



Министерство образования и науки РФ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Рыбинская государственная авиационная
технологическая академия имени П. А. Соловьёва»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ
СТАНОЧНЫХ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В КУРСОВЫХ И ДИПЛОМНЫХ
ПРОЕКТАХ**

Учебное пособие

Аверьянов И. Н.
Болотеин А. Н.
Прокофьев М. А.

РЫБИНСК 2010

И. Н. Аверьянов, А. Н. Болотеин, М. А. Прокофьев

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ
СТАНОЧНЫХ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В КУРСОВЫХ И ДИПЛОМНЫХ
ПРОЕКТАХ**

Учебное пособие

РЫБИНСК 2010

УДК 621.9.06-229 (07)

П79

Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах : учеб. пособие / И. Н. Аверьянов, А. Н. Болотеин, М. А. Прокофьев ; – Рыбинск : РГАТА, 2010. – 220 с. ил.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальностям: 151001 – Технология машиностроения (очной, очно-заочной и заочной формы обучения), 150900 – Технология, оборудование и автоматизация машиностроительного производства, 151002 – Металлообрабатывающие станки и комплексы, 160301 – Авиационные двигатели и энергетические установки. В нем рассматриваются учебные методики проектирования и расчета станочных и контрольно-измерительных приспособлений, которые рекомендуется использовать при выполнении соответствующих разделов курсовых и дипломных проектов по указанным специальностям.

© Аверьянов И. Н.,
Болотеин А. Н.,
Прокофьев М.А., 2010
© РГАТА, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
Основные понятия и определения.....	7
1. Общие сведения о технологической оснастке и её разновидностях	9
1.1. Технологическая оснастка, её роль в современном производст- ве, классификация и области применения.....	9
1.2. Станочные приспособления, их классификация и требования, предъявляемые к конструкции	10
1.3. Контрольно-измерительные приспособления, их классификация и требования, предъявляемые к конструкции.....	14
1.4. Общие методики проектирования приспособлений	19
1.4.1. Методика проектирования станочных приспособлений	19
1.4.2. Методика проектирования контрольно-измерительных при- способлений	21
2. Проектирование и расчет станочных приспособлений	24
2.1. Подготовка исходных данных для проектирования	24
2.2. Разработка компоновки станочного приспособления.....	26
2.3. Расчет требуемой силы закрепления.....	38
2.4. Выбор и расчет зажимных устройств и силовых приводов	52
2.5. Расчет станочного приспособления на точность.....	62
2.5.1. Суммарная погрешность изготовления детали.....	62
2.5.2. Погрешность обработки и её определение.....	64
2.5.3. Погрешность настройки и её определение.....	67
2.5.4. Погрешность положения заготовки в приспособлении и её оп- ределение.....	69
2.5.5. Погрешность несовмещения баз и её определение	70
2.5.6. Погрешность закрепления и её определение	74
2.5.7. Погрешность износа и её определение	76
2.5.8. Погрешность изготовления приспособления и её определение	80
2.5.9. Погрешность от смещения инструмента и её определение.....	84
2.5.10. Погрешность установки на станке и её определение.....	85
2.5.11. Методики выполнения точностных расчетов приспособлений....	87
2.6. Разработка конструкции корпуса приспособления	90
2.7. Расчет деталей приспособления на прочность	97
2.8. Принцип работы спроектированного приспособления.....	99
2.9. Пример разработки конструкции и расчета специального ста- ночного приспособления	100

3. Проектирование и расчет контрольно-измерительных приспособлений.....	128
3.1. Подготовка исходных данных для проектирования	128
3.2. Выбор или разработка принципиальной схемы контроля.....	130
3.3. Выбор элементов конструкции КИП	135
3.3.1. Установочные элементы КИП	135
3.3.2. Зажимные элементы КИП	137
3.3.3. Передаточные элементы КИП	138
3.4. Выбор средства измерения.....	140
3.5. Выбор вспомогательных устройств	146
3.6. Разработка компоновки КИП.....	150
3.7. Расчет на точность контрольного приспособления.....	152
3.7.1. Суммарная погрешность измерения и её составляющие	152
3.7.2. Погрешность из-за неточности установочных элементов и их расположения на корпусе КИП при сборке	153
3.7.3. Расчет погрешности передаточных устройств.....	154
3.7.4. Погрешность, вызванная неточностью изготовления устано- вочных мер и эталонных деталей	160
3.7.5. Погрешность средства измерения	160
3.7.6. Расчет погрешности несовмещения баз	161
3.7.7. Погрешность, зависящая от измерительной силы.....	163
3.7.8. Погрешность закрепления.....	164
3.7.9. Пример расчета на точность КИП.....	165
3.8. Принцип работы спроектированного КИП	170
4. Требования и рекомендации по выполнению сборочных чертежей станочных и контрольных приспособлений	171
4.1. Общие требования к сборочным чертежам станочных и кон- трольных приспособлений.	171
4.2. Рекомендации по выполнению сборочных чертежей станочных приспособлений.....	174
4.3. Рекомендации по выполнению сборочных чертежей контроль- ных приспособлений.....	177
4.4. Наиболее часто встречающиеся ошибки в конструкции и сбо- рочных чертежах станочных и контрольных приспособлений	179
Библиографический список	183
Приложение А – Допуски размеров по ЕСДП	188
Приложение Б – Обозначение допусков формы и расположения поверхностей	189
Приложение В – Предпочтительные посадки и их применение.....	190

Приложение Г – Рекомендуемые посадки в конструкции приспособлений.....	191
Приложение Д – Примеры обозначения некоторых посадок в соединениях деталей приспособлений.....	193
Приложение Е – Силы, действующие на заготовку в процессе обработки.....	194
Приложение Ж – Обозначение основных элементов на принципиальных схемах	198
Приложение З – Характеристики тарельчатых пружин для разжимных оправок	201
Приложение И – Параметры пневмо- и гидроцилиндров.....	202
Приложение К – Параметры диафрагменных пневматических камер	203
Приложение Л – Рекомендуемые технические требования к приспособлениям	204
Приложение М – Чертеж детали «Крышка специальная».....	208
Приложение Н – Пример выполнения первого листа сборочного чертежа станочного приспособления	209
Приложение О – Пример выполнения второго листа сборочного чертежа станочного приспособления	210
Приложение П – Пример выполнения первого листа спецификации станочного приспособления	211
Приложение Р – Пример выполнения второго листа спецификации станочного приспособления	212
Приложение С – Указатель стандартов на основные детали и элементы приспособлений	213
Приложение Т – Конструкция и размеры штативов индикаторных и элементов для установки индикаторов	216
Приложение У – Размерные параметры столов контрольно-измерительных приспособлений	217

ВВЕДЕНИЕ

Без применения технологