твердость HRC, 48...52.

3. Допуск радиального биения поверхности диаметра D относительно оси поверхности диаметра d по 5-й степени точности.

4. Допуск D по $f7$, d — по $H7$, B — по $H11$.

5. Допускаемое отклонение угла $\alpha \pm 2'$.

Параметры	Расчетная формула					
Освое сжимающее усилие гофрированной втулки для установки заготовки	$P_3 = \Delta D / x (H),$ где x — коэффициент по табл. 134 (мм), ΔD (мкм)					
Наибольшие напряжения в материале гофрированной втулки при воздействии усилия P_3	$\sigma_{max} = P_3 \psi \leq [\sigma_{max}],$ где ψ — коэффициент по табл. 134					
Допускаемые напряжения материала гофрированной втулки	Марка стали	65Г 55ГС	50ХФА 50ХГФА	55С2 60С2	60С2ХН	60С2ХФА 65С2ВА
	$[\sigma_{max}],$ МПа	600	750	900	1300	1500
Число гофрированных втулок	$n = 1$ при $2L > l_3,$ $n = 2$ при $2L \leq l_3,$ где L — длина гофрированной втулки по табл. 134					
Крутящий момент, гарантированно передаваемый оправкой	$M_{кр\text{ гар}} = 1,5\pi d^3 P_3 n \cdot 10^{-4} \text{ (Н} \cdot \text{мм)}$					
Условие передачи заданного крутящего момента	$M_{кр\text{ гар}} \geq k M_{кр},$ где k — коэффициент запаса, принимается приближенно $k \geq 2,5$					
Конструктивные параметры	Размеры гофрированной втулки $D_2, h, d_1, d_2, L, l, l_1, l_2, l_3$ — по табл. 134					

Параметры	Расчетная формула					
Осевое сжимающее усилие гофрированной втулки для установки заготовки	$P_3 = \Delta D / x (H),$ где x — коэффициент по табл. 134 (мм), ΔD (мкм)					
Наибольшие напряжения в материале гофрированной втулки при воздействии усилия P_3	$\sigma_{max} = P_3 \psi \leq [\sigma_{max}],$ где ψ — коэффициент по табл. 134					
Допускаемые напряжения материала гофрированной втулки	Марка стали	65Г 55ГС	50ХФА 50ХГФА	55С2 60С2	60С2ХН	60С2ХФА 65С2ВА
	$[\sigma_{max}],$ МПа	600	750	900	1300	1500
Число гофрированных втулок	$n = 1$ при $2L > l_3,$ $n = 2$ при $2L \leq l_3,$ где L — длина гофрированной втулки по табл. 134					
Крутящий момент, гарантированно передаваемый оправкой	$M_{кр\text{ гар}} = 1,5\pi d^3 P_3 n \cdot 10^{-4} \text{ (Н} \cdot \text{мм)}$					
Условие передачи заданного крутящего момента	$M_{кр\text{ гар}} \geq k M_{кр},$ где k — коэффициент запаса, принимается приближенно $k \geq 2,5$					
Конструктивные параметры	Размеры гофрированной втулки $D_2, h, d_1, d_2, L, l_1, l_2, l_3$ — по табл. 134					

Параметры	Расчетная формула			
Гарантированный зазор между валом оправки и гофрированной втулкой				
	Зазор $\delta_{\text{гар}}, \text{ мкм}$	10	20	30...50
	$d, \text{ мм}$	до 30	30...100	Св. 100
Допуски	Наружный диаметр гофрированной втулки $\approx h3$; внутренний диаметр отверстия гофрированной втулки — $H4$; наружный диаметр вала — $h4$; диаметры D_1 — $h9$, D_2 — $h6$, d_1 — $H9$; радиальное биение наружного диаметра гофрированной втулки относительно отверстия по 2-й степени точности; разностенность тонкостенных деформируемых участков гофрированной втулки по 5-й степени точности; радиальное биение наружного диаметра оправки по 1-й степени точности			
Материал и термообработка	Гофрированная втулка: стали 65Г, 55ГС, 50ХФА, 50ХГФА, 55С2, 60С2, 60С2ХА, 60С2ХФА, 65С2ВА — закалка в масле, отпуск до HRC , 44...49. Вал оправки, проставки: стали 18ХГТ, 20Х — цементация, закалка, отпуск до HRC , 57...61			

Диаметр базового отверстия заготовки d , мм		Расчетные коэффициенты		Размеры втулки, мм														r
				x	ψ	D_1	d_1	D_2	h	d_2	L	l	l_1	l_2	l_3	l	c	
Св.	До	мм/Н	1/мм ²	23,8 24,8 25,8 26,8 27,8 28,8	20 21 22 23 24 25	15,8	0,45	15	19,5	6,5	6,5	6,5	3,5	4	0,3	0,3	0,5	
24	25	0,0200	0,714	29,8	26	18,9	0,45	18	21	8	4	4	5	5	0,3	0,3	0,5	
25	26	0,0224	0,779	30,8	27	18,9		18	21	8	4							
26	27	0,0248	0,841	31,8	28	21	0,45	20	24	8	6,5	4	4	5	0,3	0,3	0,5	
27	28	0,0272	0,900	32,8	29	21		20	24	8	6,5							
28	29	0,0296	0,952	33,8	30	21	0,45	20	24	8	6,5	4	4	5	0,3	0,3	0,5	
29	30	0,0319	0,986	34,8	31													21
30	31	0,0210	0,629	35,8	32	26	0,6	25	25	9	8	0,3	0,3	5	0,3	0,3	0,5	
31	32	0,0229	0,648	36,8	33	26												25
32	33	0,0204	0,552	37,8	34	26	0,6	25	25	9	8	0,3	0,3	5	0,3	0,3	0,5	
33	34	0,0223	0,558	38,8	35													26
34	35	0,0240	0,628	39,8	36	26	0,6	25	25	9	8	0,3	0,3	5	0,3	0,3	0,5	
35	36	0,0260	0,665	39,8	36													26
36	37	0,0133	0,280	35,8	32	26	0,6	25	25	9	8	0,3	0,3	5	0,3	0,3	0,5	
37	38	0,0144	0,302	36,8	33													26
38	39	0,0155	0,321	37,8	34	26	0,6	25	25	9	8	0,3	0,3	5	0,3	0,3	0,5	
39	40	0,0167	0,343	38,8	35													26
40	41	0,0178	0,354	39,8	36	26	0,6	25	25	9	8	0,3	0,3	5	0,3	0,3	0,5	
				39,8	36													26

Продолжение табл. 134

Диаметр базового отверстия заготовки d , мм		Расчетные коэффициенты x		Размеры втулки, мм																		
				ψ		D_1	d_1	D_2	h	d_2	L	l	l_1	l_2	l_3	t	c	r				
Ср.	До	мм/Н	1/мм ²																			
41	42	0,0082	0,122	40,8	37	33,2			32	29	10	9,5	4,5	5,5	0,3	0,3	0,5					
42	43	0,0088	0,134	41,8	38																	
43	44	0,0097	0,148	42,8	39																	
44	45	0,0105	0,160	43,8	40																	
45	46	0,0059	0,081	44,8	41	35,5	0,75	34	29,5	10,5	9,5	4,5	6	0,3	0,3	0,5						
46	47	0,0067	0,090	45,8	42																	
47	48	0,0075	0,100	46,8	43																	
48	49	0,0083	0,109	47,8	44																	
49	50	0,0092	0,117	48,8	45	39,5	0,77	38		10,5	10	10,5	6	0,3	0,3	0,5						
50	51	0,0090	0,115	49,8	46																	
51	52	0,0098	0,124	50,8	47																	
52	53	0,0106	0,134	51,8	48	41,6	0,8	40	30,5	10,5	10	10,5	6	0,3	0,3	0,5						
53	55	0,0083	0,118	52,8	49																	
55	57	0,0109	0,131	54,8	51																	
57	59	0,0121	0,145	56,8	53																	
59	61	0,0080	0,091	58,5	54,7	46,6	0,9	45	31,5	10,5	10,5	10,5	6	0,3	0,3	0,5						
61	63	0,0091	0,101	60,5	56,7																	
63	65	0,0101	0,112	62,5	58,7																	

Диаметр базового отверстия заготовки d , мм		Расчетные коэффициенты α		Размеры втулки, мм													c	t	r
				ψ	D_1	d_1	D_2	h	d_2	L	l	l_1	l_2	l_3					
															мм/Н	1/мм ²			
Св.	До																		
65	67	0,0057	0,060	64,5	60,7	51,7	1,0	50	34	13	10,5	5,5	7	0,5	0,5	0,75	1,0		
67	69	0,0063	0,068	66,5	62,7														
69	71	0,0077	0,082	68,5	64,7														
71	73	0,0084	0,089	70,5	66,7														
73	75	0,0092	0,097	72,5	68,7														
75	77	0,0072	0,072	74,5	70,5	54,7	1,1	53	37	14	11,5	6,5	7	0,5	0,5	0,75	1,0		
77	79	0,0080	0,080	76,5	72,5														
79	80	0,0088	0,090	78,5	74,5														
80	82	0,0088	0,060	79,5	75,5	57,7	1,2	56	42	15	13,5	7,5	10	0,5	0,5	0,75	1,0		
82	84	0,0095	0,065	81,5	77,5														
84	86	0,0098	0,071	83,5	79,5														
86	88	0,0104	0,076	85,5	81,5														
88	90	0,0109	0,082	87,5	83,5														
90	92	0,0087	0,072	89,5	84,5	61,8	1,3	60	51	18	13,5	1,5	10	0,5	0,5	0,75	1,0		
92	94	0,0092	0,076	91,5	86,5														
94	96	0,0097	0,081	93,5	88,5														
96	98	0,0101	0,086	95,5	90,5														
98	100	0,0106	0,090	97,5	92,5														

гидропластмассовые оправки при обработке заготовок с диаметром базового отверстия 40 мм и более.

При создании в полости с гидропластмассой гидростатического давления P_r тонкостенная гильза оправки плотно прилегает к заготовке, центрируя и закрепляя ее. При снятии давления тонкостенная гильза возвращается в исходное положение и освобождает заготовку. Гидропластмассовые приспособления отличаются постоянным усилием закрепления, что позволяет получить минимальное отклонение формы обработанных деталей. Оправки имеют простую конструкцию и сравнительно небольшие диаметральные размеры.

Оправки с разрезным коническим кольцом применяют для закрепления толстостенных деталей при обработке на токарных станках с большими усилиями резания. При перемещении тяги разрезное коническое кольцо натягивается на конический палец, расширяется и надежно закрепляет заготовку. При обратном перемещении тяги кольцо возвращается в исходное положение и освобождает деталь.

Глава XII

ПРИВОДЫ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Пневматический привод

Данные приводы состоят из пневмодвигателя, пневматической аппаратуры и воздухопроводов.

Пневматические приводы подразделяются по виду пневмодвигателя на поршневые и диафрагменные, по схеме действия — на одно- и двусторонние, по методу компоновки с приспособлением — на встроенные и агрегатированные, по виду установки — на стационарные и вращающиеся, по количеству приводов — на одинарные и сдвоенные.

К преимуществам приводов следует отнести быстроту действия (0,5...1,2 с), постоянство усилия зажима и возможность его регулировки, простоту конструкции и эксплуатации, независимость работоспособности от колебаний температуры окружающей среды.

Оптимальная рабочая скорость исполнительного механизма при применении пневмопривода составляет 0,1...2 м/с. При меньших скоростях возникают вибрации и неравномерность хода. Экономически целесообразно применение пневмопривода в механизмах с усилием до 30 кН и пневмоцилиндров с максимальным диаметром 250 мм.

Недостатками пневмопривода являются довольно низкий коэффициент полезного действия, большие габариты по сравнению с гидроприводом (из-за применения низкого давления воздуха), неравномерность перемещения рабочих органов,

особенно при переменных усилиях, невозможность остановки в середине хода.

Пневматические поршневые приводы

При расчете пневматических поршневых цилиндров на прочность определяются толщина стенок цилиндра, количество и диаметр шпилек (болтов) для крепления его крышек и диаметр резьбы на штоке.

Обычно при расчете на прочность толщины стенок цилиндра получаются слишком незначительные величины. Цилиндры со стенками таких размеров не обладают жесткостью, необходимой для эксплуатации. Рекомендуемые значения толщины стенок цилиндров приведены в табл. 135.

Внутренний диаметр шпилек (болтов) для крепления крышек рассчитывается по формуле

$$d_1 = \sqrt{\frac{4\alpha Q}{z\pi[\sigma_p]}},$$

где d_1 — внутренний диаметр резьбы; α — коэффициент затяжки ($\alpha \approx 2,25$); Q — осевое усилие, действующее на шпильки (болты); z — число шпилек (болтов); $[\sigma_p]$ — допускаемые напряжения материала болта на растяжение (см. табл. 106).

Внутренний диаметр резьбы на штоке рассчитывается по формуле

$$d_2 = \sqrt{\frac{4\alpha Q}{\pi[\sigma_p]}},$$

где d_2 — внутренний диаметр резьбы на штоке; α — коэффициент затяжки ($\alpha \approx 2,25$).

Рекомендуемые значения диаметра резьбы шпилек и на штоке приведены в табл. 136.

При расчете пневмоцилиндра должны быть заданы значения требуемого усилия Q или диаметра цилиндра D и длина хода поршня L , которые определяют основные конструктивные параметры пневмопривода. Для обеспечения безударной и плавной работы пневмоцилиндра следует назначить рабочую скорость перемещения поршня v в пределах 0,2...1 м/с. В необходимых случаях устанавливается время рабочего или холостого хода поршня. В конце хода поршня желательно предусматривать торможение для снижения скорости до 0,05...0,1 м/с, что обеспечивает безударную работу пневмопривода.

Основные расчетные параметры пневмоцилиндров могут быть определены по приближенным расчетным формулам (табл. 136), в которых не учитываются потери давления и объемов в трубопроводах. В табл. 137 приведены значения усилий на штоке одинарных пневмоцилиндров при различных давлениях сжатого воздуха. Рекомендуется при расчетах

135. Параметры пневматических цилиндров

Параметры	Диаметр цилиндра D , мм								
	50	60	75	100	125	150	200	250	300
Толщина стенки цилиндра, мм:									
для чугуна	6	8	8	10	12	12	14	16	16
для стали	4	4	5	6	6,5	7	7,5	9	10
Диаметр шпильки d_1 , мм	M8	M8	M10	M10	M12	M16	M20	M20	M24
Количество шпилек	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Диаметр штока, мм	16	16	20	25	30	30	40	50	55
Диаметр резьбы на штоке, мм	M10	M10	M12	M16	M20	M20	M24	M30	M36

136. Пневмоцилиндры

Исходные данные: Q или D , t или v , L , p .

Параметры	Единица измерения	Расчетная формула
Площадь: поршня штоковой полости	см ²	$F_1 = 0,01 \times 0,785 D^2$ $F_2 = 0,01 \times 0,785 (D^2 - d^2)$
Усилие: толкающее тянущее	Н	$Q_1 = 100 F_1 p \eta$ $Q_2 = 100 F_2 p \eta$
Диаметр цилиндра	мм	$D = 1,13 \sqrt{Q_1 / p \eta} =$ $= 1,27 \sqrt{Q_2 / p \eta + d^2}$
Скорость движения поршня (рабочий или холостой ход)	м/с	$v = L / 1000 t$
Время движения поршня (рабочий или холостой ход)	с	$t = L / 1000 v$
Расход воздуха за ход (рабочий или холостой)	л/мин	$V = 6 F v$
Внутренний диаметр трубопровода	мм	$d_T = 4,6 \sqrt{V / \omega}$

Примечание. Буквы в формулах обозначают: D — диаметр цилиндра, мм; d — диаметр штока, мм; L — ход поршня, мм; p — давление воздуха, МПа (расчетное $p = 0,5$ МПа); механический КПД пневмоцилиндра $\eta = 0,85 \dots 0,95$; ω — скорость движения воздуха в трубопроводе, м/с ($\omega \approx 17$ м/с).

137. Основные параметры пневмоцилиндров

Диаметр, мм		Стационарные цилиндры		Встроенные цилиндры		Расчетное усилие на штоке, кН					
						толкающее			тянущее		
						при давлении воздуха p, МПа					
Цилиндра	штока	резьба штока наружная внутренняя	Резьба в от- верстии для подвода воздуха	резьба штока внут- ренняя	резьба в от- верстии для подвода воздуха	0,4	0,63	1	0,4	0,63	1
25	12	$\frac{M10 \times 1,25}{-}$	$\frac{M10 \times 1}{K1/8''}$	—	—	0,16	0,24	0,38	0,13	0,20	0,30
32	12	$\frac{M10 \times 1,25}{-}$	$\frac{M10 \times 1}{K1/8''}$	—	—	0,25	0,39	0,62	0,22	0,33	0,53
40	14	$\frac{M12 \times 1,25}{-}$	$\frac{M12 \times 1,5}{K1/4''}$	—	—	0,4	0,62	1,02	0,35	0,56	0,90
50	18	$\frac{M16 \times 1,5}{M12 \times 1,25}$	$\frac{M12 \times 1,5}{K1/4''}$	—	—	0,64	1,00	1,59	0,55	0,87	1,39
63	16	—	—	M10	$\frac{M12 \times 1,5}{K1/4''}$	1,05	1,65	2,60	0,98	1,54	2,45
63	18	$\frac{M16 \times 1,5}{M12 \times 1,25}$	$\frac{M12 \times 1,5}{K1/4''}$	—	—	1,05	1,65	2,60	0,90	1,45	2,35
80	25	$\frac{M20 \times 1,5}{M16 \times 1,5}$	$\frac{M16 \times 1,5}{K3/8''}$	M16	$\frac{M12 \times 1,5}{K1/4''}$	1,73	2,73	4,34	1,56	2,46	3,92

Продолжение табл. 137

Цилиндры	штока	резьба штока наружная внутренняя	Резьба в от- верстии для подвода воздуха	резьба штока внут- ренняя	резьба в от- верстии для подвода воздуха	при давлении воздуха p, МПа					
						0,4	0,63	1	0,4	0,63	1
100	25	$\frac{M20 \times 1,5}{M16 \times 1,5}$	$\frac{M16 \times 1,5}{K3/8''}$	M16	$\frac{M12 \times 1,5}{K1/4''}$	2,71	4,27	6,75	2,54	3,97	6,35
125	32	$\frac{M27 \times 2}{M24 \times 2}$	$\frac{M18 \times 1,5}{K1/2''}$	M20	$\frac{M16 \times 1,5}{K3/8''}$	4,32	6,70	10,60	3,96	6,20	9,80
160	32	—	—	M20	$\frac{M16 \times 1,5}{K3/8''}$	7,25	11,42	18,10	6,95	10,95	17,40
160	40	$\frac{M36 \times 2}{M30 \times 2}$	$\frac{M18 \times 1,5}{K1/2''}$	—	—	7,25	11,42	18,10	6,80	10,70	17,00
200	40	$\frac{M36 \times 2}{M30 \times 2}$	$\frac{M24 \times 1,5}{K3/4''}$	M24	$\frac{M18 \times 1,5}{K1/2''}$	11,3	17,8	28,3	10,8	17,1	27,2
250	50			M30	$\frac{M18 \times 1,5}{K1/2''}$	17,7	27,85	44,25	16,95	26,75	42,45
250	63	$\frac{M42 \times 2}{M42 \times 2}$	$\frac{M24 \times 1,5}{K3/4''}$	—	—	17,7	27,85	44,25	16,5	26,1	41,4
320	80	$\frac{M48 \times 2}{M48 \times 2}$	$\frac{M30 \times 2}{K1''}$	—	—	30,0	47,0	74,8	28,0	44,1	70,1
360	80	—	—	—	—	37,6	59,7	94,5	36,0	56,7	90,1
400	90	—	—	—	—	46,8	73,7	117,0	44,5	70,0	111,0

пневмопривода принимать расчетные давления сжатого воздуха $p = 0,5$ МПа.

К пневматическим цилиндрам предъявляется ряд технических требований, которые должны обеспечивать:

- герметичность при давлении сжатого воздуха 0,6 МПа; утечки его через тела крышек, по резьбам и стыкам, а также через уплотнения поршня и штока не допускаются;

- проверку на прочность при давлении 0,9 МПа, при этом наружные утечки не допускаются;

- испытание на работоспособность путем перемещения штока из одного крайнего положения в другое в диапазоне рабочих давлений 0,2...0,6 МПа, причем перемещения должны быть плавными, без рывков и заеданий;

- давление трогания с места без нагрузки не выше 0,03 МПа при диаметре цилиндра $D = 25...63$ мм; 0,025 МПа при $D = 80...125$ мм и 0,02 МПа при $D = 160...320$ мм;

- очистку всех воздушных каналов перед сборкой и проверку на проходимость;

- усилие, развиваемое поршнем цилиндра во время его перемещения при давлении 0,6 МПа, не менее 85 % от максимального расчетного;

- смазку трущихся поверхностей;

- работу пневмопривода без потери герметичности;

- долговечность для цилиндров с уплотнением поршня манжетами не менее 400 000 двойных ходов при длине хода, равной двум диаметрам цилиндра, а для цилиндров с уплотнением поршня кольцами круглого сечения — не менее 150 000 двойных ходов.

При монтаже и эксплуатации пневматических цилиндров необходимо соблюдать следующие условия:

- цилиндры должны быть надежно закреплены на месте их установки;

- все виды крепления цилиндров, кроме шарнирного, следует осуществлять при помощи болтов или шпилек с равномерной их затяжкой;

- при монтаже нужно строго соблюдать параллельность оси цилиндра к направляющим движения рабочего органа;

- цилиндр требуется присоединять к пневматической системе трубопроводами, диаметр которых соответствует диаметру рабочих отверстий в крышках цилиндра для подвода сжатого воздуха;

- трубопровод перед монтажом необходимо тщательно очистить и продуть сжатым воздухом;

- при монтаже трубопровода нужно предусматривать уклон для стока конденсата, причем избегать воздушных мешков, где он может скапливаться. Присоединять трубы к цилиндру надо по возможности снизу;

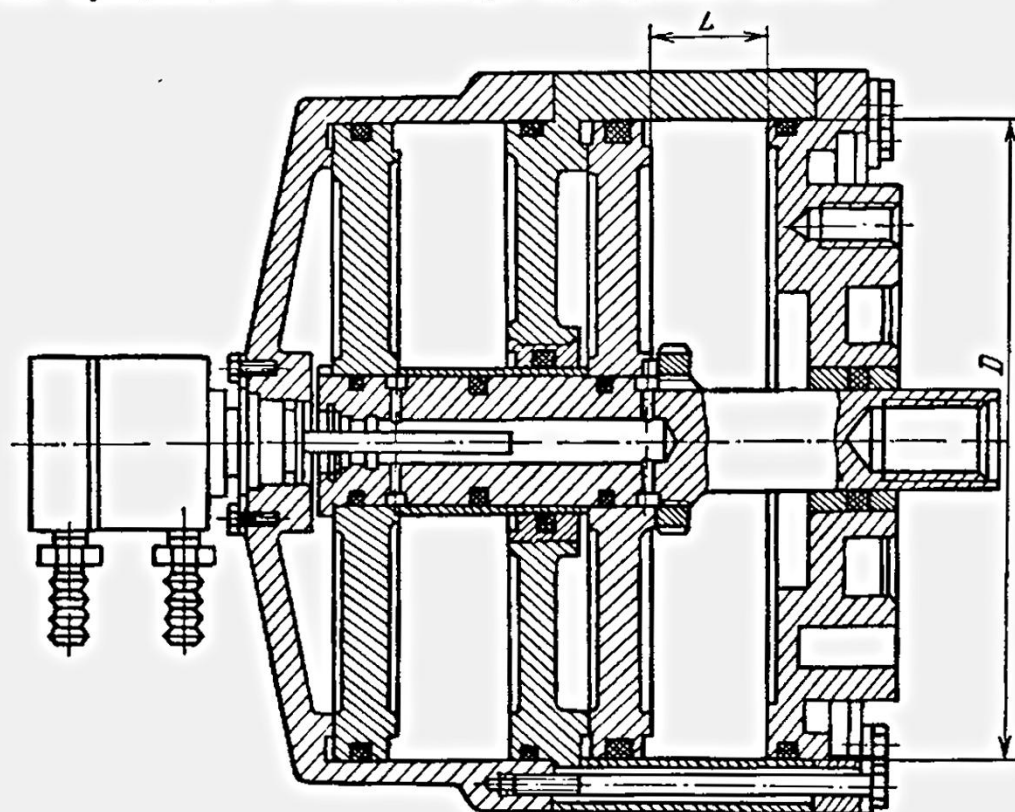
- для надежной работы цилиндра сжатый воздух требуется очистить от влаги, загрязнений и насыщать распыленным маслом;

шток цилиндра должен быть защищен от ударов. В процессе эксплуатации на него не должна действовать поперечная нагрузка, а также попадать абразивная пыль, грязь, стружка; перед длительной остановкой цилиндр следует обильно смазывать.

Вращающиеся пневмоцилиндры (табл. 138) применяются преимущественно для привода токарных приспособлений. Пневмоцилиндр включает воздухопроводящую муфту, обеспечивающую подачу сжатого воздуха из пневмосети в цилиндр.

Вращающиеся пневмоцилиндры бывают одно- и двустороннего действия со сплошным или полым штоком, цилиндры двустороннего действия — одинарными или сдвоенными. Они обеспечивают повышенную тяговую силу на штоке.

138. Вращающиеся пневмоцилиндры двустороннего действия



Параметры	Пневмоцилиндр			
	одинарный	сдвоенный	одинарный	сдвоенный
Диаметр цилиндра, мм	200		250	
Ход поршня, мм	32		45	
Давление сжатого воздуха, МПа	0,63			

Параметры	Пневмоцилиндр			
	одинарный	двойной	одинарный	двойной
Максимальная частота вращения, рад/с	300			
Расчетное усилие на штоке, кН: тянущее толкающее	18,5 19,3	37 19,3	29 30	58 30

Пневматические диафрагменные приводы

Параметры диафрагменных пневмокамер приведены в табл. 139.

Величина усилия на штоке диафрагменных пневмокамер изменяется по мере движения штока и зависит от расчетного диаметра D , толщины диафрагмы t , ее материала и конструкции, а также диаметра опорной шайбы. Обычно выбирается такая длина хода штока (рис. 21), при которой на нем не происходит резкого изменения усилия.

Приближенный расчет усилия Q на штоке пневмокамер двустороннего действия и значения усилий при $P = 0,4$ МПа приведены в табл. 140. Для определения усилия на штоке диафрагменных пневмокамер одностороннего действия следует вычесть значения усилия возвратной пружины T . Для пневмокамер двустороннего действия $T = 0$.

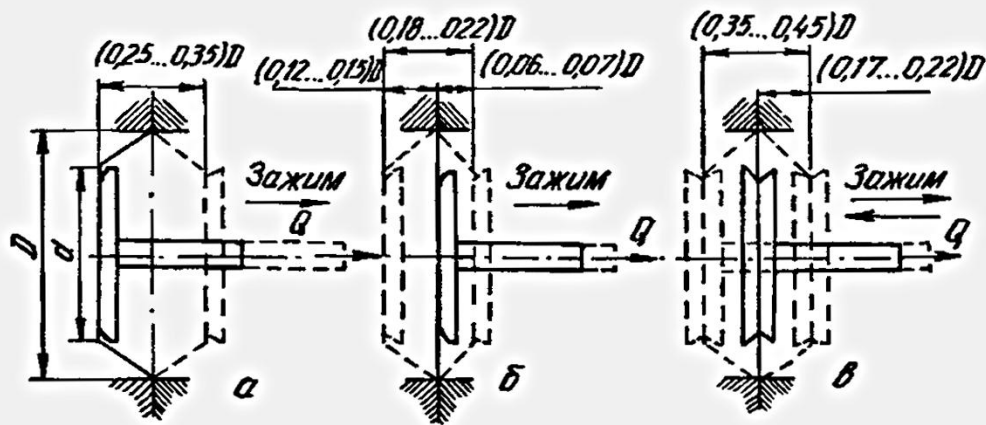
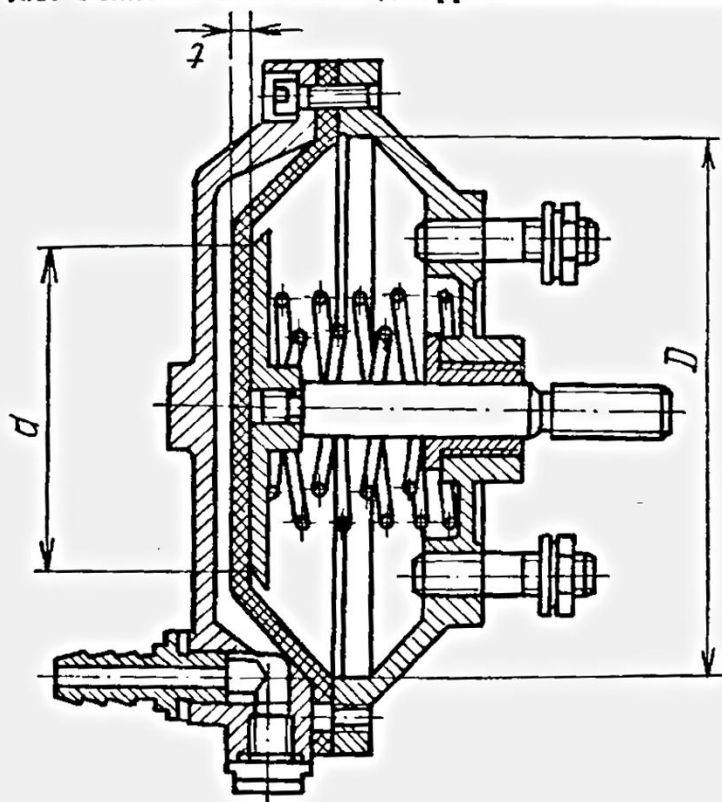


Рис. 21. Рациональные длины ходов штока пневматического диафрагменного привода при:

а — тарельчатой резинотканевой диафрагме; б — плоской резинотканевой диафрагме;
в — плоской резиновой диафрагме

139. Усиление H на штоке диафрагменных пневмокамер при $p = 0,4$ МПа



Диаметр D , мм	Диафрагма			
	резинотканевые		резиновые	
	в положении, близком к исходному	при ходе $0,3 D$ для тарельчатых и $0,07 D$ для плоских	в положении, близком к исходному	при ходе $0,22 D$
125	3500	2700	4750	3750
160	5700	4350	7200	6150
200	9000	6800	11 000	8750
250	14 000	11 000	17 300	15 500
320	23 000	17 500	29 000	25 000
400	36 000	27 000	46 500	42 000

Примечание. Значения усилий на штоке даны без учета усилия возвратной пружины.

140. Усилия на штоке диафрагменных пневмокамер, H

Тип диафрагмы	Положение диафрагмы	Расчетная формула
Резинотканевая	Близкое к исходному	$Q = 0,196 (D + d)^2 p - T$

Тип диафрагмы	Положение диафрагмы	Расчетная формула
	При ходе: $0,3 D$ для тарельчатой; $0,07 D$ — для плоской	$Q = 0,147 (D + d)^2 p - T$
Резиновая	Близкое к исходному	$Q = 0,785 d^2 p - T$
	При ходе $0,22 D$	$Q = 0,706 d^2 p - T$

Примечание. Буквы в таблице обозначают: D — рабочий диаметр диафрагмы, мм; d — наружный диаметр опорной шайбы, мм; p — давление сжатого воздуха, МПа; T — усилие от возвратной пружины, Н.

Пневмоаппаратура

Для надежной работы пневмопривода необходимо обеспечить отделение влаги, возможность внесения смазочного материала, защиту от превышения или падения давления сжатого воздуха.

Пневмоцилиндр (рис. 22) работает следующим образом. Сжатый воздух из сети через вентиль 1 поступает в фильтр-влагоотделитель 2. Редукционный клапан 3 предназначен для понижения давления сжатого воздуха, поступающего из пневмосети, до заданного. С помощью манометра 4 осуществляется контроль давления сжатого воздуха, подаваемого в пневмоцилиндр. Маслораспылитель 5 обеспечивает подачу смазочной жидкости в поток сжатого воздуха. Реле 6 предназначено для контроля давления (0,1...0,63 МПа) сжатого воздуха и подачи сигнала при достижении заданного давления, а также для отключения электродвигателей станка при аварийном падении давления.

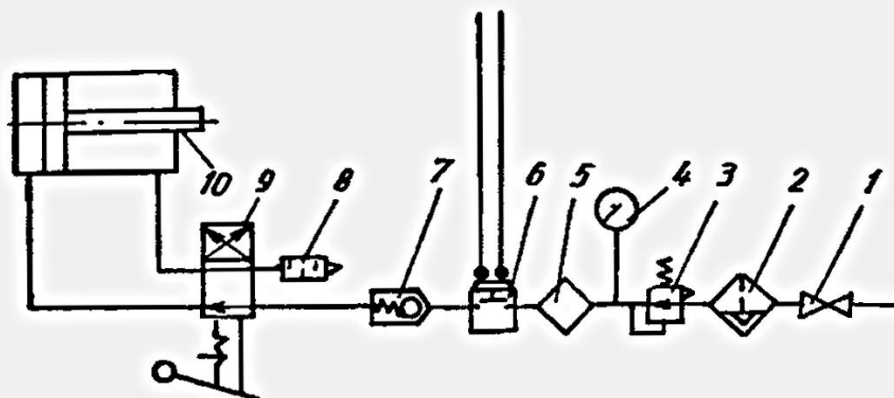


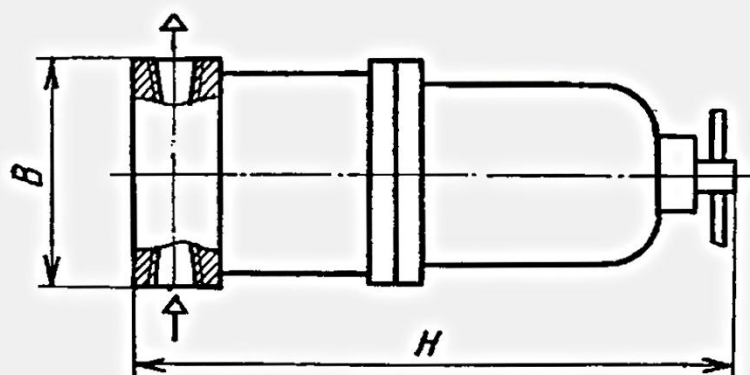
Рис. 22. Типовая схема включения пневмоцилиндра

Для защиты от аварийного падения давления в пневмосети предусмотрен обратный клапан 7.

Для управления подачей сжатого воздуха в пневмоцилиндр 10 применяется пневмораспределитель 9. Отработавший сжатый воздух должен выбрасываться в атмосферу через глушитель 8.

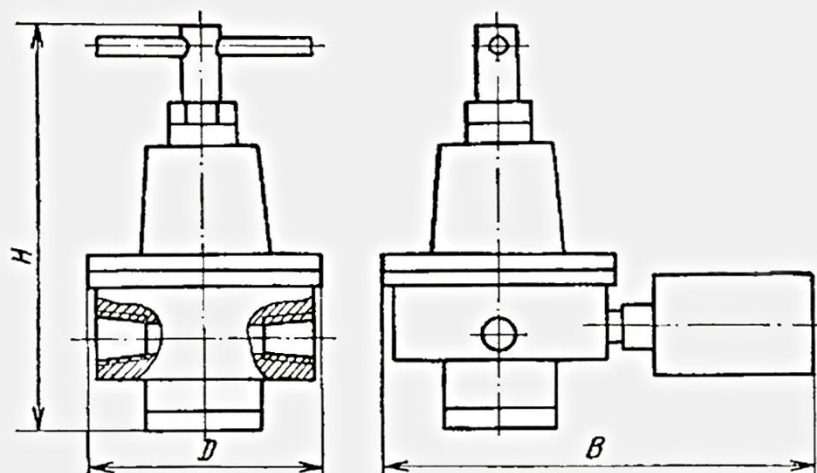
В табл. 141...143 приведены характеристики влагоотделителей, маслораспылителей и редукционных пневмоклапанов.

141. Влагоотделители с металлокерамическим фильтром



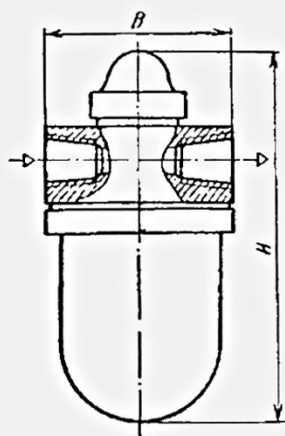
Обозначение	Наибольший расход воздуха, м ³ /мин, при давлении 0,4 МПа	Условный проход, мм	Резьба	H	B
				мм	
B41-13	0,04	12	K3/8"	175	86
B41-14	0,09	16	K1/2"		
БВ41-13	0,04	12	K3/5"	235	
БВ41-14	0,09	16	K1/2"		
B41-16	0,25	25	K1"	290	120

142. Редукционные пневмоклапаны



Обозначение	Наибольший расход воздуха, м ³ /мин, при давлении 0,4 МПа	Условный проход, мм	Резьба	D	H	B
				мм		
БВ57-13	0,04	12	K3/8"	86	150	160
БВ57-14	0,08	16	K1/2"			
В57-16	0,25	26	K1"	115	200	190

143. Маслораспылители



Обозначение	Наибольший расход воздуха, м ³ /мин, при давлении 0,4 МПа	Условный проход, мм	Резьба	H	B
				мм	
В44-23	0,44	12	K3/8"	170	86

Обозначение	Наибольший расход воздуха, м ³ /мин, при давлении 0,4 МПа	Условный проход, мм	Резьба	Н	В
				мм	
В44-24	0,09	16	K1/2"		
В44-26	0,250	25	K1"	270	120

Примечание. Маслораспылитель работает при давлении воздуха 0,2...0,63 МПа.

Регулирование скорости движения пневмопривода

Пневматический привод обеспечивает большую скорость перемещения рабочего элемента, однако обладает неравномерностью движения при изменении нагрузки, что не позволяет использовать его непосредственно в механизмах подачи, которые должны равномерно перемещать рабочий элемент.

С помощью пневмогидравлического привода подачи (рис. 23)

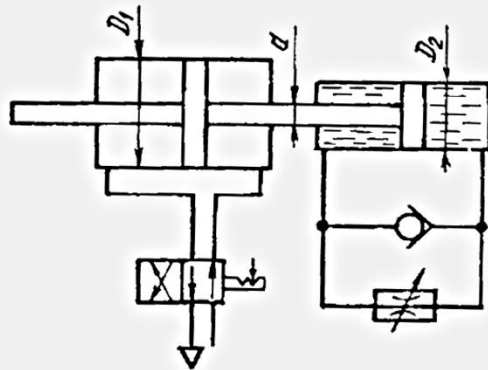


Рис. 23. Схема пневмогидравлического регулирования подачи

получают равномерное и плавное движение рабочего элемента при жестких характеристиках работы и одновременно большие скорости холостых и вспомогательных движений.

В этом случае пневматический цилиндр играет роль силового привода, а гидроцилиндр является демпфером, обеспечивающим плавность хода и возможность регулирования скорости перемещения.

При постоянном внешнем сопротивлении скорость регулируется дросселем, при переменном — редукционным клапаном и дросселем.

Порядок расчета пневмогидравлического привода подачи следующий:

1. Задаются исходные данные: давление перед редукционным клапаном при максимальном усилии подачи не менее 0,5...

0,6 МПа, давление перед дросселем (после перепада давления) в пределах 0,1...0,2 МПа и минимальный расход масла через щелевой дроссель порядка 100 см³/мин.

2. Выбираются параметры щелевого дросселя: по исходному давлению и минимальной пропускной способности ширина щели (0,2...0,8 мм) и диаметр (обычно более 10 мм).

3. Определяется требуемое усилие Q на поршне пневмоцилиндра по формуле

$$Q = P + p_2 F_2 + \sum T_{\text{ст}} + \sum T_{\text{цил}},$$

где p_2 — давление жидкости, МПа; F_2 — полезная площадь поршня гидроцилиндров, см²; P — максимальное усилие подачи, Н; $\sum T_{\text{ст}}$ — силы трения в механизме подачи станка или приспособления, Н; $\sum T_{\text{цил}}$ — силы трения поршней и штоков в пневматическом и гидравлическом цилиндрах, обычно

$$\sum T_{\text{цил}} = 0,1(p_2 F_2 + P + \sum T_{\text{ст}}).$$

4. Рассчитывается диаметр пневмоцилиндра:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4(p_2 F_2 + P + \sum T_{\text{ст}} + \sum T_{\text{цил}})}{\pi p_1} + d^2},$$

где p_1 — давление сжатого воздуха, МПа; d — диаметр штока пневмоцилиндра в рабочей полости, см.

5. Определяется диаметр гидроцилиндра исходя из условия минимального расхода масла через щелевой дроссель:

$$F_2 = \frac{100 \text{ см}^3/\text{мин}}{S_{\text{м}}} = \frac{\pi D_2^2}{4};$$

$$D_2 = \frac{20}{\sqrt{\pi S_{\text{м}}}}$$

где $S_{\text{м}}$ — минимальная подача, см/мин.

Пневмогидравлический привод

Привод обладает преимуществами пневматического и гидравлического: возможностью создания высоких рабочих усилий, быстротой действия, относительно низкой стоимостью и небольшими габаритами.

Пневмогидравлические приводы в станочных приспособлениях применяются для получения высоких рабочих усилий зажима и равномерной подачи рабочего элемента приспособления.

По принципу работы они делятся на приводы с преобразователем давления прямого действия и с преобразователями давления последовательного действия.

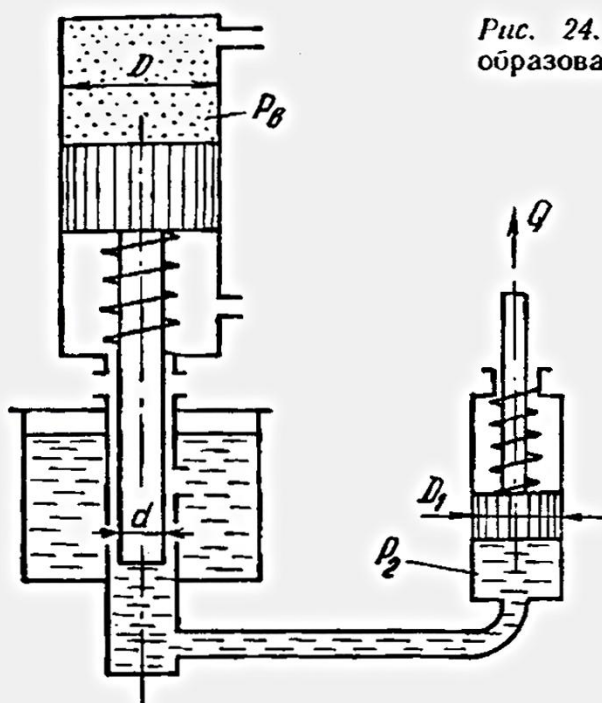


Рис. 24. Пневмогидравлический преобразователь прямого действия

Первый из видов пневмогидравлического привода (рис. 24) основан на непосредственном преобразовании низкого давления сжатого воздуха в высокое давление жидкости.

Усилие на штоке рабочего гидроцилиндра может быть определено по формуле (без учета усилия пружин)

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \frac{D_1^2}{d^2} p_0 \eta_0 \eta,$$

где p_0 — давление воздуха в МПа; D — диаметр пневмоцилиндра, мм; D_1 — диаметр гидроцилиндра, мм; d — диаметр штока пневмоцилиндра, мм; η_0 — объемный КПД привода (обычно $\eta_0 = 0,9 \dots 0,95$); η — КПД преобразователя (обычно $\eta = 0,8 \dots 0,9$).

Отношение $(D/d)^2$ называется коэффициентом усиления и при проектировании пневмопривода обычно принимается равным 15...20.

Давление жидкости в рабочем гидроцилиндре определяется по заданному коэффициенту усиления

$$p_r = p_0 k_y \eta$$

и диаметру поршня пневмоцилиндра

$$p_r = p_0 D^2 \eta / d.$$

Если давление жидкости задано, диаметр пневмоцилиндра равен:

$$D = d \sqrt{\frac{p_r}{p_0 \eta}}.$$

Требуемый ход штока пневмоцилиндра для привода, подсоединенного к преобразователю гидроцилиндров,

$$L = \frac{1,27 \sum V_u}{d^2 n_0},$$

где ΣV_n — суммарный объем присоединенных гидроцилиндров, $V_n = 0,785d_n^2 l_n$ — объем рабочего гидроцилиндра (определяется для каждого рабочего гидроцилиндра в зависимости от его диаметра d_n и рабочего хода l_n).

Принцип работы пневмогидравлического привода с преобразователями последовательного действия (рис. 25) заключается в подаче жидкости низкого давления в силовые цилиндры с последующей подачей жидкости высокого давления. Слив жидкости производится в полость низкого давления при освобождении деталей.

Приводы с преобразователями последовательного действия по сравнению с приводами с преобразователями прямого действия обеспечивают ускорение холостого хода и предварительное закрепление детали. Они могут обслуживать несколько рабочих цилиндров при небольших габаритах привода, позволяют экономить сжатый воздух на 90...95 %. Недостатком этих пневмогидравлических приводов является более сложная конструкция и значительное количество утечек.

Расчет усилий на штоке рабочих гидроцилиндров аналогичен расчету преобразователя прямого действия.

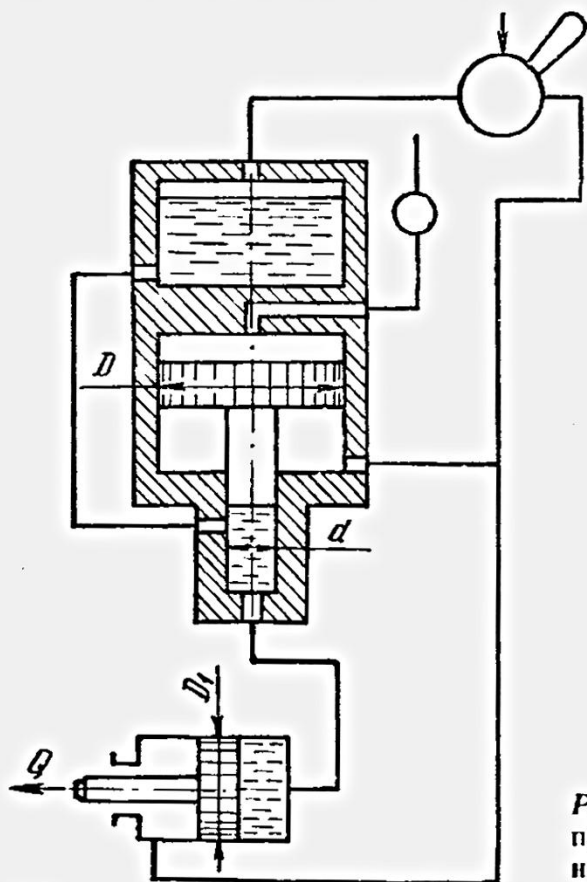


Рис. 25. Пневмогидравлический преобразователь последовательного действия

Гидравлический привод

Привод (рис. 26) обычно состоит из гидравлической установки, включающей электродвигатель с пусковой аппаратурой, насос, резервуар для масла, аппаратуру управления и регулирования, гидроцилиндры и трубопроводы.

Преимуществом гидравлического привода является возможность получения больших усилий при малых его размерах и бесступенчатого регулирования усилий зажима и скоростей перемещения. К недостаткам относятся утечки жидкости, ухудшающие характеристики работы гидропривода, изменение свойств рабочей жидкости в зависимости от температуры, приводящее к изменению характеристики работы, довольно высокая стоимость, необходимость квалифицированного обслуживания.

Оптимальным при применении гидропривода считается давление в пределах 5...10 МПа, однако в последнее время применяется и более высокое — до 16...20 МПа. Рабочие скорости составляют от 0,01 до 1 м/с.

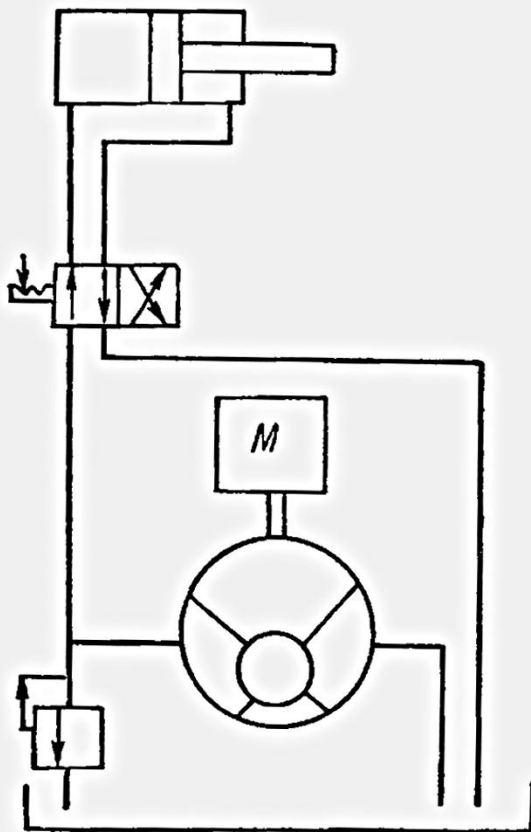


Рис. 26. Схема гидравлического привода

Гидроцилиндры

Гидроцилиндры рассчитываются и проверяются на прочность по формулам

$$D = d \sqrt{\frac{10^2 [\sigma_p] + 0,4p}{10^2 [\sigma_p] - 1,3p}}; \quad \sigma_p = \frac{1,3D^2 + 0,4d^2}{(D^2 - d^2)10^2} \cdot p \leq [\sigma_p].$$

где D и d — наружный и внутренний диаметры гидроцилиндра, мм; p — давление жидкости, МПа; σ_p — напряжение растяжения на внутренней поверхности стенки цилиндра, МПа; $[\sigma_p]$ — допускаемое напряжение на растяжение, равное 110...120 МПа для углеродистой стали и 150...180 МПа — для легированной.

Толщина стенки гидроцилиндров определяется по формуле

$$s \geq pD/2[\sigma_p].$$

Толщина доньшка цилиндра b рассчитывается по формулам (мм):

а) для плоского доньшка $b = 0,405D\sqrt{p/[\sigma_p]}$;

б) для сферического доньшка $b = pD/4[\sigma_p]$.

Фланцы и крышки гидроцилиндров крепятся болтами, усилия затяжки которых для обеспечения герметичности должны быть равны:

$$Q = 0,785\alpha [p_k(D_n^2 - D_b^2) + pD_b^2],$$

где p_k — контактное давление между прокладкой и уплотняемыми деталями, МПа; D_b , D_n — внутренний и наружный диаметры прокладки, мм; p — давление жидкости, МПа.

Длину хода поршня в зависимости от прочности штока рекомендуется принимать равной не более 10 диаметров цилиндра. Длина цилиндра при этом с учетом технологии изготовления определяется отношением $L/D \leq 20$. Отношение диаметра штока к диаметру цилиндра выбирается конструктивно и колеблется в широком диапазоне: $d/D = 0,2...0,7$, причем большее значение обычно выбирается для более нагруженных установок.

При расчете гидроцилиндра должны быть заданы значения требуемого усилия Q или диаметра цилиндра D и длина хода поршня L , которые определяют основные конструктивные параметры. Для обеспечения плавной работы гидроцилиндра следует назначать рабочую скорость v в пределах 0,01...1 м/с. В необходимых случаях устанавливается время рабочего или холостого хода t . Следует, однако, учитывать, что при рабочих скоростях выше 0,1 м/с для безударной работы гидроцилиндра в конце хода желательно предусматривать торможение.

Основные расчетные параметры гидроцилиндров приведены в табл. 144, а расчетные значения усилий, развиваемых штоком гидроцилиндров, — в табл. 145.

Прочность гидроцилиндров при статической нагрузке проверяют под давлением не менее 1,5 номинального при двух крайних положениях поршня для двустороннего гидроцилиндра; при упоре его в глухую крышку гидроцилиндра и упоре штока в рабочий элемент с сохранением расстояния 20...35 мм от проходной крышки. Для одностороннего гидроцилиндра прочность проверяют при одном крайнем положении поршня.

В результате испытаний гидроцилиндр не должен иметь остаточных деформаций, должны отсутствовать течи, потения. Давление холостого хода не должно превышать 1,0...1,5 МПа.

144. Гидроцилиндры

Исходные данные: W или D , t или v , L , p .

Параметр	Единица измерения	Расчетная формула
Площадь: поршня штоковой полости	см ² »	$F_1 = 0,01 \times 0,785 D^2$ $F_2 = 0,01 \times 0,785 (D^2 - d^2)$
Усилие: толкающее тянущее	Н »	$Q = 100 F_1 p \eta$ $Q = 100 F_2 p \eta$
Диаметр цилиндра	мм	$D = 1,13 \sqrt{Q_1 / p \eta} =$ $= 1,27 \sqrt{Q_2 / p \eta - d^2}$
Скорость движения поршня (рабочий или холостой ход)	м/с	$v = L / 1000 t$
Время движения поршня (рабочий или холостой ход)	с	$t = L / 1000 v$
Расход жидкости за ход (ра- бочий или холостой)	л/мин	$V = 6 F v$
Внутренний диаметр трубо- провода	мм	$d_r = 4,6 \sqrt{V / \omega}$

Примечание. Буквы в формулах обозначают: D — диаметр цилиндра, мм; d — диаметр штока, мм; L — ход поршня, мм; p — давление жидкости, МПа; η — механический ход гидроцилиндра ($\eta = 0,9 \dots 0,46$); ω — скорость движения жидкости в трубопроводе, м/с.

Давления страгивания и холостого хода определяют при очередном соединении рабочих полостей с насосом, при этом другая полость соединяется с атмосферой. Постепенно увеличивая давление, достигают его значения, соответствующего началу перемещения штока, им считается страгивание. Ориентировочно давление холостого хода не должно превышать при втягивании штока 0,5 МПа, а при выдвигении — 0,3 МПа. Абсолютное давление в полостях гидроцилиндра во время проверки давления холостого хода не должно быть более 0,8 МПа.

145. Основные параметры гидроцилиндров

Цилиндр		Шток			Резьба отаперстий для подвода жидкости	Расчетное усилие при $p = 10 \text{ МПа}$, кН	
Диаметр, мм	Посадка поршня	Диаметр, мм	Посадка штока	Резьба в штоке		толкающее	тянущее
40	$\frac{H8}{f7}$	22	$\frac{H8}{f9}$	M12	$\frac{M14 \times 1,5}{K1/4''}$	12,3	8,5
50	$\frac{H8}{f7}$	25	$\frac{H8}{f9}$	M16	$\frac{M14 \times 1,5}{K1/4''}$	19,2	14,4
63	$\frac{H8}{f7}$	32	$\frac{H8}{f7}$	M20	$\frac{M14 \times 1,5}{K1/4''}$	30,5	22,6
80	$\frac{H8}{f7}$	36	$\frac{H8}{f7}$	M24	$\frac{M16 \times 1,5}{K3/8''}$	49,2	39,2
100	$\frac{H8}{g6}$	45	$\frac{H8}{f7}$	M30	$\frac{M16 \times 1,5}{K3/8''}$	76,9	61,3

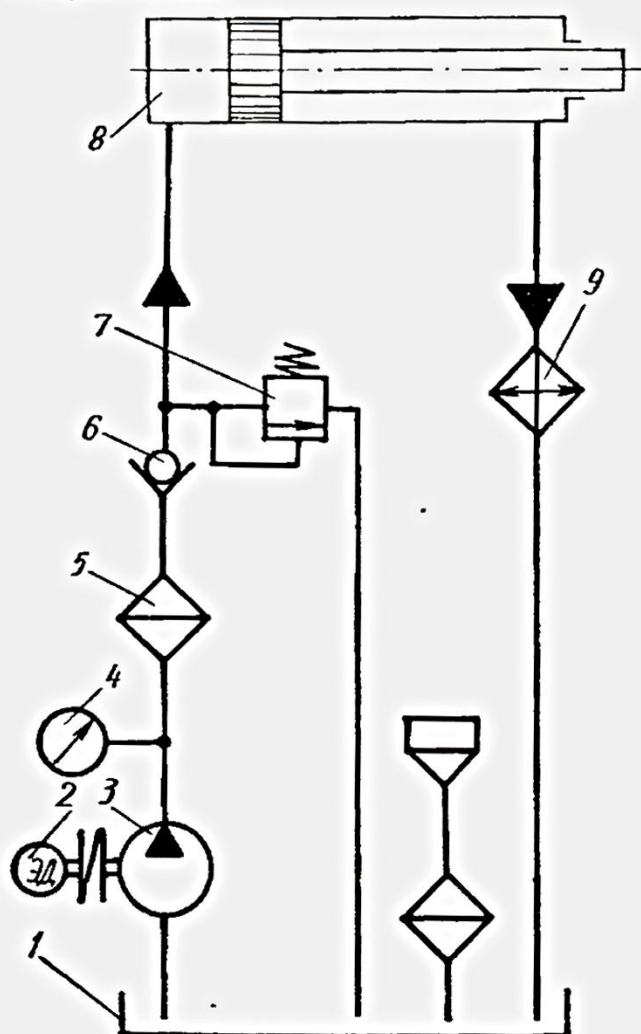
Жидкости, применяемые в гидроприводах

В качестве жидкостей для гидроприводов, работающих при температуре до 60°C с легкими нагрузочными режимами, используются промышленные масла общего назначения без присадок: И-12А, И-20А, И-30А, И-40А, И-50А. Если гидроприводы работают при температурах выше 60°C и давлении $15\ldots 20\text{ МПа}$, применяются турбинные масла с антиокислительными и противокоррозионными присадками: Тп-22, Тп-30, Тп-46. При работе с давлениями $16\ldots 35\text{ МПа}$ рекомендуются масла ИГП-18, ИГП-30, ИГП-38, ИГП-49.

Для очистки рабочей жидкости от взвешенных ферромагнитных частиц в гидростанции предусмотрены сепараторы, выполненные в виде постоянных магнитов, установленных в пробках, завинченных в днище гидробака.

При обычных требованиях к работе гидропривода необходимо обеспечить фильтрацию масла с тонкостью $25\ldots 40\text{ мкм}$, при повышенных — до 10 мкм .

Гидростанции



Гидростанция (рис. 27) включает гидробак 1, электродвигатель 2, насос 3, манометр 4, фильтр 5, обратный клапан 6 и предохранительный клапан 7. Слив рабочей жидкости от гидравлического цилиндра 8 осуществляется через теплообменник 9.

Рис. 27. Схема гидростанции

Регулирование скорости движения гидропривода. Количество подаваемой в гидроцилиндр жидкости обычно регулируют изменением производительности насоса или сопротивления при постоянном давлении участка трубопровода, по которому течет жидкость. Первый способ регулирования называют объемным, второй — дроссельным.

Каждый из этих способов может быть осуществлен: изменением количества жидкости, подводимой к силовому органу (на входе) или выходящей из него (на выходе).

Объемное регулирование на выходе почти не нашло применения в гидрофицированных станках из-за сложности и сравнительно высокой стоимости. Оно применяется в тех случаях, когда требуется сохранить наибольшее усилие гидропривода (большой мощности).

При дроссельном регулировании мощность, потребляемая насосом, остается постоянной, а скорость движения силового органа меняется в зависимости от величины сопротивления дросселя. Часть масла бесполезно протекает через переливной клапан (предохранительный) в бак. Дроссельное регулирование основано на изменении величины потерь. При уменьшении пропускной способности силового органа с неизменным расходом насоса возрастает стравливаемый избыток масла в бак, и поэтому растут потери. При увеличении пропускной способности силового органа, наоборот, эти потери уменьшаются. Поэтому дроссельное регулирование применяется при малых мощностях.

Принципиальные схемы простого дросселирования при использовании насосов постоянной производительности (рис. 28) не обеспечивают постоянства скорости при изменении нагрузки, поэтому их используют только в гидросистемах, работающих при малоизменяющихся нагрузках. Зависимость расхода масла и, следовательно, скорости перемещения поршня цилиндра через щелевой дроссель от перепада давления на последнем может быть определена по формуле

$$V' = cF\sqrt{\Delta p},$$

где c — коэффициент, принимаемый для масла И-20А равным 0,6...0,65; F — площадь сечения дросселя, см²; Δp — перепад давления на дросселе, МПа.

При установке дросселя на входе (рис. 28, а)

$$\Delta p = p_n - p.$$

При установке дросселя на выходе (рис. 28, б)

$$\Delta p = p_n(F_1/F_2) + (Q + T)/F_2.$$

где p_n — давление настройки предохранительного клапана, МПа; p — давление в рабочей полости цилиндров, МПа; F_1 — площадь цилиндра со стороны рабочей полости, см²; F_2 — площадь цилиндра со стороны полости слива, см²;

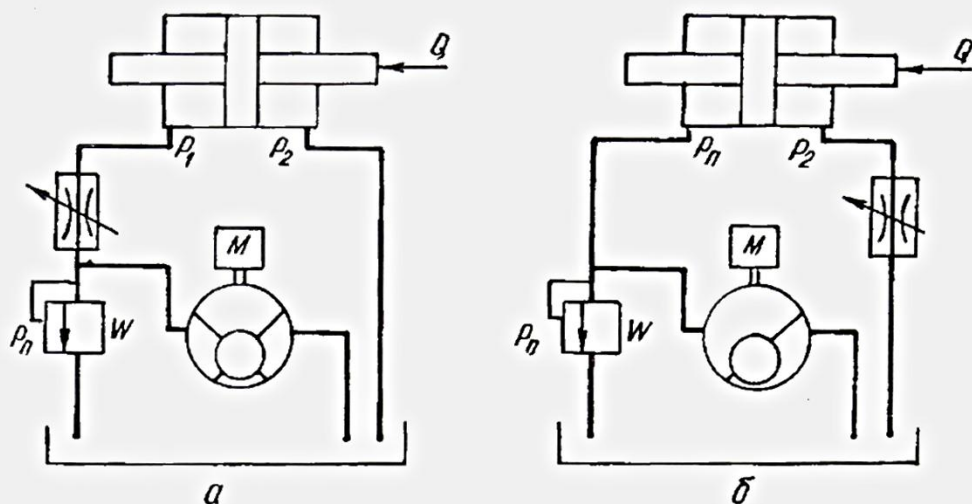


Рис. 28. Схемы регулирования скорости движения гидроцилиндра: а — простым дросселированием на входе; б — простым дросселированием на выходе

Q — нагрузка на штоке цилиндра, Н; T — сила трения в уплотнении цилиндра и поршня, Н.

Насосы

В гидравлических установках станочных приспособлений широко используются шестеренчатые, лопастные и поршневые насосы.

Требуемая производительность насоса определяется по формуле (л/мин):

$$V = 6Fv = 6Fl/100t,$$

где F — площадь поршня или штоковой полости, см^2 ; v — скорость движения поршня при рабочем или холостом ходе, м/с; t — время рабочего или холостого хода, с; l — длина рабочего хода, см.

Приводная (потребляемая) мощность насоса (кВт)

$$N = pV/60\eta_{\text{эф}},$$

где p — давление, развиваемое насосом МПа; V — производительность насоса или расход жидкости, л/мин; $\eta_{\text{эф}}$ — общий КПД, $\eta_{\text{эф}} = \eta_{\text{м}}\eta_{\text{о}}$; $\eta_{\text{м}}$ — механический КПД насоса, учитывающий потери на трение и гидравлические сопротивления; $\eta_{\text{о}}$ — объемный КПД, учитывающий утечку рабочей жидкости через зазор.

Шестеренные и лопастные насосы применяются для давлений до 12,0...15,0 МПа. Они компактны, просты в эксплуатации, однако чувствительны к перегреву, а при работе на предельных давлениях недолговечны. Аксиальные и радиальные поршневые насосы применяются для давлений до 20...30 МПа, а поршневые эксцентриковые — до 50 МПа.

Трубопроводы

Для гидросистем, работающих при давлении до 10 МПа, используются стальные бесшовные, холодноотянутые и горячекатаные трубы по ГОСТ 8733-87 и 8731-87 (табл. 146).

Холодноотянутые трубы применяют для трубопроводов с наружным диаметром до 30 мм, горячекатаные — 30 мм. Материал труб — сталь марок 10 и 20.

Радиусы изгиба стальных бесшовных, медных и латунных труб должны быть не менее $(2,5...2,75) d_n$, где d_n — наружный диаметр трубы.

В качестве трубопроводов используются гибкие армированные шланги (табл. 147). При эксплуатации и монтаже необходимо избегать их скручивания. Радиус изгиба шланга не должен быть меньше $10 d_v$, где d_v — внутренний диаметр шланга.

Внутренний диаметр трубопровода может быть определен по формуле

$$d_v = 4,6 \sqrt{V/\omega},$$

где V — количество масла, протекающего по трубопроводу, л/мин; ω — скорость движения масла в трубопроводе, м/с; принимают $\omega = 4$ м/с при $p = 2...6,3$ МПа; $\omega = 5$ м/с при $p = 6,3...10$ МПа; $\omega = 6$ м/с при $p = 10...20$ МПа; для всасывающих трубопроводов $\omega = 1$ м/с.

Значения пропускной способности трубопроводов приведены в табл. 148, которой можно пользоваться при выборе трубопроводов для пневмо- и гидропривода.

Допускаемые значения внутреннего рабочего давления для стальных бесшовных труб приведены в табл. 149.

При применении медных труб давление не должно превышать 8 МПа.

146. Холоднодеформированные стальные бесшовные трубы

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм
10	2,0
14	1,8
16	2,5
18	3,0
22	4,0
25	3,0
28	3,5
28	4,0
30	5,0
32	3,5
24	3,0

Примечание. Трубы с наружным диаметром 10, 14 и 16 мм изготовляют из стали 10, остальные — из стали 20.

147. Резиновые рукава высокого давления с металлическими оплетками

Диаметр рукава, мм		Тип	Давление, МПа	
внутренний	наружный		в статике	в динамике
4	14,5	I	20	12
6	16,5		19	11,5
6	19	II	28	17
8	21		25	15
10	23		21,5	13
12	25		21	12,5
16	29		16,5	10
20	34		15	9
25	46	III	12,5	7
32	53		10	6

Примечание. Тип I — с одной, II — с двумя, III — с тремя металлическими оплетками.

148. Пропускная способность трубопроводов

Внутренний диаметр трубопровода $d_{в}$, мм	Пропускная площадь сечения трубопровода F , см ²	Расход жидкости V , л/мин, при скорости движения, м/с				Расход воздуха V л/мин, при скорости движения $\omega=17$ м/с
		$\omega=1$	$\omega=4$	$\omega=5$	$\omega=6$	
4	0,26	0,75	3	3,78	4,25	13
8	0,50	3	12	13,5	16	52
10	0,785	4,85	18,7	21,8	28	80
15	1,77	10,8	42	53	64	180
20	3,14	19	75	90	115	320
25	4,91	29	118	149	178	500
32	8,25	48	190	221	290	830
40	12,60	75	300	380	430	1280
50	19,80	120	470	600	700	2000

149. Допустимое внутреннее рабочее давление для стальных бесшовных холоднокатаных труб

Наружный диаметр, d_n , мм	Внутреннее рабочее давление p , МПа, при толщине стенки, мм, для труб из стали 10												
	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0
5	12	15	20	25	30	36	—	—	—	—	—	—	—
8	8	9	12	16	19	22	25	28	32	35	40	45	—
10	6	7	10	12	15	17	20	23	25	28	32	35	38
12	5	6	8	10	12	15	17	19	21	23	26	30	32
14	4	5	7	9	11	12	14	16	18	20	22	25	27
16	4	4	6	8	9	11	12	14	16	17	20	32	24
18	3	4	5	7	8	10	11	12	14	15	17	19	21
20	3	3	5	6	7	9	10	11	12	14	16	18	19
22	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	14	16	17
25	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15
28	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
30	2	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	12	12

Примечание. При применении труб из стали 20 табличные значения p умножить на коэффициент 1,25.

Уплотнения пневмо- и гидроцилиндров

Основные типы уплотнений и рекомендации по их применению приведены в табл. 150.

При применении резиновых манжет для пневмоцилиндров по ГОСТ 6678—72 (табл. 151) следует предусматривать подачу со сжатым воздухом распыленного масла (типа «Индустриальное-20»). Манжеты изготавливаются двух типов (рис. 29): I — для уплотнения цилиндра, II — штока. На рабочей поверхности

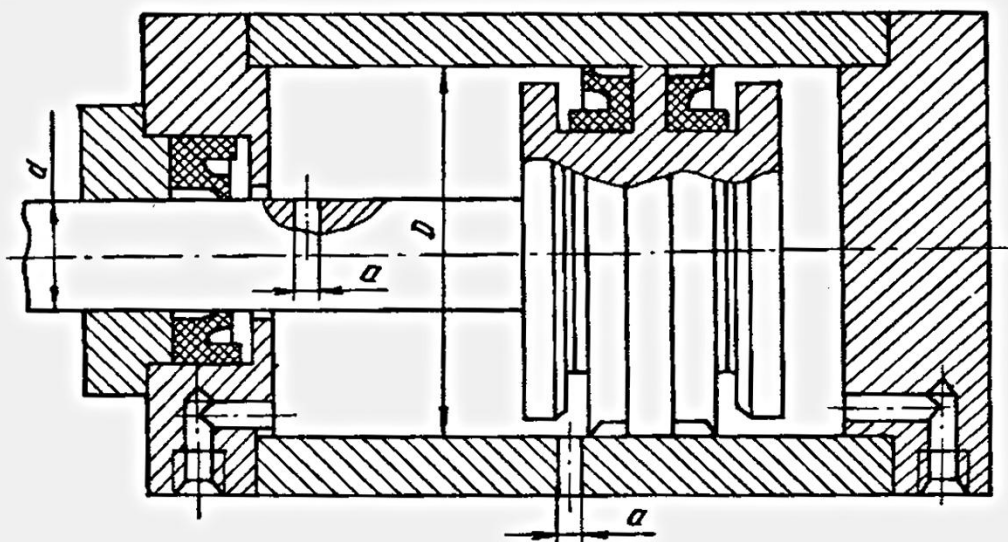


Рис. 29. Применение манжет в пневмоцилиндрах

цилиндра или штока, с которой контактирует манжета, допускаются поперечные отверстия диаметром не более 1,5 мм. Размеры канавок под манжеты приведены в табл. 152. Рекомендуется применение канавок полного профиля исполнения 1, хотя допускаются канавки с уменьшенным буртом — исполнения 2. Для удобства монтажа манжет при диаметрах цилиндров и штоков менее 20 мм поршни и корпуса должны конструироваться разъемными. При этом следует предусматривать фаски в цилиндре и на штоке или специальные монтажные оправки.

Резиновые кольца по ГОСТ 9833—73 (табл. 153) нужно использовать в пневмоцилиндрах преимущественно для неподвижных соединений. В подвижных соединениях в пневмоцилиндрах допускается применение резиновых колец диаметром не более 50 мм, при этом должна быть предусмотрена смазка трущихся поверхностей. Резиновые кольца используются преимущественно в гидроцилиндрах (рис. 30). Размеры канавок для установки колец без защитных колец даны в табл. 154. Для предохранения выдавливания резинового кольца в зазор необходимо применять защитные кольца. Они изготавливаются из фторопласта, полиамидной смолы и других материалов. При монтаже колец нужно предусматривать фаски на цилиндре, штоке и

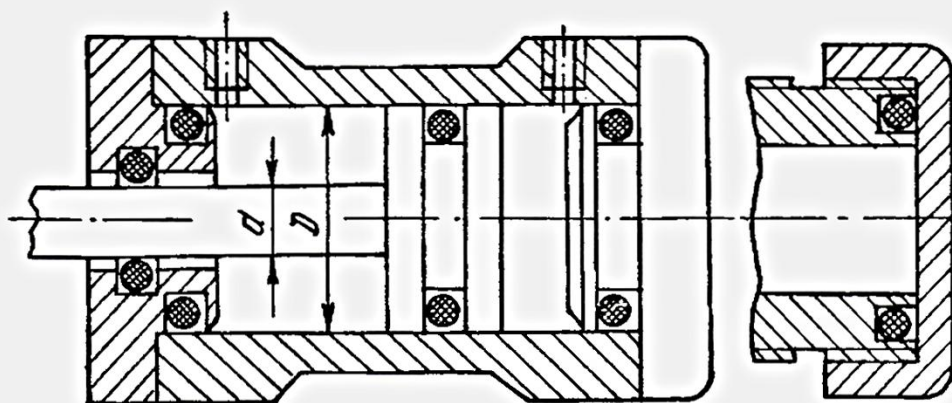


Рис. 30. Резиновые кольца в цилиндрах

поршне, а также применять специальные монтажные оправки и втулки, чтобы у колец не было перекосов, скручивания и механических повреждений.

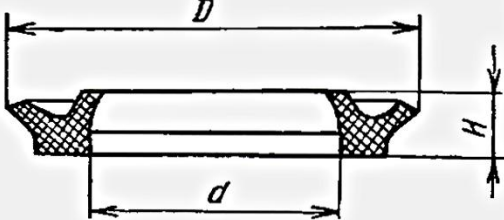
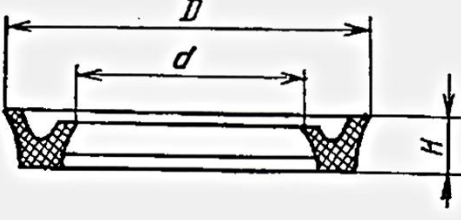
150. Уплотнения для пневмо- и гидроцилиндров

Тип уплотнений	Область применения	Диапазон размеров	
Манжеты резиновые уплотнительные для пневматических устройств (ГОСТ 6678—72)	Пневмоцилиндры, подвижное уплотнение штока и поршня, давления от 0,005 до 1 МПа, скорость возвратно-поступательного движения до 1 м/с, температура от —65 до +150 °С	Диаметры цилиндра от 10 до 400 мм, штока — от 5 до 200 мм	
Кольца резиновые уплотнительные круглого сечения для гидравлических и пневматических устройств (ГОСТ 9833—73)	Пневмо- и гидроцилиндры, подвижные и неподвижные соединения, скорость возвратно-поступательного движения в гидроцилиндрах до 0,3 м/с и пневмоцилиндрах — до 0,5 м/с. Необходимо применение защитных колец при радиальных зазорах свыше 0,02 мм в подвижных соединениях при давлении свыше 10 МПа, в неподвижных — свыше 20 МПа, при пульсирующем давлении — свыше 10 МПа	Диаметр сечения кольца, мм	Внутренний диаметр кольца, мм
		1,4 1,9 2,5 3,0 3,6 4,6 5,8 7,5 8,5	2,8...7,7 2,8...49,0 3,8...147,5 9,7...147,5 13,6...245,5 27,5...245 49...493,5 79,5...128,5 129,5...493,5

Продолжение табл. 150

Тип уплотнений	Область применения	Диапазон размеров	
		тип I	тип III
Манжеты уплотнительные резиновые для гидравлических устройств (ГОСТ 14896—84)	Гидроцилиндры, подвижное уплотнение поршня и штока, скорость возвратно-поступательного движения до 0,5 м/с, давление до 50 МПа, частота перемещения до 30 ходов в минуту, температура от —60 до +20 °С	давление, МПа	
		0,1...50	1,0...50
		диаметр цилиндра диаметр штока, мм	
		12...950 4...900	12...220 4...200
		ширина манжеты, мм	
		6...25	5...23
Уплотнения шевронные резинотканевые для гидравлических устройств (ГОСТ 22704—77)	Гидроцилиндры, подвижное уплотнение поршня и штока, скорость возвратно-поступательного движения до 3 м/с, температура от —50 до +100 °С	Диаметры цилиндра от 20 до 2060 мм, штока — от 10 до 2000 мм	

**151. Резиновые уплотнительные манжеты
для пневмоцилиндров (по ГОСТ 6678—72)**

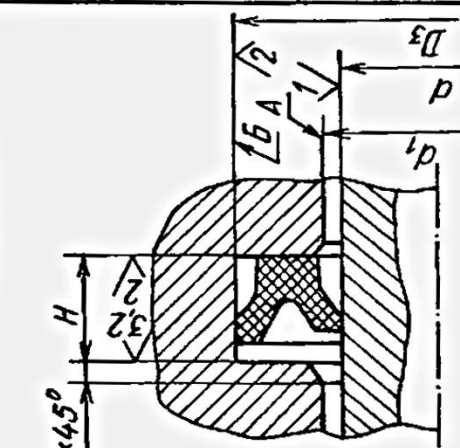
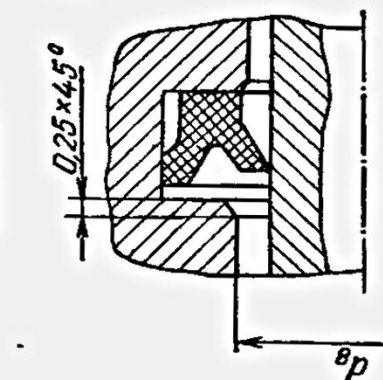
I тип манжет для цилиндров		II тип манжет для штоков	
			
Диаметр цилиндра, мм	Номинальные размеры манжеты $D \times d \times H$, мм	Диаметр штока, мм	Номинальные размеры манжеты $D \times d \times H$, мм
25	$26 \times 14 \times 5$	12	$21 \times 11 \times 5$
32	$33 \times 21 \times 5$	14	$23 \times 13 \times 5$
40	$40 \times 27 \times 6$	16	$27 \times 15 \times 6$
50	$50 \times 35 \times 6,5$	18	$29 \times 17 \times 6$
63	$63 \times 48 \times 6,5$	20	$31 \times 19 \times 6$
80	$80 \times 64 \times 6,5$	22	$33 \times 21 \times 6$
100	$100 \times 84 \times 6,5$	25	$36 \times 24 \times 6$
125	$124 \times 107 \times 7$	32	$43 \times 31 \times 6$
160	$159 \times 141 \times 7$	36	$47 \times 34,5 \times 6$
200	$199 \times 181 \times 7$	40	$51 \times 38,5 \times 6$
250	$249 \times 229 \times 8$	45	$58 \times 43,5 \times 7$
320	$319 \times 299 \times 8$	50	$63 \times 48,5 \times 7$
360	$359 \times 339 \times 8$	63	$76 \times 61 \times 7$
400	$399 \times 379 \times 8$	80	$93 \times 78 \times 7$
—		90	$103 \times 88 \times 7$

152. Размеры канавок под манжеты резиновые
уплотнительные для пневмоцилиндров
(по ГОСТ 6678—72)

Для цилиндров

исполнение 1

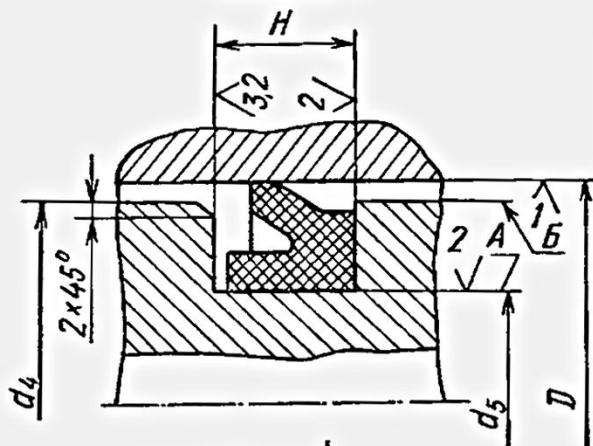
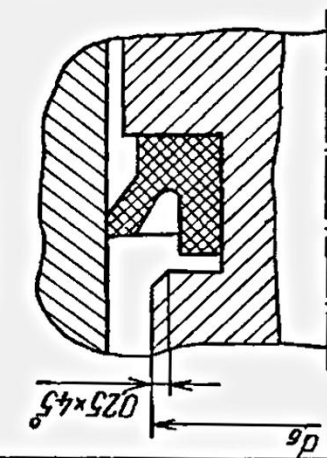
исполнение 2



Для штоков

исполнение 1

исполнение 2



Диаметр цилиндра, мм	Размеры канавки, мм					Диаметр штока, мм	Размеры канавки, мм				
	d_5	d_1	d_2	d_3	H		d_5	d_7	d_8	H	H
25	15	24,4	19,3	19,3	5,5	12	22	12,4	19	5,5	5,5
32	22	31,3	26,3	26,3	5,5	14	24	14,4	21	5,5	5,5

Диаметр цилиндра, мм	Размеры канавки, мм				Диаметр штока, мм	Размеры канавки, мм			
	d_5	d_4	d_6	H		d_5	d_7	d_8	H
40	28	39,3	32,3	6,6	16	28	16,4	23,7	6,6
50	37	49,3	42,5	7,2	18	30	18,4	25,7	6,6
63	50	62,3	55,5	7,2	20	32	20,4	27,7	6,6
80	67	79,3	72,5	7,2	22	34	22,4	29,7	6,6
100	87	99,3	92,5	7,2	25	37	25,4	32,7	6,6
125	112	124	117,5	7,7	32	44	32,4	39,0	6,6
160	146	159	151,5	7,7	36	48	36,4	43,0	6,6
200	186	199	191,5	7,7	40	52	40,4	47,0	6,6
250	234	248,8	239,5	8,8	45	59	45,8	54,0	7,7
320	304	318,8	309,5	8,8	50	64	50,8	59,0	7,7
360	344	358,8	349,5	8,8	63	77	63,8	72,0	7,7
400	384	398,8	389,5	8,8	80	94	80,8	89,0	7,7
					90	104	90,8	99,0	7,7

153. Резиновые уплотнительные кольца круглого сечения для пневмо- и гидроцилиндров (по ГОСТ 9833—73)

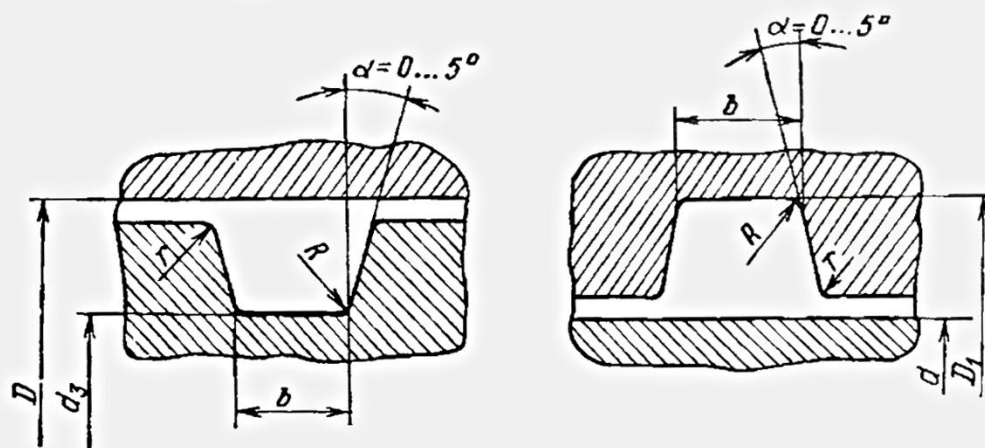
Диаметр цилиндра, штока, мм	Диаметр сечения резинового кольца, мм					Обозначение типоразмера кольца
	2,5	3,0	3,6	4,6	5,8	
25	021-025-25	020-025-30	019-025-36	—	—	—
32	028-032-25	027-032-30	026-032-36	—	—	—

1. Цилиндр

II. Шток

Диаметр цилиндра, штока, мм	Диаметр сечения резинового кольца, мм					
	2,5	3,0	3,6	4,6	5,8	Обозначение типоразмера кольца
40	036-040-25	035-040-30	034-040-36	032-040-46	—	—
50	046-050-25	045-050-30	044-050-36	042-050-46	—	—
63	—	058-063-30	057-063-36	055-063-46	053-063-58	—
80	075-080-25	075-080-30	074-080-36	072-080-46	070-080-58	—
100	095-100-25	095-100-30	094-100-36	092-100-46	090-100-58	—
125	120-125-25	120-125-30	—	118-125-46	115-125-58	—
160	—	—	155-160-36	150-160-46	150-160-58	145-160-85
200	—	—	195-200-36	190-200-46	190-200-58	185-200-85
250	—	—	245-250-36	240-250-46	240-250-58	235-250-85
320	—	—	—	—	310-320-58	305-320-85
360	—	—	—	—	350-360-58	345-360-85
II. Шток						
14	014-018-25	014-019-30	014-020-36	014-020-36	—	—
16	016-020-25	016-021-30	016-022-36	016-022-36	—	—
18	018-022-25	018-023-30	018-024-36	018-024-36	—	—
20	020-024-25	020-025-30	020-026-36	020-026-36	—	—
22	022-026-25	022-027-30	022-028-36	022-028-36	—	—
25	025-029-25	025-030-30	025-031-36	025-031-36	—	—
32	032-036-25	032-037-30	032-038-36	032-038-36	032-040-46	—
36	036-040-25	036-041-30	036-042-36	036-042-36	036-044-46	—
40	040-044-25	040-045-30	040-046-36	040-046-36	040-048-46	—
45	045-049-25	045-050-30	045-051-36	045-051-36	045-053-46	050-060-58
50	050-054-25	050-055-30	050-056-36	050-056-36	050-058-46	063-073-58
63	—	063-068-30	063-069-36	063-069-36	063-071-46	080-090-58
80	080-085-25	080-085-30	080-086-36	080-086-36	080-088-46	—

154. Размеры канавок, мм, под кольца резиновые
уплотнительные круглого сечения (по ГОСТ 9833—73)



Диаметр сечения резинового кольца	Подвижное соединение			Неподвижное соединение			v_{max}	R
	d_3	D_1	b	d_3	D_1	b		
2,5	d	D	$d_1 + 0,8$	$d + 0,3$	$D - 0,3$	$d_1 + 1,1$	0,2	0,4
3			$d_1 + 0,7$	$d + 0,3$	$D - 0,3$	$d_1 + 1,0$	0,2	0,4
3,6			$d_1 + 0,8$	$d + 0,4$	$D - 0,4$	$d_1 + 1,1$	0,2	0,6
4,6			$d_1 + 0,6$	$d + 0,6$	$D - 0,6$	$d_1 + 1,0$	0,2	0,6
5,8			$d_1 + 0,7$	$d + 0,8$	$D - 0,8$	$d_1 + 1,2$	0,2	0,6
8,5			$d_1 + 0,9$	$d + 1,4$	$D - 1,4$	$d_1 + 1,8$	0,2	0,6

Примечание. Буквы в таблице обозначают: d — номинальный диаметр штока; D — номинальный диаметр цилиндра (по типоразмеру кольца); d_1 — номинальный диаметр сечения кольца.

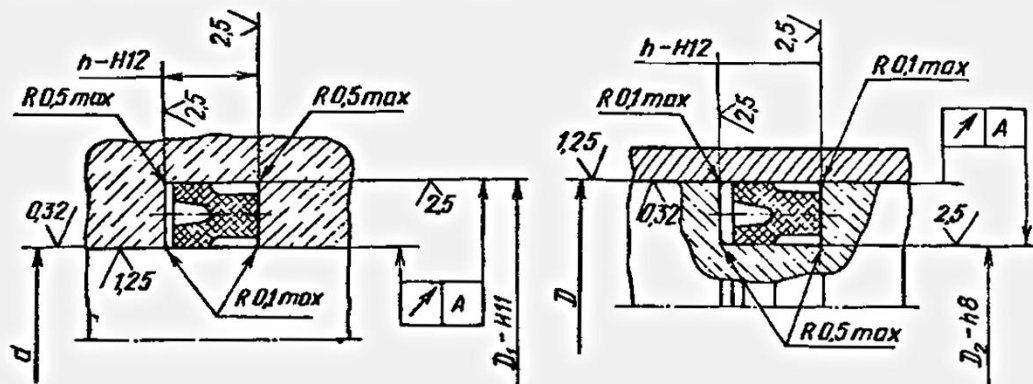
Резиновые манжеты по ГОСТ 14896—84 (табл. 155) применяются только в гидроцилиндрах. При монтаже их надо смазывать (смазки типа ЦИАТИМ-201, ЦИАТИМ-203, «Литол-24», жировой солидол). При этом не должно быть перекосов и механических повреждений, для чего следует применять заборные фаски на штоке, поршне и цилиндре, а также специальные монтажные кольца и оправки. Фаски должны иметь скругленные кромки. При давлениях свыше 10 МПа рекомендуется использовать защитные кольца. Для исключения возможности загрязнения масла перед манжетой целесообразно применять грязесъемники. Защитные кольца изготавливаются из фторопласта или полиамидных смол. Для повышения надежности в некоторых случаях рекомендуется устанавливать манжеты-дублиеры. Размеры канавок для установки манжет без защитных колец приведены в табл. 156.

155. Резиновые уплотнительные манжеты
для гидроцилиндров (по ГОСТ 14896—84)

Диаметр цилиндра, штока D , мм	Тип манжет	
	I	III
	Обозначение типоразмера манжет ($D \times d \times H$)	
I. Цилиндр		
25	$25 \times 15 \times 7$	$25 \times 13 \times 7,5$
32	$32 \times 22 \times 7$	$32 \times 20 \times 7,5$
40	$40 \times 30 \times 7$	$40 \times 20 \times 12$
		$40 \times 24 \times 9,5$
50	$50 \times 40 \times 7$	$50 \times 30 \times 12$
63	$63 \times 48 \times 9$	$63 \times 43 \times 12$
80	$80 \times 65 \times 9$	$80 \times 55 \times 14,5$
		$80 \times 60 \times 12$
100	$100 \times 80 \times 10$	$100 \times 75 \times 14,5$
		$100 \times 80 \times 12$
125	$125 \times 105 \times 10$	$125 \times 95 \times 17$
160	$160 \times 140 \times 10$	$160 \times 130 \times 17$
200	$200 \times 180 \times 10$	$200 \times 170 \times 17$
250	$250 \times 230 \times 40$	$250 \times 210 \times 23$
320	$320 \times 300 \times 10$	$320 \times 280 \times 23$
360	$360 \times 335 \times 12,5$	$360 \times 320 \times 23$
400	$400 \times 375 \times 12,5$	$400 \times 360 \times 23$
II. Шток		
14	$22 \times 14 \times 6$	$22 \times 14 \times 5$
		$30 \times 14 \times 9,5$
16	$26 \times 16 \times 7$	$24 \times 16 \times 5$
		$28 \times 16 \times 7,5$
		$32 \times 16 \times 9,5$
		$32 \times 20 \times 7,5$
20	$30 \times 20 \times 7$	$36 \times 20 \times 9,5$
		$40 \times 20 \times 12$
22	$32 \times 22 \times 7$	$38 \times 22 \times 9,5$
		$42 \times 22 \times 12$
25	$35 \times 25 \times 7$	$45 \times 25 \times 12$
32	$42 \times 32 \times 7$	$52 \times 32 \times 12$
36	$46 \times 36 \times 7$	$56 \times 36 \times 12$
40	$50 \times 40 \times 7$	$60 \times 40 \times 12$
		$65 \times 45 \times 12$
45	$55 \times 45 \times 7$	$75 \times 45 \times 17$
50	$60 \times 50 \times 7$	$70 \times 50 \times 12$
		$80 \times 50 \times 17$
63	$78 \times 63 \times 9$	$83 \times 63 \times 12$
		$93 \times 63 \times 17$
		$100 \times 80 \times 12$
80	$100 \times 80 \times 10$	$105 \times 80 \times 14,5$
		$110 \times 80 \times 17$
90	$110 \times 90 \times 10$	$120 \times 90 \times 17$

156. Канавки, мм, для установки уплотнительных резиновых манжет для гидроцилиндров (по ГОСТ 14896—84)

Параметры	Размеры канавок для манжет			
	тип I		тип III	
	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>h</i>



<i>h</i>	6...7 9...10 12,5	<i>b</i> +1,5 <i>b</i> +2 <i>b</i> +2,5	До 5 7,5...9,5 12,5 14,5...17	<i>b</i> +2 <i>b</i> +2,5 <i>b</i> +3 <i>b</i> +4
<i>D</i> ₁	<i>D</i>	<i>D</i>	<i>D</i>	<i>D</i>
<i>D</i> ₂	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>
<i>R</i> _{max}	0,5	0,5	0,5	0,5
<i>R</i> _{1min}	0,1	0,1	0,1	0,1

Примечание. *d*, *D*, *b* — номинальные диаметры штока, цилиндра и ширина манжеты.

Пружинно-гидравлический привод

Пружинно-гидравлический привод (рис. 31) представляет собой гидравлический односторонний цилиндр.

Усилие зажима развивается за счет действия комплекта пружин. Такой привод не требует затрат энергии для поддержания усилия зажима. Он обеспечивает надежное закрепление детали в случае повреждения гидролинии или отключения электроэнергии, несложен в обслуживании.

В зависимости от назначения пружинно-гидравлические цилиндры могут быть толкающего или тянущего исполнения (табл. 157). Недостатком пружинно-гидравлических цилиндров является изменение усилия зажима в зависимости от величины хода штока, что требует регулировок величины хода.

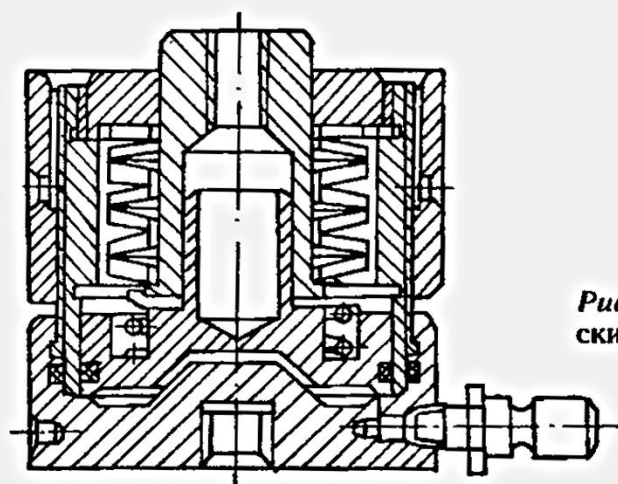


Рис. 31. Пружинно-гидравлический цилиндр

157. Технические данные тянущих пружинно-гидравлических цилиндров

Диаметр поршня, мм	Ход штока, мм	Номинальное давление, МПа	Усилие зажима, Н	Габаритные размеры, мм	
				диаметр	длина
60	8	9,8	17 168	110	150
100	8	9,8	53 955	155	185
120	8	38	92 204	175	200

Механогидравлический привод

Привод (рис. 32) состоит из винтового механизма и гидравлического цилиндра.

Усилие, развиваемое штоком гидроцилиндра механогидравлического привода, может быть определено по формуле

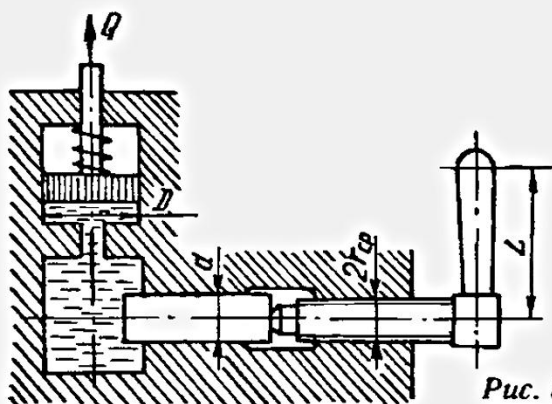


Рис. 32. Схема механо-гидравлического привода

$$Q = \frac{PL}{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} \frac{D^2}{d^2} \eta - T,$$

где P — усилие, прикладываемое к рукоятке, Н; L — плечо приложения усилия P , см; r_{cp} — средний радиус резьбы, см; α — угол подъема резьбы; φ — угол трения в резьбовом соединении; D — диаметр поршня гидроцилиндра, см; d — диаметр плунжера, см; η — коэффициент, учитывающий трение в уплотнениях ($\eta \approx 0,9$); T — сопротивление пружины, Н.

Принцип действия механогидравлического привода быстродействующих зажимных устройств (рис. 33) следующий. При вращении рукоятки вначале при перемещении поршня 1 создается низкое давление для быстрого подвода зажимных элементов и предварительного закрепления. При дальнейшем вращении рукоятки при достижении давления примерно 0,8 МПа палец 2 сжимает пружину 3 и выходит из паза. В результате поршень 1 останавливается и плунжер 4 перемещается. Создаваемое рабочее давление жидкости равно:

$$p = \frac{1,27 PL}{d^2 r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} \eta.$$

Электромеханический привод

Привод (рис. 34) обычно состоит из электромотора, редуктора и винтовой пары.

Тяговое усилие электропривода, создаваемое крутящим моментом электродвигателя, может быть определено по формуле

$$Q = \frac{M}{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})},$$

где M — момент, передаваемый муфтой на винтовую пару; r_{cp} — средний радиус резьбы, мм; α — угол подъема резьбы, град; φ_{np} — угол трения в винтовой паре ($\varphi_{np} \approx 6^\circ 40'$).

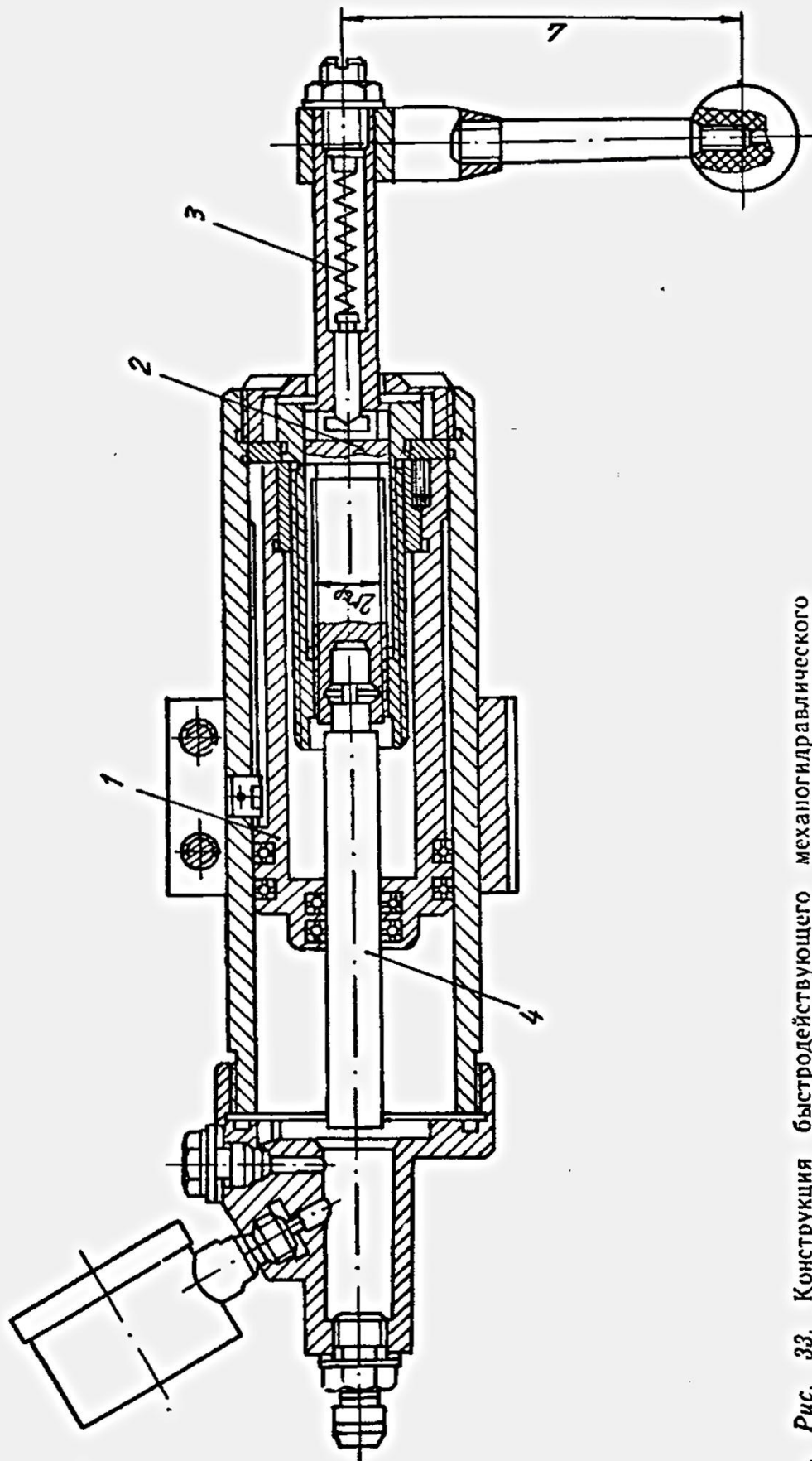


Рис. 33. Конструкция быстродействующего механогидравлического привода

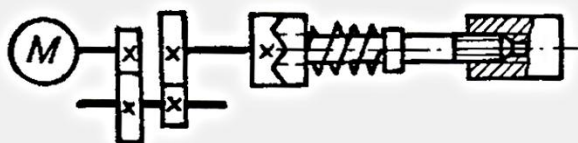


Рис. 34. Схема электромеханического привода

Центробежно-инерционный привод

Центробежно-инерционный привод (рис. 35) работает благодаря центробежной силе инерции вращающихся грузов. Его преимуществами являются: быстрота действия, возможность автоматизации процесса закрепления и открепления деталей, отсутствие дополнительного источника энергии для приведения его в действие.

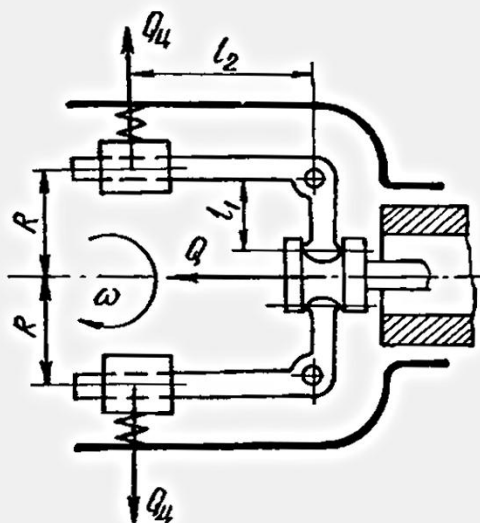


Рис. 35. Схема центробежноинерционного привода с грузами

Центробежная сила определяется по формуле

$$Q_u = GR\omega^2/g,$$

где G — вес груза, Н; R — расстояние от центра тяжести груза до оси вращения, м; ω — угловая скорость вращения шпинделя, рад/с; g — ускорение свободного падения, м/с².

Тяговое усилие данного привода рассчитывается по формуле

$$Q = (Q_u - T)n\eta l_2/l_1,$$

где Q_u — центробежная сила одного груза, Н; T — сопротивление пружины, Н; l_1, l_2 — плечи рычагов, мм; n — число грузов и пружин; η — КПД механизма ($\eta = 0,9 \dots 0,95$).

Вакуумный привод

Принцип действия вакуумного привода (рис. 36) основан на непосредственной передаче атмосферного давления на закрепляемую заготовку. При этом между опорной поверхностью детали и полостью приспособления создается вакуум и деталь прижимается избыточным атмосферным давлением. Приспособления с вакуумным приводом применяются при чистовой обработке нежестких деталей, которые могут деформироваться под действием усилий зажима.

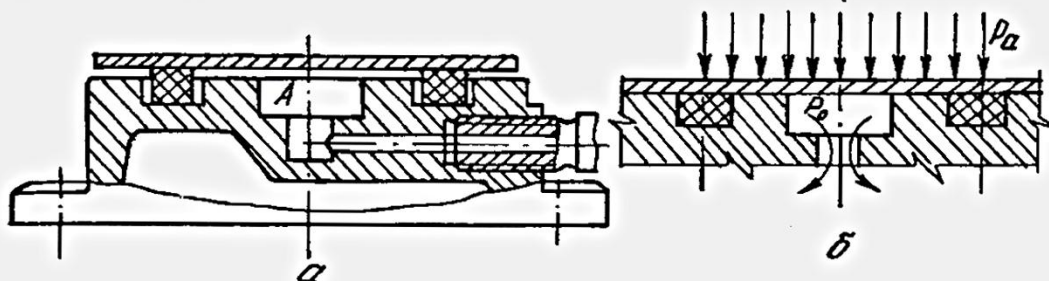


Рис. 36. Схема вакуумного привода:

а — конструктивное исполнение; б — схема действия усилий зажима

На опорной поверхности корпуса приспособления по контуру, соответствующему конфигурации базовой поверхности обрабатываемой заготовки, выполняется специальная канавка, в которую помещается резиновая прокладка. Она на определенную высоту выступает из канавки в момент загрузки приспособления. После его включения в сеть вакуумного насоса в полости А создается разрежение. Заготовка деформирует прокладку и плотно поджимается к опорной поверхности.

Для зажима плоских заготовок с большими поверхностями используются вакуумные приспособления в виде хорошо обработанных плит со значительным количеством небольших, близко расположенных отверстий.

Усилие зажима обрабатываемой детали определяется по формуле

$$W = (p_a - p_o) F_a k_r,$$

где p_a — атмосферное давление, равное 0,1 МПа; p_o — остаточное давление в камере после разрежения (принимается $p_o = 0,01 \dots 0,015$ МПа); F_a — активная площадь, ограниченная уплотнением; k_r — коэффициент герметичности вакуумной системы ($k_r = 0,8 \dots 0,85$).

Магнитный привод

Принцип действия привода основан на том, что магнитный поток, создаваемый электромагнитом или постоянным магнитом, препятствует отрыву закрепляемой детали от приспособления. Магнитный поток должен проходить через закрепляемую деталь, которая в этом случае является частью магнитопривода. Электромагнитные и магнитные приспособления могут применяться для закрепления деталей, материал которых имеет высокую магнитную проницаемость. Ее имеют незакаленные стали, меньшую — чугуны, незначительную — закаленные, быстрорежущие и легированные стали. Воздух имеет весьма малую магнитную проницаемость, поэтому для получения большой силы закрепления следует избегать зазоров между деталью и плоскостью приспособления.

Преимуществами магнитного привода являются быстрота действия, возможность закрепления деталей без их повреждения на окончательно обработанных поверхностях, одновременное крепление нескольких мелких деталей.

Недостатками магнитного привода являются меньшие усилия крепления по сравнению с механическим приводом, невозможность крепления деталей из немагнитных материалов, наличие остаточного магнетизма в деталях из ферромагнитных материалов, вероятность аварий при перерыве в подаче электроэнергии для электромагнитного привода.

Электромагнитный привод

Привод применяется обычно в виде плит и планшайб для закрепления стальных и чугунных заготовок с плоской базовой поверхностью. К преимуществам электромагнитных приспособлений относятся: равномерное распределение силы притяжения по всей опорной поверхности, высокая жесткость, свободный доступ к обрабатываемым поверхностям заготовки.

Электромагнитное приспособление (рис. 37) состоит из чередующихся по полярности стальных сердечников 1 с электромагнитными катушками 2, установленных на стальном основании 3 с шагом t . Обычно эта часть называется силовым блоком. Над ним располагается стальная пластина с пазами, в которые через немагнитные прокладки 5 вставлены магнитопроводы 6. По ним магнитный поток подводится к закрепляемой детали 7. При прохождении через катушки постоянного тока возникает электромагнитное поле, притягивающее деталь к стальной пластине 4. Обычно эту пластину с магнитоприводами и прокладками называют адаптерной плитой. При отключении тока происходит раскрепление детали.

Для изготовления магнитоприводов применяются углеродистые стали обыкновенного качества — Ст0, Ст1, Ст3, конструкционные углеродистые 08, 10 и 20 и электротехнические нелегированные 10895, 10864, 10880, 20895, 20880, 20864.

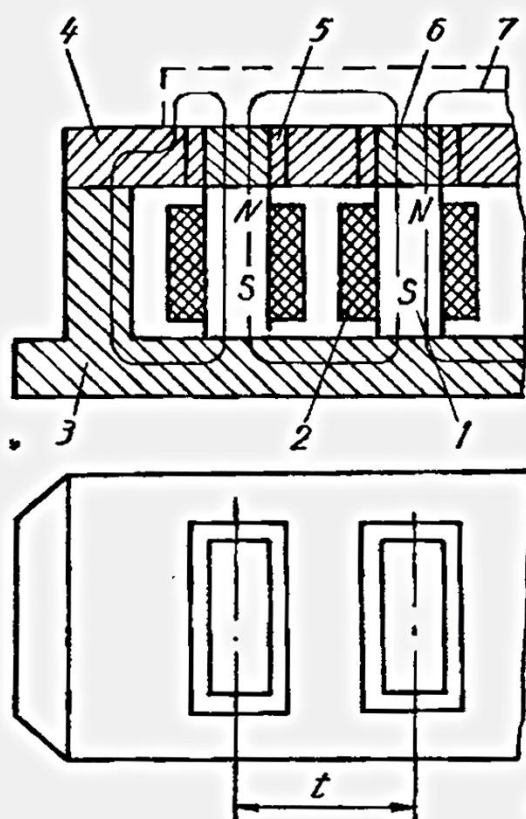


Рис. 37. Схема электромагнитной плиты

Немагнитные прокладки делаются из латуни, меди, эпоксипластов. Сердечники катушек изготавливаются из конструкционных углеродистых сталей 08, 10. Адаптерная плита является опорной поверхностью для закрепляемой детали и поэтому должна обладать достаточной прочностью и износостойкостью. Обычно для адаптерных плит используются конструкционные углеродистые стали 10, 20, в отдельных случаях — с цементацией рабочей поверхности.

Электромагнитное приспособление необходимо размагничивать после отключения источника постоянного тока, так как стальные магнитопроводы и адаптерная плита могут сохранять остаточную намагниченность. Поэтому электромагнитные приспособления должны быть снабжены размагничивающими устройствами.

Усилия прижима деталей при применении электромагнитных приспособлений могут достигать 400...650 Н на 1 см² площади контакта заготовки с опорной поверхностью.

Привод с постоянными магнитами

Преимуществом привода является безопасность в работе, так как он не связан с каким-либо источником тока, не расходует электроэнергию и весьма долговечен.

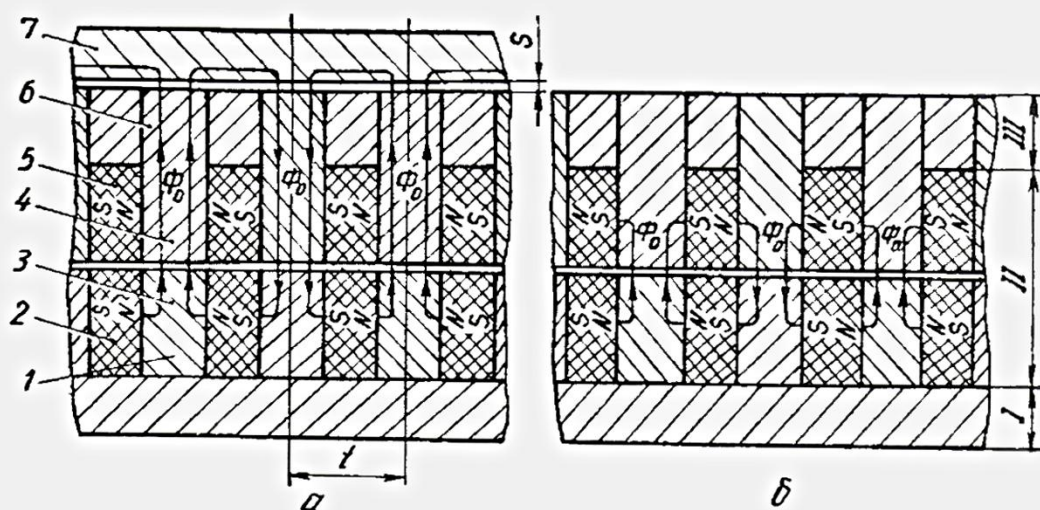


Рис. 38. Схема магнитной плиты с постоянными магнитами:
а — во включенном положении; б — в выключенном положении

Приспособление с постоянными магнитами (рис. 38) состоит из немагнитного основания *I*, силового блока *II* и адаптер-ной плиты *III*. Силовой блок выполнен в виде неподвижной верхней *4* и подвижной нижней *1* плит, в которых расположены чередующиеся по полюсам постоянные магниты *2* и *5* и магнитопроводы *3* и *6*. Постоянные магниты предварительно должны быть намагничены. К магнитопроводу магниты должны быть обращены одной и той же полярностью.

В рабочем положении под магнитами верхней плиты расположены магниты нижней плиты одинаковой полярности. Потoki их складываются и по магнитопроводу подводятся к рабочему зазору и детали *7* (рис. 38, а). При перемещении нижней подвижной плиты на шаг *t* под магнитами верхней плиты располагаются магниты нижней плиты с противоположной полярностью, которые нейтрализуют работу магнитов верхней плиты (рис. 38, б), и происходит раскрепление детали. При закреплении детали магнитный поток проходит через нее.

Постоянные магниты изготавливаются из ферромагнитных материалов, обладающих высокой остаточной индукцией и большой коэрцитивной силой. Такими материалами являются стали с высоким содержанием углерода и специальных присадок — вольфрама, кобальта, хрома. Магнитные свойства этих сталей с течением времени снижаются, что требует повторного (примерно через два года) намагничивания.

В качестве материала для постоянных магнитов применяются литые сплавы марок ЮН13ДК24, ЮН14К24, ЮН14ДК25А, обладающие высокой твердостью и поэтому обрабатываемые только шлифованием.

При определении усилий зажима магнитных приводов следует исходить из условий, что современные приспособления с постоянными магнитами при тщательно обработанной базовой

поверхности заготовки имеют прижимную силу до 150 Н на 1 см² площади контакта заготовки с опорной поверхностью приспособления.

При применении магнитного привода следует учитывать влияние на усилие притяжения детали к приспособлению величины зазора между ней и приспособлением, неплоскостности контактных и шероховатости поверхностей, толщину и конфигурацию детали, магнитные свойства материала.

Оптимальными зазорами между деталью и приспособлением считаются зазоры в пределах 0,02...0,03 мм, шероховатость не ниже $R_a = 0,63$ мкм. При увеличении зазоров до 0,2 мм усилие притяжения увеличивается на 30...40 % при $R_z = 20$ и на 50...70 % — при $R_z = 80$.

Наилучшие магнитные свойства имеют углеродистые стали обыкновенного качества Ст0, Ст1, Ст3, низкоуглеродистые 08, 10, 20; низколегированные конструкционные 15Х, 20Х, при применении которых обеспечивается минимальное усилие притяжения. При использовании углеродистых и легированных сталей типа 40, 50 усилие притяжения будет на 5...10 % меньше, инструментальных типа ХВГ, Х12 — на 10...20 %. У чугунов усилие притяжения на 40...60 % меньше, чем у низкоуглеродистых сталей.

Наибольшее усилие притяжения обеспечивается при применении деталей в виде сплошного диска или кольца. При наличии выточек, отверстий или использовании детали в виде квадрата усилие притяжения уменьшается на 10...15 %. При применении тонких деталей следует также учитывать уменьшение силы притяжения из-за недостаточной площади их сечения для прохождения магнитного потока.

Для приближенного расчета усилия закрепления можно воспользоваться данными, приведенными в табл. 158.

158. Магнитные и электромагнитные плиты, патроны и планшайбы

Исходные данные: l — межполюсное расстояние; l — ширина полюса.

Параметры	Расчетная формула		
Удельная сила притяжения	$P_y = P / (2l + l)^2$, где P — усилие отрыва, Н		
Допускаемая минимальная удельная сила притяжения для стандартных плит	$[P_y]$, Н/см ²	30	16
	Класс точности плит	Н, П	В, А
Допускаемая минимальная удельная сила притяжения для стандартных патронов	$[P_y]$, Н/см ²	70	40
	Класс точности патронов	Н, П	В

Электрический привод

Привод состоит из электродвигателя, аппаратуры управления и механических передач.

Электродвигатели бывают постоянного тока, трехфазные синхронные и трехфазные асинхронные.

Двигатели постоянного тока допускают плавное регулирование частоты вращения, обеспечивают плавный пуск, торможение и реверс.

Трехфазные синхронные двигатели не изменяют частоту вращения в зависимости от нагрузки, имеют малую чувствительность к колебаниям напряжения сети.

Трехфазные асинхронные двигатели просты по конструкции, имеют небольшую стоимость, высокую эксплуатационную надежность, в связи с чем получили широкое распространение.

У асинхронных двигателей частота вращения изменяется в зависимости от величины развиваемого момента. Синхронная частота вращения равна:

$$n_c = 60f/p,$$

где f — частота тока в сети, равная 50 Гц; p — число пар полюсов, обычно принимаемое равным 1, 2, 3, 4.

Фактическая частота вращения под нагрузкой n , как правило, меньше синхронной частоты вращения на 3...5 %, относительное скольжение (%):

$$s = \frac{n_c - n}{n} 100.$$

Значения синхронной частоты вращения электродвигателей серии 4А приведены в табл. 159.

159. Закрытые обдуваемые электродвигатели серии 4А

Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, мин ⁻¹
<i>Синхронная частота 3000 мин⁻¹</i>		
4А50А2У3	0,09	2740
4А50В2У3	0,12	2710
4А56А2У3	0,18	2800
4А56В2У3	0,25	2770
4А63А2У3	0,37	2750
4А63В2У3	0,55	2740
4А71А2У3	0,75	2840
4А71В2У3	1,1	2810
4А80А2У3	1,5	2850
4А80В2У3	2,2	2850
4А90 2У3	3,0	2840
4А100 2У3	4,0	2880
4А100 2У3	5,5	2880
4А112М2У3	7,5	2900

Продолжение табл. 159

Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, мин ⁻¹
4A132M2Y3	11,0	2900
4A160 2Y3	15,0	2940
4A160M2Y3	18,5	2940
4A180 2Y3	22,0	2945
4A180M2Y3	30,0	2945
4A200M2Y3	37,0	2945
4A200 2Y3	45,0	2945
4A225M2Y3	55,0	2945
4A250 2Y3	75,0	2960
4A250M2Y3	90,0	2960
4A280 2Y3	110	2970
4A280M2Y3	132	2970
4A315 2Y3	160	2970
4A315M2Y3	200	2970
4A355 2Y3	250	2970
4A355M2Y3	315	2970

Синхронная частота 1500 мин⁻¹

4A50A4Y3	0,06	1380
4A50B4Y3	0,09	1370
4A56A4Y3	0,12	1375
4A56B4Y3	0,18	1365
4A63A4Y3	0,25	1380
4A63B4Y3	0,37	1365
4A71A4Y3	0,55	1390
4A71B4Y3	0,75	1390
4A80A4Y3	1,1	1420
4A80B4Y3	1,5	1415
4A90 4Y3	2,2	1425
4A100 4Y3	3,0	1435
4A100 4Y3	4,0	1430
4A112M4Y3	5,5	1445
4A132 4Y3	7,5	1455
4A132M4Y3	11,0	1460
4A160 4Y3	15,0	1465
4A160M4Y3	18,5	1465
4A180 4Y3	22,0	1470
4A180M4Y3	30,0	1470
4A200M4Y3	37,0	1475
4A200 4Y3	45,0	1475
4A225M4Y3	55,0	1480
4A250 4Y3	75,0	1480
4A250M4Y3	90,0	1480
4A280 4Y3	110	1470
4A280M4Y3	132	1480
4A315 4Y3	160	1480
4A315M4Y3	200	1480
4A355 4Y3	250	1485
4A355M4Y3	315	1485

Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, мин ⁻¹
<i>Синхронная частота 1000 мин⁻¹</i>		
4A63A6Y3	0,18	885
4A63B6Y3	0,25	890
4A71A6Y3	0,37	910
4A71B6Y3	0,55	900
4A80A6Y3	0,75	915
4A80B6Y3	1,1	920
4A90 6Y3	1,5	935
4A100 6Y3	2,2	950
4A112MA6Y3	3,0	955
4A112MB6Y3	4,0	950
4A132 6Y3	5,5	965
4A132M6Y3	7,5	970
4A160 6Y3	11,0	975
4A160M6Y3	15,0	975
4A180M6Y3	18,5	975
4A200M6Y3	22,0	975
4A200 6Y3	30,0	980
4A225M6Y3	37,0	980
4A250 6Y3	45,0	985
4A250M6Y3	55,0	985
4A280 6Y3	75,0	985
4A280M6Y3	90,0	985
4A315 6Y3	110	985
4A315M6Y3	132	985
4A355 6Y3	160	985
4A355M6Y3	200	985
<i>Синхронная частота 750 мин⁻¹</i>		
4A71B8Y3	0,25	680
4A80A8Y3	0,37	675
4A80B8Y3	0,55	700
4A90 A8Y3	0,75	700
4A90 B8Y3	1,1	700
4A100 8Y3	1,5	700
4A112MA8Y3	2,2	700
4A112MB8Y3	3,0	700
4A132 8Y3	4,0	720
4A132M8Y3	5,5	720
4A160 8Y3	7,5	730
4A160M8Y3	11,0	730
4A180M8Y3	15,0	730
4A200M8Y3	18,5	735
4A200 8Y3	22,0	730
4A225M8Y3	30,0	735
4A250 8Y3	37,0	735
4A250M8Y3	45,0	740
4A280 8Y3	55,0	735
4A280M8Y3	75,0	735
4A315 8Y3	90,0	740
4A314M8Y3	110	740
4A355 8Y3	132	740
4A355M8Y3	160	740

Трехфазные асинхронные двигатели единой серии 4А выпускаются мощностью от 0,06 до 400 кВт, имеют 17 габаритов по высоте оси вращения — от 50 до 355 мм и синхронные частоты вращения 3000, 1500, 1000, 750, 600, 500 мин⁻¹.

Эти двигатели предназначены для привода механизмов, к пусковым характеристикам которых не предъявляются особые требования (скольжению и т. д.) при температуре окружающего воздуха от — 40 до + 40 °С. Они изготавливаются закрытыми обдуваемыми (IP44) и защищенными (IP23). Закрытые обдуваемые двигатели надежнее и удобнее в эксплуатации, чем защищенные, и поэтому рекомендуется выбирать их для приводов общего назначения.

Электродвигатели со степенью защиты IP44 выпускаются в трех исполнениях: на лапах — M100 (основное исполнение), с лапами и фланцевым щитом — M200 и лишь с фланцевым щитом — M300. Двигатели со степенью защиты IP23 бывают только в основном исполнении.

В типоразмерах двигателей цифра 4 означает порядковый номер серии, А — род двигателя — асинхронный. Буква А на третьем месте означает, что станина и щиты двигателя алюминиевые; если станина алюминиевая, а щиты чугунные, это отмечается буквой Х. Отсутствие этих букв означает, что станина и щиты чугунные или стальные. Двух- или трехзначное число указывает на высоту оси вращения, буквы L, S или M — установочный размер по длине станины. Буквами А или В помечается длина сердечника статора, цифрами 2, 4, 6 или 8 — число полюсов. Последние две буквы (УЗ) показывают, что двигатель предназначен для работы в зонах с умеренным климатом.

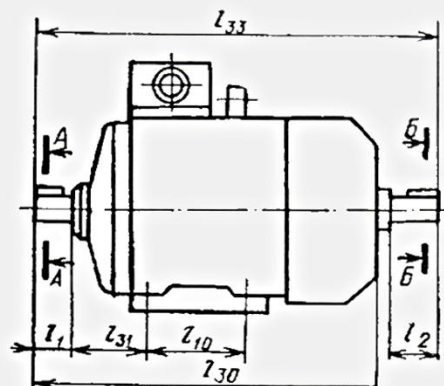
В табл. 160...162 приведены характеристики закрытых обдуваемых трехфазных асинхронных двигателей исполнений M100, M200, M300.

Электродвигатели, объединенные в одном блоке с редуктором, называются мотор-редукторами (табл. 163). Выпускаются они с горизонтально расположенным тихоходным валом.

Простейшая схема управления и защиты асинхронного коротко-замкнутого электродвигателя с магнитным пускателем приведена на рис. 39. При нажатии кнопки «Пуск» подается команда на включение электродвигателя, «Стоп» — на отключение. В схеме предусмотрена его защита от перегрузок электро-тепловыми реле и от коротких замыканий — плавкими предохранителями Пр.

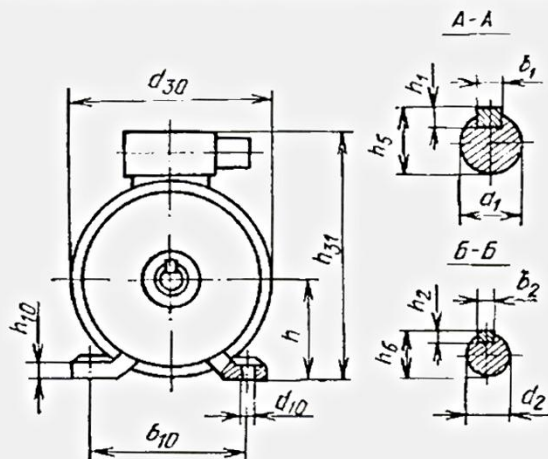
160. Электродвигатели исполнения М100

Тип двигателя	Число полюсов	Габаритные размеры, мм							
		l_{30}	l_{33}	h_{31}	d_{30}	l_1	l_2	l_{10}	l_{31}



4AA50	2, 4	174	—	142	104	20	—	63	32
4AA56	2, 4	194	221	152	120	23	23	71	36
4AA63	2, 4, 6	216	250	164	130	30	30	80	40
4A71	2, 4, 6, 8	285	330	201	170	40	40	90	45
4A80A		300	355	218	186	50	50	100	50
4A80B		320	375	218	186	50	50	100	50
4A90L		350	402	243	208	50	50	125	56
4A100S		362	407	263	235	60	60	112	63
4A100L		392	457	263	235	60	60	140	63
4A112M		452	534	310	260	80	80	140	70
4A132S		480	560	350	302			140	89
4A132M		530	610	350	302			178	89
4A160C	2, 4, 6, 8	624	737	430	358	110	110	178	108
4A160M	2, 4, 6, 8	667	780					210	
4A180C	2, 4, 6, 8	662	778	470	410			203	121
4A180M	2, 4, 6, 8	702	818					241	
4A200M	2 4, 6, 8	760 790	875 905	535	450	110 140	110	267	133
4A200L	2 4, 6, 8	800 830	915 945			110 140		305	

Установочные и присоединительные размеры, мм												Масса, кг
d_1	d_{10}	b_1	b_2	b_{10}	h	h_1	h_2	h_3	h_{1c}	d_2	h_6	



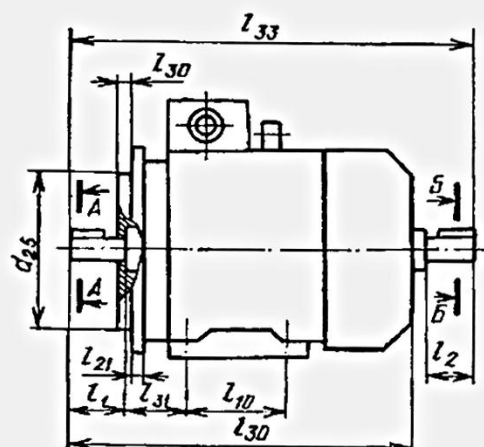
9	5,8	3	—	80	50	3	—	10,2	6	—	—	3,3
11	5,8	4	4	90	56	4	4	12,5	7	11	12,5	4,5
14	7,0	5	5	100	63	5	5	16,0	7	14	16,0	6,3
19	7	6	6	112	71	6	6	21,5	9	19	21,5	15,1
22	10	6	6	125	80	6	6	24,5	10	22	24,5	17,4
22	10	6	6	125	80	6	6	24,5	10	22	24,5	20,4
24	10	8	8	140	90	7	7	27,0	11	24	27,0	28,7
28	12	8	8	160	100	7	7	31,0	12	28	31,0	36,0
28	12	8	8	160	100	7	7	31,0	12	28	31,0	42,0
32	12	10	10	190	112	8	8	35,0	12	32	35,0	56,0
38	12	10	10	216	132	8	8	41,0	13	38	41,0	77,0
38	12	10	10	216	132	8	8	41,0	13	38	41,0	93,0
42	15	12	12	254	160	8	8	45,0	18	42	45	130
48	15	14	14	254	160	9	9	51,5	18	42	45	135
42	15	12	12	254	160	8	8	45,0	18	42	45	145
48	15	14	14	254	160	9	9	51,5	18	42	45	160
48	15	14	14	279	180	9	9	51,5	20	48	51,5	165
55	15	16	16	279	180	10	10	59	20	48	51,5	175
48	15	14	14	279	180	9	9	51,5	20	48	51,5	185
55	15	16	16	279	180	10	10	59	20	48	51,5	195
55	19	16	16	318	200	10	10	59	25	55	59	255
60	19	18	18	318	200	11	11	64	25	55	59	270
55	19	16	16	318	200	10	10	59	25	55	59	280
60	19	18	18	318	200	11	11	64	25	55	59	310

160. Электродвигатели исполнения М100

Тип двигателя	Число полюсов	Габаритные размеры, мм							
		l_{30}	l_{33}	h_{31}	d_{30}	l_1	l_2	l_{10}	l_{31}
4A225M	2 4, 6, 8	810 840	925 985	575	494	110 140	110 140	311	149
4A250S	2, 4, 6, 8	915	1060	640	554	140	140		168
4A250M	2, 4, 6, 8	955	1100					349	

161. Электродвигатели исполнения М200

Тип, двигателя	Число полюсов	Габаритные размеры, мм				Установочные и							
		l_{30}	l_{33}	h_{31}	d_{24}	l_1	l_2	l_{10}	l_{31}	d_1	d_{10}	b_1	b_2

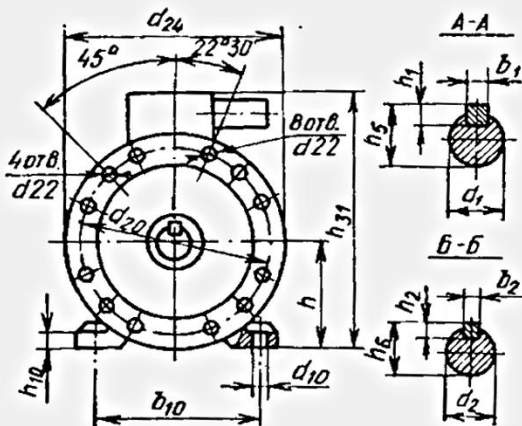


4AA50	2, 4	174	—	142	120	20	—	63	32	9	5,8	3	—
4AA56	2, 4	194	221	152	140	23	23	71	36	11	5,8	4	4
4AA63	2, 4, 6	216	250	164	160	30	30	80	40	14	7,0	5	5
4A7L	2, 4, 6, 8	285	330	201		40	40	90	45	19	7		
4A80A		300	355	218	200	50	50	100	50	22	10	6	6
4A80B		320	375	218		50	50	100	50	22	10		
4A90L		350	402	243		50	50	125	56	24	10		
4A100S		362	407	263	250	60	60	112	63	28	12	8	8
4A100L		392	457	263		60	60	140	63	28	12		
4A112M		452	534	310	300			140	70	32			
4A132S		480	560	350	350	80	80	140	89	38	12	10	10
4A132M		530	610	350	350			178	89	38			

Продолжение табл. 160

Установочные и присоединительные размеры, мм												Масса, кг
d_1	d_{10}	b_1	b_2	b_{10}	h	h_1	h_2	h_5	h_{10}	d_2	h_6	
58 65		16 18	16 18	356	225	10 11	10 11	59 69	28	55 60	59 64	355
65 75		18 20	18 20			11 12	11 12	69 79,5		65 70	69,0 74,5	470 490
	24			406	250				30			
65 75		18 20	18 20			11 12	11 12	69,0 79,5		65 70	69,0 74,5	510 535

присоединительные размеры, мм													Число от- вер- стий d_{22}	Масса, кг
b_{10}	h	h_1	h_2	h_5	h_{10}	l_{20}	l_{21}	d_2^*	d_{20}	d_{22}	d_{25}	h_6		



80	50	3	—	10,2	6	3,0	9	—	100	7	80	—	4	3,4
90	56	4	4	12,5	7	3,0	10	11	115	10	95	12,5		4,6
100	63	5	5	16,0	7	3,5	10	14	130	10	110	16,0		6,1
112	71			21,5	9			19				21,5		16,0
125	80	6	6	24,5	10	3,5	10	22	165	12	130	24,5	4	18,7
125	80			24,5	10			22				24,5		21,7
140	90			27,0	11		12	24	215			27,0		31,2
160	100	7	7	31,0	12	4,0	14	28		15	180	31,0		38,2
160	100			31,0	12		14	28				31,0	4	44,2
190	112			35,0	12	4,0	16		265	15	230			60
216	132	8		41,0	13	5,0	18		300	19	250			84
216	132			41,0	13	5,0	18		300	19	250			100

Тип двигателя	Число полюсов	Габаритные размеры, мм				Установочные и							
		l_{30}	l_{33}	h_{31}	d_{24}	l_1	l_2	l_{10}	l_{31}	d_1	d_{10}	b_1	b_2
4A160S	2, 4, 6, 8	624	737	430	350	110	110	178	108	42 48	15	12 14	12
4A160M 888	2, 4, 6, 8	667	780					210		42 48		12 14	
4A180S	2, 4, 6, 8	662	778	470	400	110	110	203	121	48 55	15	14 16	14
4A180M	2, 4, 6, 8	702	818					241		48 55		14 16	
4A200M	2 4, 6, 8	760 790	875 905	535	450	110 140	110	267	133	55 60	19	16 18	16
4A200L	2 4, 6, 8	800 830	915 945			110 140		305		55 60		16 18	
4A225M	2 4, 6, 8	810 840	925 985	575	550	110 140	110 140	311	149	58 65	24	16 18	16 18
4A250S	2, 4, 6, 8	915	1060	640		140	140		168	65 75		18 20	18 20
4A250M	2, 4, 6, 8	955	1160					349		65 75		18 20	18 20

Продолжение табл. 161

присоединительные размеры, мм														Число от- вер- стий d_{22}	Масса, кг
b_{10}	h	h_1	h_2	h_3	h_{10}	l_{20}	l_{21}	d_1^*	d_{20}	d_{22}	d_{25}	h_6			
254	160	8 9	8	45,0 51,5	18	5	15	42	300	19	250	45	4	135 140	
		8 9		45,0 51,5										150 165	
279	180	9 10	9	51,5 59	20		18	48	350		300	51,5		175 185	
		9 10		51,5 59											195 205
318	200	10 11	10	59 64	25		20	55	400		350	59		8	270 285
		10 11		59 64											295 325
356	225	10 11	10 11	59 69	28		22	55 60	500		450	59 64			375 355
406	250	11 12	11 12	69 79,5	30			65 70				69 74,5			495 515
		11 12	11 12	69 79,5				65 70				69 74,5	535 560		

162. Двигатели исполнения М300

Тип двигателя	Число полюсов	Габаритные размеры, мм			Установочные и присоединительные размеры, мм										Число отверстий d_{22}	Масса, кг
		l_{20}	h_{27}	d_{24}	l_1	l_{20}	l_{21}	d_1	d_{20}	d_{22}	d_{24}	h_1	h_1	h_2		
4AA50	2, 4	174	92	120	20	3,0	9	9	100	7	80	3	3	10,2	4	3,2
4AA56	2, 4	194	96	140	23	3,0	10	11	115	10	95	4	4	12,5		4,4
4AA63	2, 4, 6	216	101	160	30	3,5	10	14	130	10	110	5	5	16,0		6,0
4A71	2, 4, 6, 8	285	130	200	40	3,5	10	19	165	12	130	6	6	21,5	4	15,7
4A80A	2, 4, 6, 8	300	138	200	50	3,5	10	22	165	12	130	6	6	24,5		18,3
4A80B	2, 4, 6, 8	320	138	200	50	3,5	10	22	165	12	130	6	6	24,5		21,3
4A90	2, 4, 6, 8	350	153	250	50	4	12	24	215	15	180	8	7	27,0		30,0
4A100	2, 4, 6, 8	362	163	250	60	4	14	28	215	15	180	8	7	31,0		37,0
4A100	2, 4, 6, 8	392	163	250	60	4	14	28	215	15	180	8	7	31,0		42,8
4A112M	2, 4, 6, 8	452	198	300	80	4	16	32	265	15	230	10	8	35,0		58,0
4A132	2, 4, 6, 8	480	218	350	80	5	18	38	300	19	250	10	8	41,0		82,0
4A132M	2, 4, 6, 8	530	218	350	80	5	18	38	300	19	250	10	8	41,0		97,0
4A160M	2, 4, 6, 8	667	270	350	110	5	18	42	300	19	250	10	8	45,0	4	145,0
4A160	2, 4, 6, 8	624	270	350	110	5	18	48	300	19	250	10	8	51,5		160,0
4A160	2, 4, 6, 8	624	270	350	110	5	18	48	300	19	250	10	8	51,5		130,0
4A160	2, 4, 6, 8	624	270	350	110	5	18	48	300	19	250	10	8	51,5		135,0

Продолжение табл. 162

Тип двигателя	Число полюсов	Габаритные размеры, мм				Установочные и присоединительные размеры, мм										Число отверстий d_{22}	Масса, кг
		l_{30}	h_{37}	d_{24}	l_1	l_{20}	l_{31}	d_1	d_{20}	d_{22}	d_{26}	b_1	h_1	h_3			
4A180	2 4, 6, 8	662	290	400				48 55					14 16	9 10	51,5 59,0	170,0 180,0	
4A180M	2 4, 6, 8	702						48 55					14 16	9 10	51,5 59,0	190,0 200,0	
4A200M	2 4, 6, 8	760 790			110 140	5		55 60		19		16 18	10 11	59,0 64,0	260,0 275,0		
4A200	2 4, 6, 8	800 830	335	450			20	55 60	400		350	16 18	10 11	59,0 64,0	285,0 315,0		
4A225M	2 4, 6, 8	810 840	350		110 140			55 65				16 18	10 11	59 69,0	360,0 340,0		
4A250	2 4, 6, 8	915	390	550				65 75	500		450	18 20	11 12	69,0 79,5	485,0 505,0	8	
4A250M	2 4, 6, 8	955			140		22	65 75				18 20	11 12	69,0 79,5	525,0 550,0		
4A280	2 4, 6, 8	1215 1245			140 170			70 80				20 22	12 14	74,5 85,0	780,0 830,0		
32 4A280M	2 4, 6, 8	1256 1285	535	660		6		70 80	600	24	550	20 22	12 14	74,5 85,0	830,0 830,0		

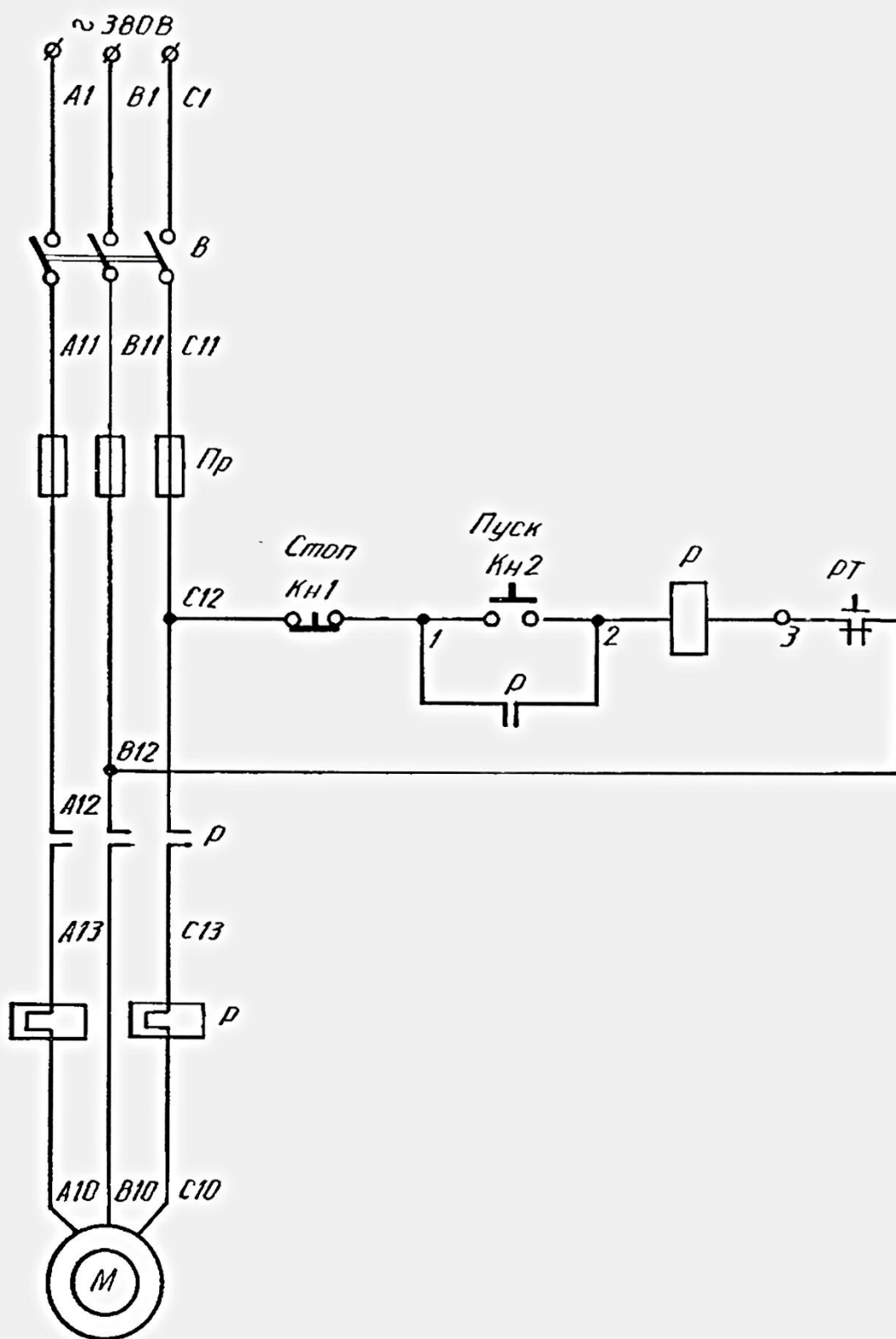


Рис. 39. Типовая схема включения асинхронного электродвигателя мощностью до 10 кВт

163. Мотор-редукторы цилиндрические одноступенчатые типа МЦ

Типоразмер	Крутящий момент на тихоходном валу, Н·м	Частота вращения тихоходного вала, мин ⁻¹	Электродвигатель		
			Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, мин ⁻¹
МЦ-63	65,7	224	4A100 8P3	1,5	700
	53,0	280			
	56,0	355	4A100 6P3	2,2	950
	63,7	450	4A100 4P3	3,0	1420
МЦ-80	124	224	4A112MB8P3	3,0	700
	123	280	4A112MB6P3	4,0	950
	101	355			
	112	450	4A112M4P3	5,5	1450
МЦ-100	232	224	4A132M8P3	5,5	720
	264	280	4A132M6P3	7,5	960
	210	355			
	230	450	4A132M4P3	11,0	1450
МЦ-125	440	224	4A160 6P3	11,0	970
	469	280	4A160M6P3	15,0	
	491	355	4A160M4P3	18,5	1460
	390	450			

Глава XIII

СМАЗКА МЕХАНИЗМОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Правильность решения конструктивных элементов приспособлений, обеспечивающих смазку механизмов, удобство их эксплуатации, является одной из важнейших проблем обеспечения требуемой долговечности приспособления. Немаловажную роль в этом играет смазка. Наибольшее распространение полу-

чили жидкие смазки. В табл. 164 приведены характеристики наиболее часто применяемых смазок.

В многошпиндельных головках, редукторах широко применяется циркуляционный способ смазки с ее подачей в зону зацепления зубчатых колес при окружных скоростях свыше 15 м/с.

К косозубым зубчатым колесам смазочный материал подводится со стороны входа зубьев в зацепление, к подшипникам качения — с внешней стороны. Для смазывания упорных подшипников необходимо предусматривать специальные канавки, выточки, через которые будет поступать смазочный материал, так как из-за малых зазоров его прокачивание через упорный подшипник в большинстве случаев практически невозможно.

Смазывание погружением и разбрызгиванием применяется при окружных скоростях вращения зубчатых колес до 15 м/с и червяков — до 10 м/с в зубчатых и червячных передачах.

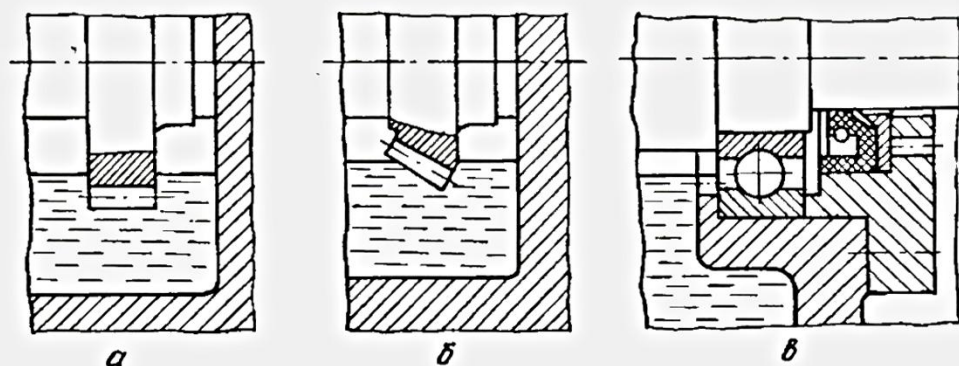


Рис. 40. Уровни жидкости при смазке разбрызгиванием:

а — цилиндрическая зубчатая передача; б — коническая зубчатая передача; в — шариковый подшипник

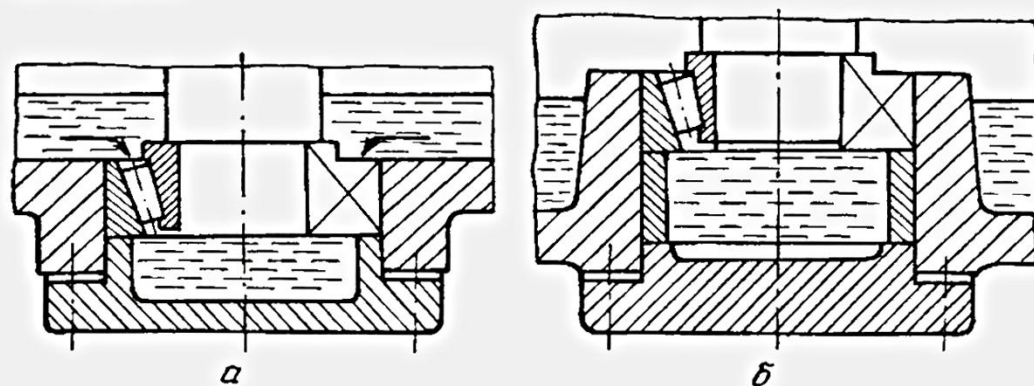


Рис. 41. Расположение подшипникового узла в зоне выпадения осадков из смазки:

а — нерекомендуемое; б — рекомендуемое

На рис. 40 указаны рекомендуемые уровни масла при смазке погружением зубчатых колес и подшипников. При этом забор масла должен происходить из зоны, где не могут скапливаться выпадающие осадки (рис. 41). Жидкий смазочный ма-

териал применяют при температуре опоры до 120 °С, а некоторые специальные сорта смазочного материала допускают работу при температуре до 150...160 °С. При температурах, больших или равных 150...160 °С, следует применять твердые смазочные материалы. В скоростных нагруженных механизмах пополнение количества смазочного материала должно происходить через 3...4 месяца, а через год его необходимо менять. В общем случае применение пластичного смазочного материала рекомендуется в неотвественных передачах при хорошем доступе к механизму.

164. Смазки

Наименование	ГОСТ	Область применения
Масло индустриальное И8А	20799 -75	Высокоскоростные шпиндели при частоте вращения 10 000...15 000 мин ⁻¹ или с окружной скоростью на шейке вала 3...4,5 м/с при небольших нагрузках
Масло индустриальное И12А	20799-- 75	Скоростные шпиндели при частоте вращения до 10 000 мин ⁻¹ при окружной скорости до 3 м/с
Масло индустриальное И20А	20799—75	Шпиндели с нормальной и повышенной частотой вращения, гидравлические системы, пневмогидравлические системы
Жидкости кремнийорганические 132-24, 132-25		Поверхности металл — металл или металл — резина
Масло трансмиссионное автомобильное	МРТУ 38-1-185—65	Зубчатые редукторы, коробки передач, работающие при скоростях скольжения до 8 м/с. Средненагруженные червячные редукторы
Масло турбинное Т ₂₂ , Т ₃₀		Высокоскоростные подшипники скольжения
Солидол синтетический С	4366—76	В узлах трения при температурах от -20 до +65 °С

Наименование	ГОСТ	Область применения
Универсальная средне- плавкая смазка (жиро- вой солидол) УС-1, УС-2	1033—79	В малонагруженные под- шипники качения при тем- пературах от -25 до $+65$ °С. Водостойкая
Универсальная тугоплав- кая водостойкая жиро- вая смазка 1-13		Средне- и высоконагружен- ные подшипники качения при температурах выше 60 °С, но не более 110 °С. Водостойкая
Смазка ЦИАТИМ-201	6267—74	Подшипники качения и скольжения, узлы трения, температуры от -60 до $+90$ °С. Боится влаги
Смазка ЦИАТИМ-202	11110—75	Подшипники качения и скольжения, температура от -50 до $+120$ °С
Смазка ЦИАТИМ-203	8773—73	Та же, что и ЦИАТИМ-201, но с улучшенными противо- задирными свойствами
Смазка ЦИАТИМ-221	9433—80	Узлы трения в сопряжении металл — металл или ме- талл — резина при темпера- турах от -60 до $+150$ °С
Графитная смазка	3333—80	Открытые зубчатые переда- чи, цепные передачи, дом- краты, резьбовые соедине- ния, при температурах от -10 до $+70$ °С
Смазка ПВК		Для предохранения оснастки от коррозии при температу- рах от -50 до $+50$ °С, при влажности до 90 %

Пластичные смазочные материалы в подшипниках исполь-
зуются при температурах до 100 °С и скоростях до 10 м/с.

Особенности густых смазочных материалов по химической
реакции должны учитываться конструкторами при проекти-
ровании механизмов. Недопустимо применение натриевых сма-
зочных материалов при возможности их контакта с водой или

водными эмульсиями, так как они смыливаются. Солидолы нечувствительны к воде, и именно их рекомендуется использовать в этих местах.

Комбинированные и специальные способы смазывания (масляным туманом) допускают скорость вращения до 15 м/с и в отдельных случаях — до 30 м/с.

При смазывании подшипников качения масляным туманом оптимальной величиной подачи масла является 1...2 капли в минуту при частоте вращения около 10 000 мин⁻¹.

Характеристики устройств для смазки даны в табл. 165.

При применении жидкого смазочного материала наилучшим уплотнением являются резиновые армированные манжеты по ГОСТ 8752—70 (табл. 166). Манжеты могут работать в минеральных маслах, воде, дизельном топливе при скоростях скольжения до 20 м/с и избыточном давлении до 0,05 МПа. Температура и место контакта манжеты с валом может быть от —45 до +150 °С. Манжеты изготавливаются двух типов однокромочные и однокромочные с пыльником. При использовании рабочая кромка манжеты должна быть обеспечена смазкой. Перед сборкой наружная поверхность манжеты (табл. 167...168) и поверхности трения должны быть смазаны.

165. Смазочные устройства

Устройство	Область применения
Пресс-масленка под запрессовку (ГОСТ 19853—74)	Неответственные узлы трения, работающие периодически при небольших нагрузках
Масленка одноплунжерная, насос смазочный одноплунжерный	Узлы трения и подшипники, работающие периодически, где обеспечивают надежность подачи смазки, требуют периодического обслуживания
Насосы лопастные, шестеренные	Коробки передач, редукторы, требующие подачи смазки при давлении до 0,3...1,0 МПа. Не требуют периодического обслуживания

166. Основные размеры армированных манжет (по ГОСТ 8752—79) первого ряда для предпочтительного применения в машиностроении, мм

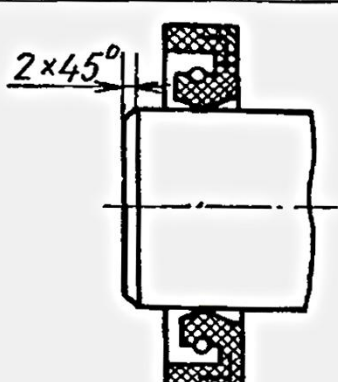
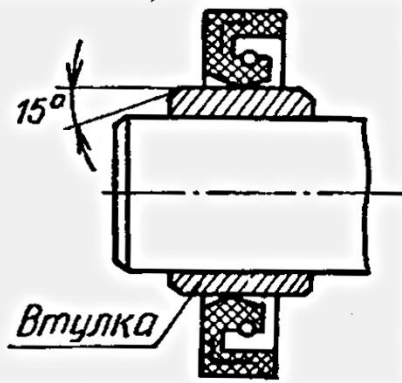
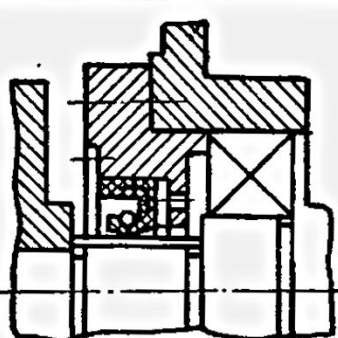
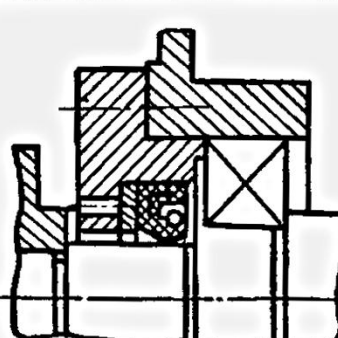
Диаметр вала d	D	h_1	h_2 , не более
10	26		
11	26		
12	28		
13	28		

Продолжение табл. 166

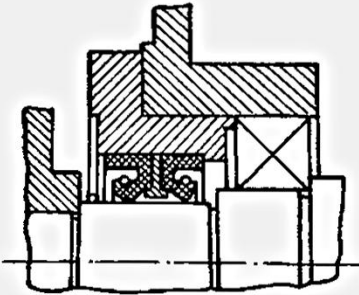
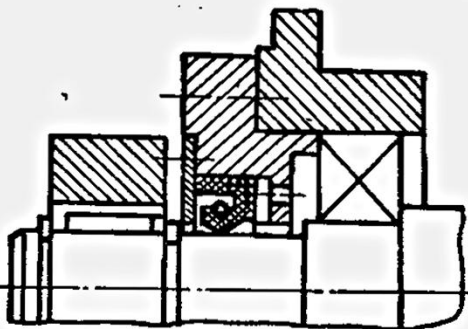
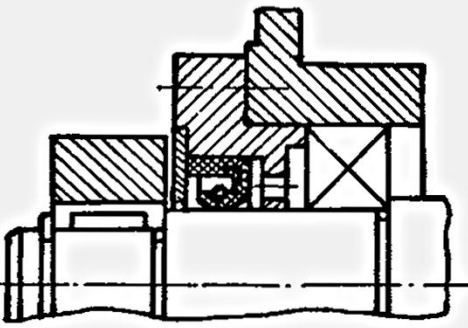
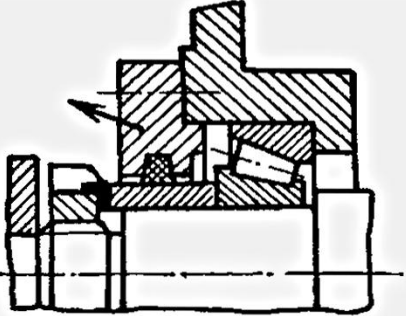
Диаметр вала d	D	h_1	h_2 , не более
14	28	7	10
15	30		
16	30		
17	32		
18	35		
19	35		
20	40	10	14
21	40		
22	40		
24	40		
25	42		
26	45		
30	52		
32	52		
35	58		
36	58		
38	58		
40	60		
42	62		
45	65		
48	70		
50	70		
52	75		
55	80	12	16
56	80		
58	80		
60	85		
63	90		
65	90		
70	95		
71	95		
75	100		
80	105		
85	110		
90	120		
95	120		
100	125		

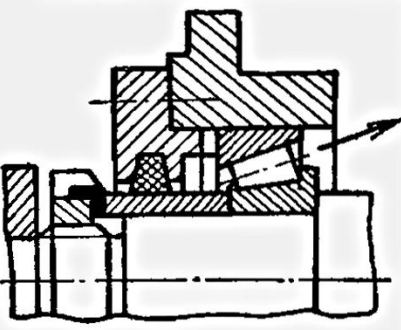
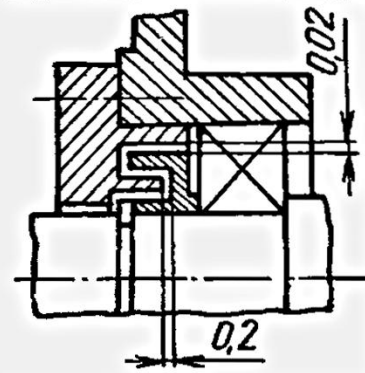
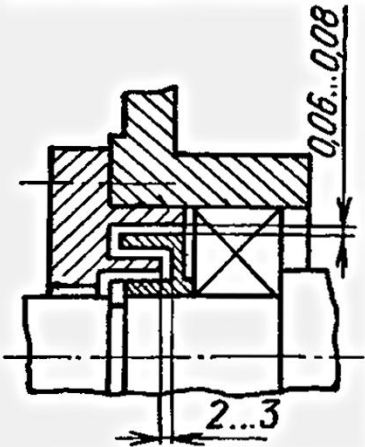
Поверхность трения на валу должна быть подвергнута термообработке до твердости не менее HRC_{30} и выполнена по посадке $H9$ с шероховатостью поверхности не ниже $R_a = 0,32$ мкм и $R_a = 0,63$ мкм. Радиальное биение вала должно быть не свыше 0,2 мм при частоте вращения до 500 мин^{-1} , не более 0,15 мм — при частоте вращения $500 \dots 1500 \text{ мин}^{-1}$ и не более 0,08 мм — при частоте вращения свыше 1500 мин^{-1} . Несоосность посадочного места под манжету и оси вала не должны превышать 0,12 мм при посадочном диаметре до 80 мм и 0,15 мм — свыше

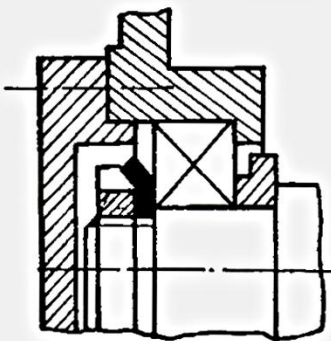
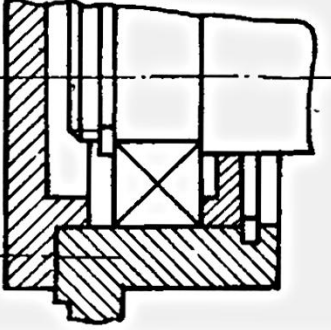
167. Рекомендации по применению уплотнений

Эскиз	Область применения	Особенности конструкции
	При применении жидких смазок при $v \leq 2$ м/с	Лучшее уплотнение для жидких смазок
	При применении жидких смазок при $v \leq 10$ м/с	Применение термообработанной втулки для уменьшения износа
	То же	Лучшее уплотнение внешней стороны и препятствие проникновению загрязнения
	»	Лучшее уплотнение с внутренней стороны и препятствие вытеканию масла

Продолжение табл. 167

Эскиз	Область применения	Особенности конструкции
	»	Уплотнение с обеих сторон
	При применении жидких смазок при $v \leq 10$ м/с	Нерекомендуемая конструкция — установка уплотнения после шпонки нежелательна из-за невозможности демонтажа без съема шпонки
	То же	Рекомендуется конструкция — съём уплотнения возможен без демонтажа шпонки
	Небольшие скорости вращения	Нерекомендуемая конструкция — при больших скоростях радиально-упорный подшипник качает масло как насос в сторону раскрытия конуса

Эскиз уплотнения	Область применения	Особенности конструкции
	Средние и высокие скорости	Рекомендуемая конструкция - выброс масла из подшипника происходит в сторону, обратную уплотнению
	Средние скорости $v < 5$ м/с	Нерекомендуемое исполнение — недостаточный уплотняющий эффект из-за недостаточного перепада зазоров
	Средние скорости $v < 5$ м/с	Рекомендуемое исполнение — уплотнение создается за счет чередования небольших (0,06...0,07) и больших (2...3 мм) зазоров
	При применении пластичных смазок $v < 8$ м/с	Не допускается применение в устройствах с повышенной загрязненностью

Эскиз уплотнения	Область применения	Особенности конструкции
	При применении жидких смазок $v > 5...6$ м/с	Маслоотражательные кольца должны выступать за стенку корпуса
	То же	Наличие ванночки за подшипником с целью улучшения эффекта смазки
	При перепаде давлений снаружи и внутри не более 0,5 МПа $v < 5...6$ м/с	Упрощенная конструкция

80 до 150 мм. Установка манжеты внутрь препятствует вытеканию масла из корпуса, но недостаточно защищает его от проникновения за уплотнение внешней среды даже при весьма малом давлении извне. Установка манжеты пружиной наружу препятствует проникновению внешней среды в корпус и в недостаточной степени вытеканию масла из него. Решить проблему позволяет установка двух манжет.

Фетровые (войлочные) уплотнения могут применяться для окружных скоростей порядка 8 м/с. Это уплотнение нельзя применять в устройствах, находящихся в зоне с повышенной загрязненностью, из-за того, что частицы абразива и пыли могут внедриться в него и создавать относительное скольжение, изнашивая вал.

168. Установка и эксплуатация манжет

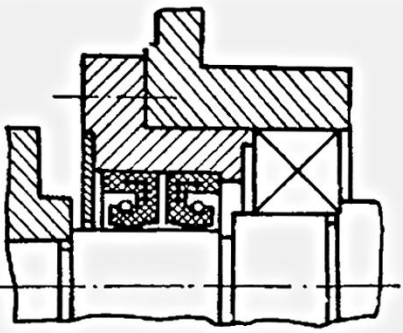
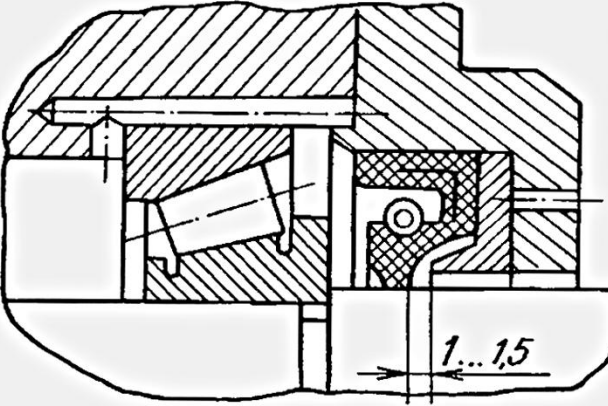
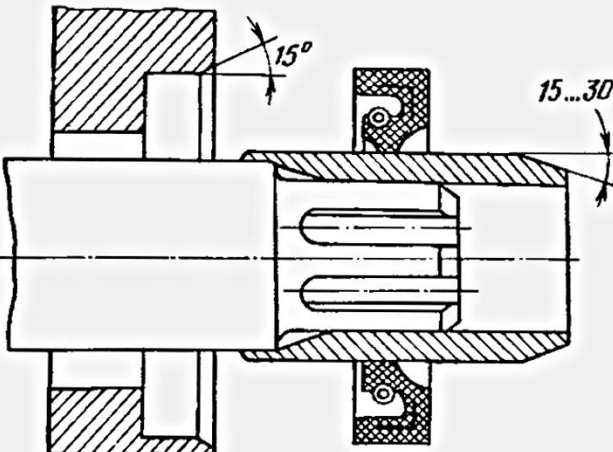
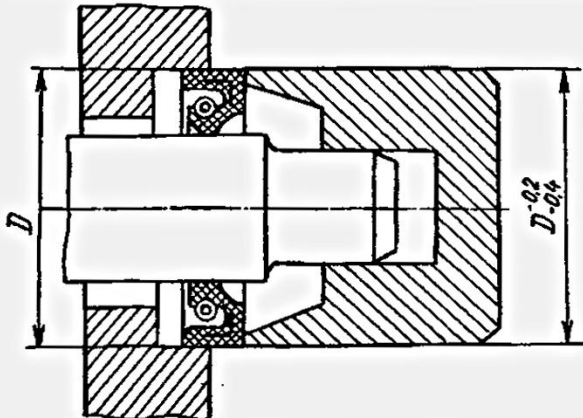
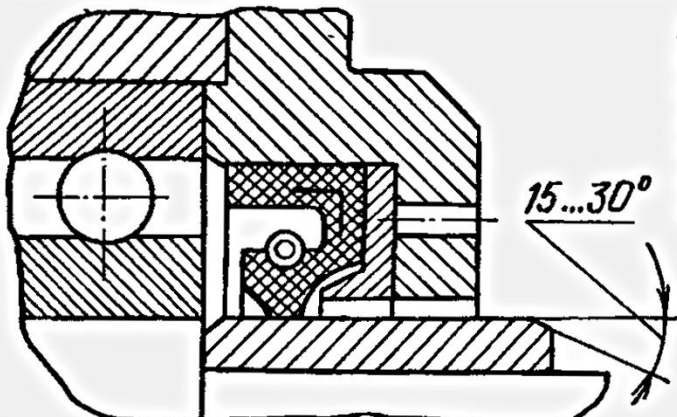
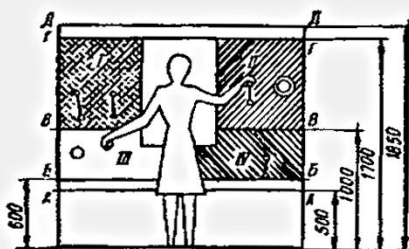
Схема конструктивного исполнения	Рекомендации
	При работе в запыленном помещении перед манжетой должно быть установлено защитное устройство
	При установке манжеты рядом с коническим подшипником необходимо предусмотреть канавки для отвода масла Для предохранения манжеты от выворачивания при перепаде давлений свыше 5 МПа нужен конусный упор Для удобства демонтажа манжет следует предусматривать упорную шайбу с демонтажными отверстиями
	При невозможности выполнения фаски на валу требуется установка манжеты с помощью монтажной втулки Нужна заходная фаска в посадочном отверстии для наружного диаметра манжеты

Схема конструктивного исполнения	Рекомендации
	Необходим монтаж манжеты с помощью специальной втулки во избежание перекоса манжеты
	Для защиты вала от износа рекомендуется устанавливать втулку Для предохранения рабочей кромки манжеты от повреждения требуется заходная фаска

169. Рекомендуемые нагрузки на органах управления



Зона	Допустимые усилия на рукоятках управления, Н
I	20...40
II	40...60
III	35...50
IV	55...75

При окружной скорости вала до 2 м/с можно использовать грубошерстные уплотнения — войлок Г в контакте с валом, обработанным до $R_a = 1,25$ мкм. При скорости вращения вала 2...5 м/с этот материал применять не рекомендуется. В данном случае лучшими будут полугрубошерстные уплотнения — войлок Т в сочетании с обработкой вала до шероховатости $R_a = 0,63$ мкм. При скорости же 5...8 м/с целесообразно применять тонкошерстные уплотнения при шероховатости обработки поверхности вала $R_a = 0,32$ мкм.

Используемые для защиты или разделения смазок маслоотбрасывающие отражательные кольца любой формы и конструкции должны выступать на уплотняемую стенку, с тем чтобы они могли отбросить центробежной силой попадающее на них горячее масло. Эти кольца рекомендуется применять при скоростях вращения вала, больших, чем 5...6 м/с.

Глава XIV

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭРГОНОМИКЕ И ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Приспособления, как и любые механизмы, являются источниками повышенной опасности для окружающих. Поэтому при проектировании необходимо обеспечить соблюдение ряда условий, обеспечивающих удобную и безопасную работу при использовании приспособления.

Для оценки эргономических качеств приспособления в совокупности со станком и удобства обслуживания целесообразно воспользоваться координатной сеткой с нанесенными на ней контурами станка, приспособления и зон размещения органов управления (рис. 42). Затем на ней помечается место расположения станочника с зонами досягаемости. Органы управления должны располагаться в зонах легкой досягаемости. Редко используемые органы управления (не более 5...8 раз в смену) могут размещаться и за пределами зоны досягаемости, а аварийные должны находиться только в зоне досягаемости.

Другим важным эргономическим требованием является соблюдение допустимых нагрузок, которые не должны превышать 10 Н, если работает кисть руки; 20...40 Н — рука до локтя и 80...100 Н — вся рука. Кроме того, в зависимости от зоны расположения органов управления устанавливаются значения допустимых нагрузок (табл. 169). Следует помнить, что рукоятки с использованием более 5...8 раз в смену необходимо располагать в зоне на высоте от 1600 до 1700 мм при работе стоя и от 600 до 1200 мм — при обслуживании сидя. В случаях использования рукояток и кнопок не более 8 раз в смену допустимо их расположение на высоте от 300 до 1850 мм. Допускается

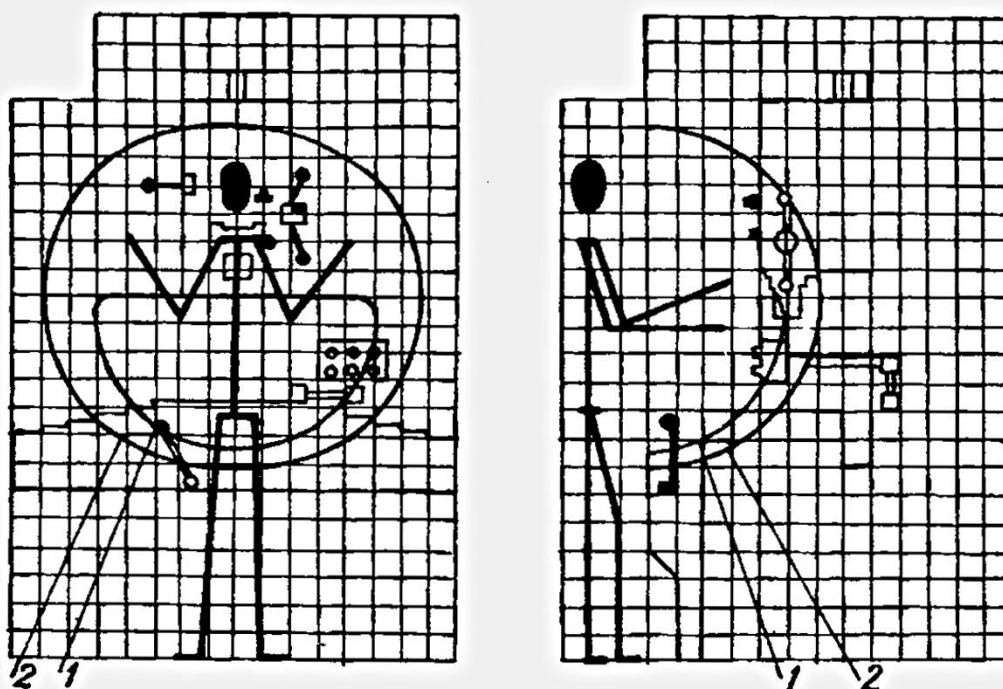


Рис. 42. Зоны расположения узлов управления станком и приспособлением:

1 — удобная; 2 — допустимая

располагать органы управления, используемые только для настройки, на высоте до 2500 мм. Рекомендуется для часто используемых рукояток уменьшать усилия на 20...40 % по сравнению с приведенными в табл. 169.

В ручных зажимных устройствах сила на рукоятке не должна превышать 100 Н, а при более чем одном закреплении — раскреплении в минуту — не свыше 50 Н. Значения моментов, развиваемых рукой на маховичках и рукоятках различных конструкций и размеров, приведены в табл. 170. Средняя продолжительность закрепления заготовок различными зажимными устройствами: в трехкулачковом патроне ключом — 4 с; одним винтовым зажимом (ключом) — 4,5 с; штурвалом — 2,5 с; поворотом рычага — 2,5 с; маховичком или звездочкой — 2 с; поворотом рукоятки пневмо- и гидрокрана — 1,5 с. При необходимости увеличить число зажатий применяют приспособления с силовыми (пневматическими, гидравлическими) узлами. В табл. 171 приведены значения вспомогательного времени, необходимого для выполнения различных движений по закреплению и откреплению деталей в приспособлениях.

В зоне расположения рукояток и маховиков не должно быть никаких выступающих частей, которые могут нанести травму работающему или мешать ему.

Не допускается применение выступающих винтов. Все детали в зоне работы рук должны быть закруглены и не иметь острых

кромки, углов. Расстояние от неподвижной детали до вращающегося маховика не должно быть менее 30 мм. Для маховиков диаметром более 60 мм рекомендуемое расстояние от неподвижной части машины до охватываемой рукой части маховика должно быть не меньше 60 мм. В табл. 172 приведены примеры рекомендуемого и не рекомендуемого исполнения рукояток, маховиков и кнопок.

170. Предельные моменты, получаемые при различных конструктивных формах головок и рукояток винтов

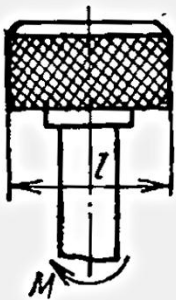
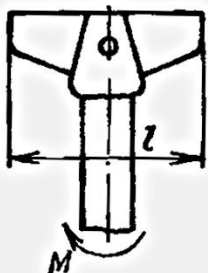
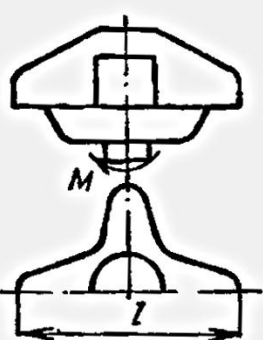
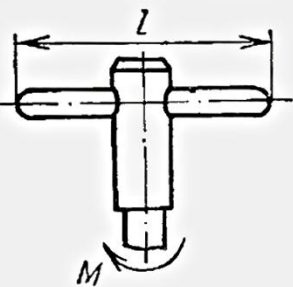
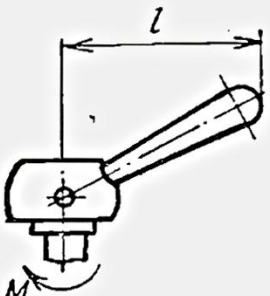
Схема конструктивной формы	Длина рукоятки, l , мм	Предельный момент M , Н·см
	20	70...150
	24	90...180
	30	100...220
	36	120...250
	30	120...250
	35	250...500
	45	400...650
	50	500...750
	70	700...850
	40	400...650
	50	500...700
	60	600...800
	80	800...950

Схема конструктивной формы	Длина рукоятки, l , мм	Предельный момент M , Н·см
	80	700...850
	100	800...950
	120	900...1100
	140	1000...1300
	75	850...1300
	94	920...1400
	117	1000...1500
	150	1100...1600

171. Время на закрепление и открепление детали в приспособлениях, мин

Способ закрепления	Количество зажимов	Масса деталей, кг				
		1	5	12	20	свыше 20

Закрепление в приспособлениях

Рукояткой пневматического или гидравлического зажимов	1	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
Рукояткой эксцентрикового зажима	1	0,03	0,034	0,36	—	—
	2	—	0,054	0,061	0,065	0,082
Винтовым зажимом с помощью маховичка или звездочки	1	0,034	0,042	0,055	0,068	0,128
	2	0,06	0,076	0,097	0,12	0,196
Винтовым зажимом с помощью гаечного ключа	1	0,094	0,11	0,135	0,16	0,2
	2	0,153	0,18	0,22	0,26	0,32
	3	—	0,24	0,29	0,35	0,42
	4	—	0,3	0,39	0,44	0,55
Винтовым зажимом с быстросъемной шайбой с помощью гаечного ключа	1	0,085	0,1	0,12	0,135	0,17
Рукояткой пневматического зажима и винтовым зажимом	2	0,052	0,06	0,071	0,083	0,137

Продолжение табл. 171

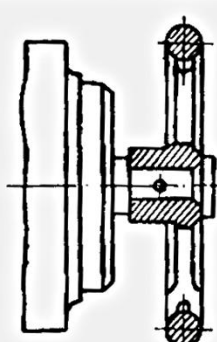
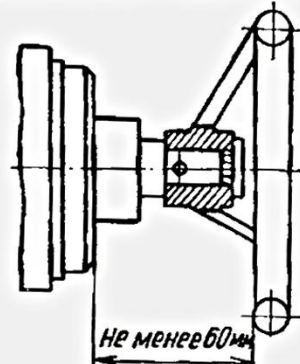
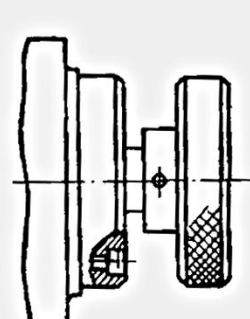
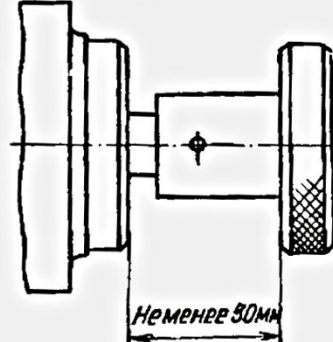
Способ закрепления	Количество зажимов	Масса деталей, кг				
		1	5	12	20	свыше 20

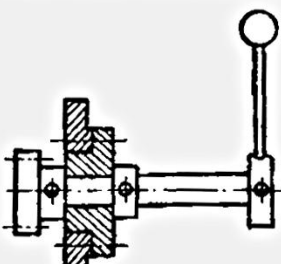
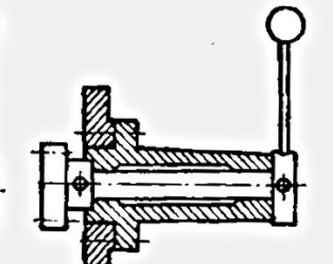
Рукояткой эксцентрикового зажима и винтовым зажимом	2	0,058	0,068	0,082	0,095	0,154
---	---	-------	-------	-------	-------	-------

Закрепление откидной или скользящей планкой

Рукояткой пневматического зажима	1	0,034	0,042	0,046	0,05	0,06
Рукояткой эксцентрикового зажима	1	0,04	0,052	0,058	0,064	0,079
Винтовым зажимом вручную	1	0,044	0,06	0,077	0,094	0,163
Винтовым зажимом с помощью гаечного ключа	1	0,104	0,123	0,157	0,186	0,235
Рукояткой пневматического зажима и винтовым зажимом	2	0,062	0,078	0,093	0,109	0,172

172. Исполнение рукояток, маховиков, кнопок в станочных приспособлениях

Нерекомендуемые	Рекомендуемые	Требования к исполнению
		Расстояние от кнопки до неподвижной части приспособления должно быть не менее 30 мм
		Расстояние от маховика до неподвижной части приспособления должно быть не менее 60 мм

Нерекомендуемые	Рекомендуемые	Требования к исполнению
		Консольное расположение рукоятки не должно вызывать ее изгиб и неудобство переключения

Требования по технике безопасности заключаются в том, чтобы при использовании приспособлений были созданы такие условия работы, которые исключали бы возможность травмирования рабочего при установке или съеме детали, а также во время ее обработки. Наружные элементы станочных приспособлений не должны иметь острых углов, кромок, неровных поверхностей, представляющих собой источник опасности. Все такие наружные элементы должны быть скруглены радиусами не менее 1 мм. Выступающие за габариты станка элементы приспособления не должны мешать его работе и ограничивать доступ к органам управления. Шероховатость наружных поверхностей вращающихся патронов, оправок, планшайб должна быть не грубее $R_a = 1,25$ мкм. Для исключения травмирования рук при установке детали предусматриваются специальные ниши для безопасного размещения руки, вводятся блокировочные устройства, не позволяющие включить привод зажима или других движущихся частей при нахождении в рабочей зоне руки рабочего. Зазоры между подвижными частями должны быть не более 5 мм, что устраняет возможность попадания в зазор руки или пальцев рабочего.

Приспособление должно быть надежно закреплено на станке, сбалансировано, проверено при рабочих частотах вращения, а значения допускаемой неуравновешенности и частоты вращения должны быть указаны в эксплуатационных документах.

Повышенную опасность представляет собой стружка, образующаяся во время обработки. Поэтому у приспособлений должны быть достаточной величины каналы, окна, ниши, обеспечивающие беспрепятственное удаление стружки. Для защиты от дробленой стружки необходимо предусматривать специальные экраны, а также беспрепятственное удаление смазочно-охлаждающей жидкости, отсос загрязненного во время работы воздуха.

Ряд травм происходит от падения деталей или приспособления во время установки их на станок. Поэтому должны быть предусмотрены устройства, исключаящие самопроизвольное па-

ление деталей с приспособления. Вручную допускается устанавливать приспособление массой не более 16 кг. При этом должны быть обеспечены безопасная установка и снятие его со станка. Приспособления массой более 16 кг должны иметь устройства (рым-болты, цапфы, отверстия и т. д.), обеспечивающие надежный захват их грузоподъемными устройствами. При массе обрабатываемой детали более 12 кг должны использоваться грузоподъемные устройства, а также предусматриваться специальные площадки для предварительной ее установки с последующим перемещением в рабочую зону.

Особое внимание следует уделять исключению возможности раскрепления детали во время обработки из-за отказа силового привода, падения давления в пневмосети, отключения электроэнергии. С этой целью применяются самотормозящие механизмы, предохранительные устройства, исключающие возвратное движение зажимного элемента. В случае невозможности применения таких устройств следует защищать рабочую зону приспособления специальным экраном. Опорные поверхности нужно располагать против сил резания. Усилия зажимных устройств требуется направить на опорные поверхности.

Гидравлические и пневматические устройства должны быть испытаны под давлением, в 1,5 раза превышающем номинальное, с выдержкой не меньше 5 мин. Гидро- и пневмосистема должна иметь паспорт, в котором указываются результаты испытаний и допускаемые сроки эксплуатации. Пневмо- и гидропривод не должны загрязнять окружающую среду. Следует избегать выброса отработавшего сжатого воздуха в сторону рабочего, так как он может увлекать за собой частицы образива и стружки и быть причиной травмы. Пневмо- и гидропривод должны быть оборудованы устройствами для контроля давления воздуха или масла и иметь опломбированные элементы, разрегулирование которых может создать аварийную ситуацию.

При применении магнитных приспособлений необходимо обеспечить надежную защиту их от влаги и заземления. Эти приспособления должны иметь силу притяжения не ниже указанной в технических требованиях.

При использовании электропривода должно быть исключено самопроизвольное включение, токоведущие части требуется надежно изолировать, предусмотреть средства световой сигнализации и аварийного отключения, вводный выключатель всей системы от питающей сети, необходимые блокировки, проверить электросистему на надежность изоляции и заземления.

Уровень вибрации и шума, создаваемый приспособлением, не должен превышать допустимые санитарные нормы.

Категорически запрещается выполнение наладочных и ремонтных работ на приспособлении во время работы станка.

Особое внимание нужно уделять защите вращающихся частей приспособления и станка от попадания на них одежды рабочего.

Подробно требования к технике безопасности станочных приспособлений изложены в ГОСТ 12.2.029—88.

Глава V

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Особенности проектирования приспособлений для агрегатных станков и автоматических линий

Принципиальных отличий в методике проектирования приспособлений для агрегатных станков и автоматических линий не имеется. Вместе с тем к таким приспособлениям предъявляется ряд требований, обусловленных специфическими условиями эксплуатации агрегатных станков и автоматических линий.

Как правило, агрегатные станки и автоматические линии предназначены для обработки одной или нескольких деталей на весь период их эксплуатации и практически не переналаживаются. При этом работа оператора сводится в большинстве случаев к наблюдению за работой станка или линии, поэтому в приспособлениях должна полностью быть механизирована уборка стружки и смазка трущихся поверхностей. Управление приспособлением практически входит в схему управления станком. В некоторых случаях конструктивные элементы приспособления объединяются с элементами станка. Обязательным является обеспечение надежности, долговечности и износостойкости приспособления, кратных средним и капитальным ремонтам станка или автоматической линии.

Большое внимание уделяется применению в приспособлениях к агрегатным станкам и автоматическим линиям блокировочных устройств, предотвращающих возможность попадания заготовок с завышенными припусками, неправильной установки заготовки, раскрепления ее при отказе силового привода.

Одной из особенностей применения приспособлений в автоматических линиях является применение спутников. Они представляют собой автономные приспособления, в которые закрепляется деталь на весь период ее обработки в линии. Спутник снабжается элементами для фиксации и закрепления на отдельных операциях. Особенностью базирования и закрепления детали на спутнике является то, что необходимо учесть условия обработки на всех операциях, через которые проходит деталь со спутником.

При применении беспутниковых линий возникает проблема сохранения баз, для чего на деталях предусматривают специальные технологические базы (платики, отверстия). В случае

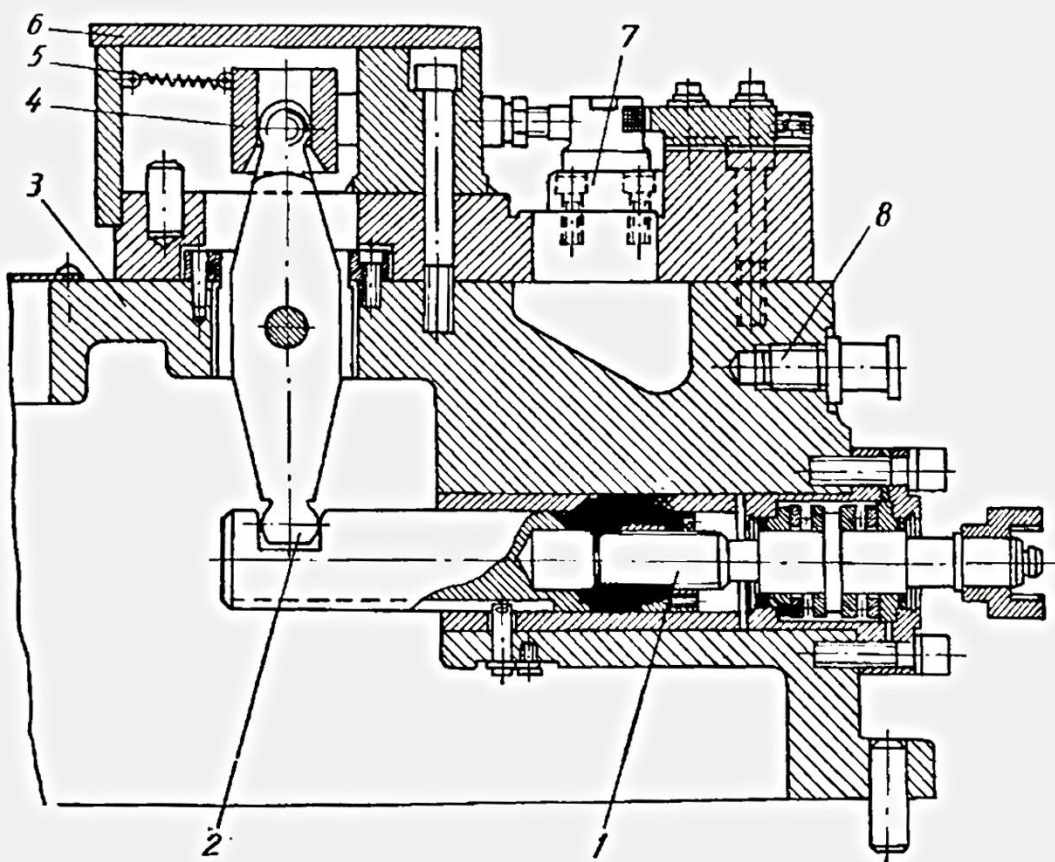
невозможности их сохранения на всех операциях требуется тщательный анализ погрешностей обработки, связанных с переменной баз.

Кроме того, приспособления к агрегатным станкам и автоматическим линиям должны обеспечивать точное базирование и надежное закрепление заготовки в тяжелых условиях многоинструментальной обработки, компактность конструкции, максимальную механизацию загрузки и выгрузки, высокую степень быстродействия, удобство монтажа и демонтажа приспособления при ремонте и переналадке станка.

Эти требования приводят к несколько повышенной металлоемкости корпусных деталей и сложности конструкций приспособлений к агрегатным станкам и автоматическим линиям.

В зависимости от способа закрепления и перемещения обрабатываемой заготовки в агрегатных станках применяются следующие типы приспособлений: стационарные (неподвижные); многопозиционные приспособления на поворотном делительном столе с вертикальной осью вращения; многопозиционные приспособления на поворотном делительном столе с горизонтальной осью вращения.

Для стационарных приспособлений в качестве привода наиболее широко применяется пневмопривод, для многопозиционных — гидравлический или электромеханический привод. Элек-

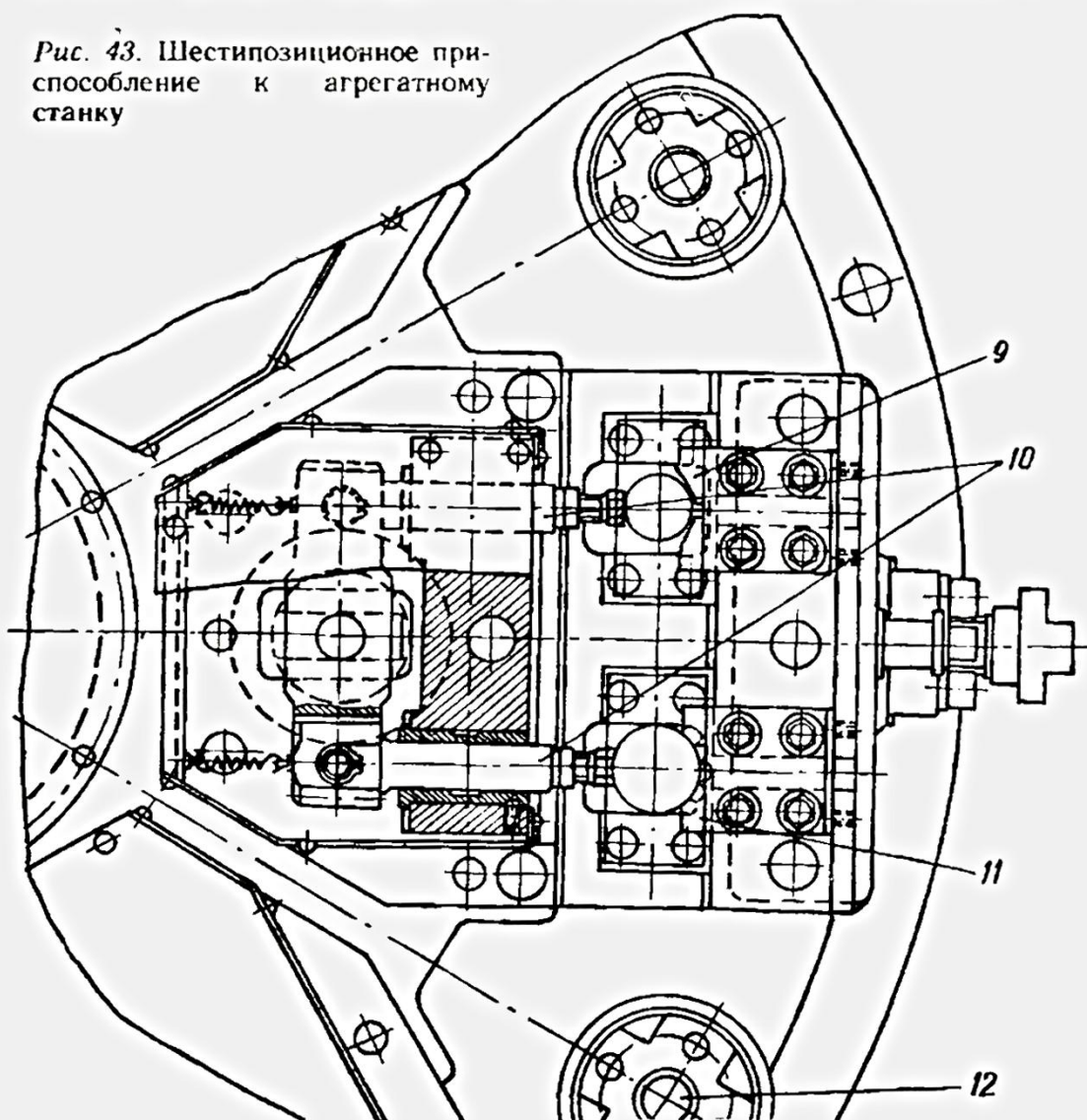


троемеханический ключ имеет наибольшее применение в качестве силового привода многопозиционных приспособлений на поворотно-делительных барабанах с горизонтальной осью вращения в приспособлениях-спутниках.

На рис. 43 представлено шестипозиционное приспособление на поворотном столе с вертикальной осью вращения. Оно предназначено для обработки двух типоразмеров несущей планки амортизатора автомобиля. Детали базируются в приспособлении нижней плоскостью фланца и наружным диаметром бобышки. Обработка производится на десятишпиндельном агрегатном вертикальном одностоечном станке. В деталях производятся сверление и зенкерование центрального ступенчатого отверстия, нарезание резьбы в нижней ступеньке и цекование торца бобышки.

Приспособление состоит из корпуса 3, на котором размещены шесть позиций для установки и зажима обрабатываемых деталей. Деталь базируется на плоских опорных планках 7

Рис. 43. Шестипозиционное приспособление к агрегатному станку



и регулируемых призмах 9 и 11 с рифлеными опорными поверхностями. Зажим детали производится электромеханическим ключом через винтовой зажим 1, рычаг 2, коромысло 4 и толкатели 10. Стойки 12 служат для фиксации кондукторной плиты. Для отвода толкателей 10 при разжиге детали применены пружины 5. Центральная часть корпуса закрыта крышкой 6, предохраняющей механизм зажима от попадания стружки. Для ее смыва предусмотрены в корпусе литые уклоны. Грузовой винт 8 служит для транспортировки приспособления.

При обработке детали устанавливаются на опорные планки 7 и ориентируются наружными поверхностями бобышек в призмах 9 и 11. При этом толкатели 10 оттянуты назад пружинами 5. Для закрепления детали вводят в зацепление с полумуфтой винтового зажима 1 электромеханический ключ (на рисунке не показан). Винтовой зажим через рычаг 2 и коромысло 4 перемещает толкатели 10, обеспечивая устойчивое закрепление деталей во время обработки.

Раскрепляются обрабатываемые детали вращением винта винтового зажима 1 в обратную сторону.

Проектирование приспособлений для групповой обработки

Проектирование данного приспособления следует начинать с тщательной классификации и группирования обрабатываемых деталей и заготовок. При этом основное внимание следует обращать на те элементы деталей и заготовок, которые определяют установку и закрепление. Проводится также анализ и определяются сходные признаки по обрабатываемым поверхностям, применяемому инструменту, методу настройки и т. д. В каждом конкретном случае принимается решение о возможности группирования деталей.

Однако во всех случаях из приспособления выделяется «базовая» часть, которая остается постоянной для всех случаев обработки деталей. В зависимости от особенностей обрабатываемых деталей на эту часть приспособления проектируются сменные элементы для базирования и зажима детали, направления инструмента и т. д.

Необходимым условием является применение таких конструкций, которые обеспечивали бы быструю и легкую переналадку с одной детали на другую. Вместе с тем при проектировании групповых приспособлений из-за увеличения количества сопрягаемых поверхностей на базирующих элементах необходим тщательный анализ обеспечиваемой точности. Как правило, приспособления для групповой обработки (рис. 44) требуют повышенной точности изготовления элементов, определяющих базирование деталей.

Приспособление для групповой обработки зубчатого венца шестерен состоит из корпуса 1, в котором закреплена оправка 2 с гайкой 6 для зажима. Для центрирования обрабатываемых

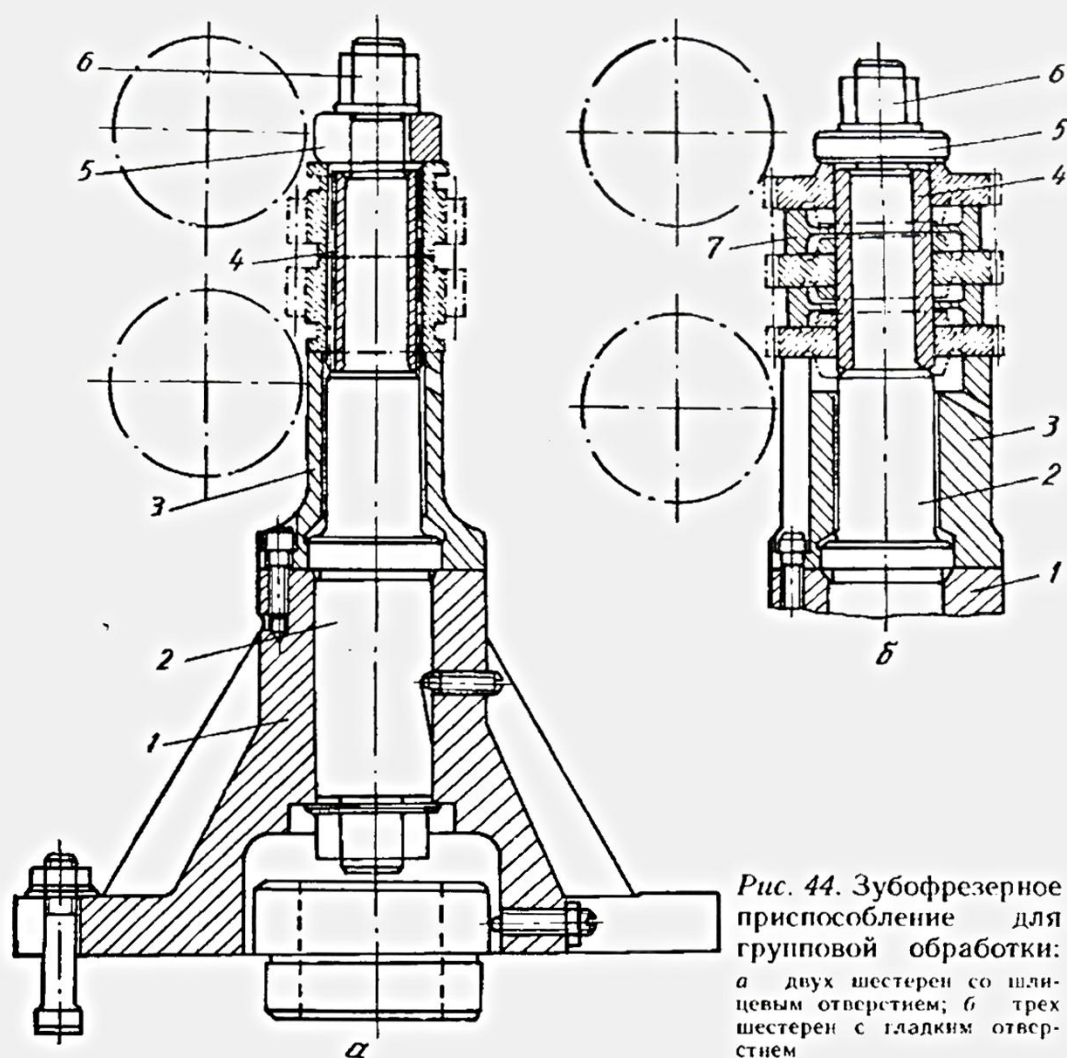


Рис. 44. Зубофрезерное приспособление для групповой обработки:
 а двух шестерен со шлицевым отверстием; б трех шестерен с гладким отверстием

шестерен предусмотрена втулка 4, стакан 3 служит для торцевого упора обрабатываемых шестерен. Для сокращения времени на закрепление служит быстросъемная подкладная шайба 5. На рис. 46, а показана наладка на зубофрезерование двух шестерен со шлицевым отверстием, на рис. 46, б — трех шестерен с гладким отверстием. Переналадка с обработки одного вида шестерен на другой заключается в замене опорного стакана 3, центрирующей втулки 4 и подкладной шайбы 5. При проектировании приспособления необходимо предусмотреть такое расположение шестерен по высоте, чтобы хотя бы одно крайнее положение червячной фрезы для различных шестерен было постоянным с целью сокращения переналадок на регулировку положения фрезы. Кроме того, для закрепления шестерен с гладким отверстием с базированием по торцу венца требуются промежуточные опорные шайбы 7.

Модернизация приспособлений

Модернизация базовых конструкций приспособлений производится в случаях необеспечения: требуемой производительности с учетом изменения годовой программы; точности обработки на данной операции; удобства обслуживания, загрузки и снятия деталей, удаления стружки; существующих нормативов допустимых физических усилий для установки и снятия деталей, зажима.

Модернизация может производиться и в ряде других случаев, когда в результате анализа эксплуатации, изготовления, ремонта приспособления выявлена и необходимость усовершенствования его конструкции без принципиального изменения самой схемы.

При использовании обычных приспособлений до 50 % времени работы за смену рабочий затрачивает на вспомогательную работу: установку и закрепление деталей, управление станком, контроль в процессе обработки, снятие деталей, удаление стружки. В связи с этим становится целесообразной модернизация базовых конструкций приспособлений с целью сокращения вспомогательного времени работы. Для этого рекомендуется использование:

- автоматизированных загрузочных устройств для подачи деталей в рабочую зону приспособления (например, автоматизированного приспособления к вертикально-сверлильному станку для деталей типа вал);

- многоместных приспособлений взамен одностольных (например, многоместных зубофрезерных приспособлений);

- комбинированных приспособлений, сочетающих автоматизацию загрузки с одновременной обработкой нескольких деталей (к примеру, зубофрезерных приспособлений);

- приспособлений и устройств для очистки от стружки опорных и базовых поверхностей, карманов, отверстий под последующую обработку;

- гидропривода высокого давления, пневмогидропривода многократного действия (например, пневмогидростанции);

- автоматических устройств смазки, периодически срабатывающих от подвижных элементов приспособления;

- автоматических патронов для крепления инструмента и т. д.

Необходимо отметить, что путей совершенствования конструкций очень много, и в каждом конкретном случае, прежде чем приступить к модернизации, следует провести всесторонний анализ намечаемых ее путей. К предлагаемым решениям должны быть приложены технико-экономические обоснования, учтены условия изготовления, эксплуатации, обслуживания и т. п. Наиболее распространенным предложением по модернизации приспособлений является замена ручных зажимных устройств на механизированные. Однако такая модернизация целесообразна только в случае, если велико время, затрачиваемое на закрепление и раскрепление детали. Если же на данном

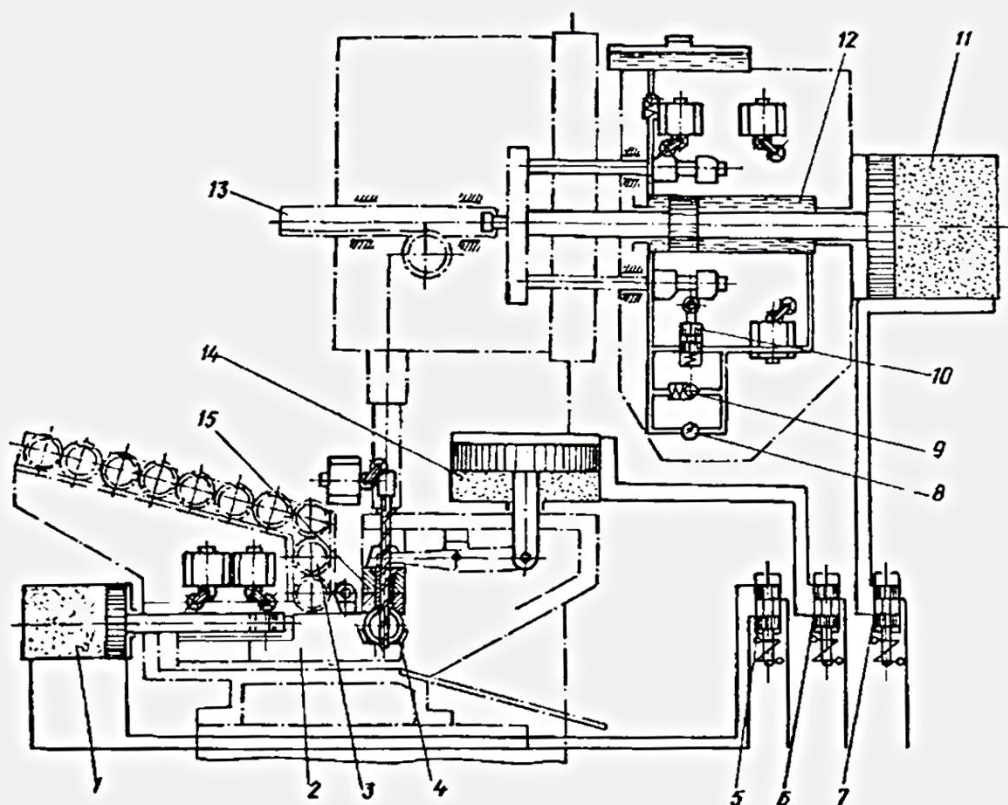


Рис. 45. Автоматизированное приспособление к вертикально-сверлильному станку

приспособления более трудоемкими являются установка и снятие детали, целесообразнее модернизировать приспособления по механизации загрузки или предусмотреть выталкивание деталей из рабочей зоны.

Наряду с этим при улучшении условий труда, обеспечении техники безопасности любая модернизация оправдана, если даже в некоторых случаях существующими методиками расчета она не будет экономически обоснованна.

На рис. 45 представлена схема автоматизированного приспособления к вертикально-сверлильному станку для сверления отверстий в деталях типа вал. Производительность — 60 деталей в час, диаметр обрабатываемого отверстия — 12 мм.

Цикл работы приспособления следующий: подача детали, ее закрепление, подвод инструмента, рабочая подача, отвод инструмента, раскрепление детали. В исходном положении все электромагниты золотников обесточены. Поршень пневмоцилиндра 1 подачи детали с траверсой 2 находятся в крайнем левом положении; деталь, поступившая из бункера 3 на траверсу 2, удерживается двумя подпружиненными упорами 4. При нажатии кнопки «Пуск» включается электродвигатель вращения шпинделя и подается ток в электромагнит 5 золотника пневмоцилиндра 1 подачи детали. Сжатый воздух поступает в левую

полость пневмоцилиндра 1, и траверса 2 с деталью перемещается в рабочее положение.

Когда траверса 2 перемещается в крайнее правое положение, включается электромагнит золотника пневмоцилиндра 14 закрепления детали. Начинается подача сжатого воздуха в нижнюю полость пневмоцилиндра 14, и деталь зажимается призмой 15, закрепленной на подвижной кондукторной плите. При опускании кондукторной плиты перемещается электромагнит 7 золотника пневмоцилиндра подачи шпинделя, после чего подается сжатый воздух в правую полость пневмоцилиндра 11, шток которого через рейку 13 и зубчатое колесо связан с пинолью станка.

Для регулирования скорости подачи шпинделя шток пневмоцилиндра 11 соединен с поршнем гидроцилиндра 12. Рабочая подача шпинделя регулируется дросселем 8, определяющим скорость переливания масла из левой полости гидроцилиндра 12 в правую.

Ускоренный подвод шпинделя включается золотником 10, соединяющим обе полости гидроцилиндра параллельно дросселю 8. Рабочая подача шпинделя происходит при закрытом золотнике 10. После окончания сверления обесточивается электромагнит 7 золотника пневмоцилиндра 11 подачи шпинделя. После подачи воздуха в левую полость пневмоцилиндра 11 следует ускоренный отвод шпинделя, для чего имеется обратный клапан 9.

Для компенсации утечек масла предусмотрен бачок, подсоединяемый к гидроцилиндру через обратный клапан. В конце обратного хода шпинделя электромагниты золотников 5 и 6 пневмоцилиндров 1 и 14 обесточиваются, деталь разжимается, а траверса 2 возвращается в исходное положение. При возврате траверсы деталь упирается в отсекающий и сбрасывается в лоток. Когда траверса 2 достигает крайнего левого положения, дается импульс на подачу тока в электромагнит золотника 5 пневмоцилиндра 1 подачи детали, после чего включается подача траверсы вправо с новой деталью. Цикл повторяется.

При нажатии кнопки «Стоп» выключается электродвигатель вращения шпинделя и обесточивается электромагнит золотника пневмоцилиндра подачи шпинделя. Таким образом, сначала отходит инструмент, затем разжимается деталь и отводится траверса.

Предусмотрена такая блокировка, когда последующее рабочее движение цикла не может начаться, если не закончилось предыдущее или если обрабатываемая деталь заняла ненормальное положение (перекос детали и т. д.).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I. Основные принципы проектирования станочных приспособлений	3
Глава II. Материалы деталей станочных приспособлений	33
Глава III. Термическая, химико-термическая и упрочняющая обработка деталей станочных приспособлений	61
Глава IV. Шероховатость поверхностей деталей станочных приспособлений	73
Глава V. Допуски и посадки деталей станочных приспособлений	81
Глава VI. Отклонения формы и расположения поверхностей деталей станочных приспособлений	91
Глава VII. Покрyтия деталей станочных приспособлений	107
Глава VIII. Размерные цепи	111
Глава IX. Технологичность конструкций	122
Глава X. Расчет приспособлений на точность	151
Глава XI. Силовые механизмы станочных приспособлений	198
Глава XII. Приводы станочных приспособлений	313
Глава XIII. Смазка механизмов приспособлений	375
Глава XIV. Мероприятия по эргономике и охране труда при использовании приспособлений	385
Глава XV. Проектирование специальных станочных приспособлений	392

Справочное издание

Антоноч Владимир Евгеньевич

Маслов Андрей Руффович

КОНСТРУКТОРУ

СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Редактор Т. С. Кашкан

Художественный редактор А. И. Инкин

Технический редактор Л. Л. Мастерова

Корректоры Л. Ф. Лихадиевская, И. А. Малиновская

ИБ № 3893

Сдано в набор 10.11.94. Подп. в печ. 02.10.95. Формат 84x108 1/12. Бумага тип. №1.

Гарнитура литературная. Высокая печать с ФПФ. Усл. печ. л. 21,0. Усл. кр.-отт. 21,0. Уч.-изд.

л. 20,44. Тираж 1000 экз. Заказ 3052. Цена договорная.

Ордена Дружбы народов изд-во «Беларусь» Госкомитета Республики Беларусь

по печати. 220600, Минск, пр-т Машерова, 11

Минский орденa полиграфкомбинат им. Я. Коласа, 220006, Минск, Красная, 23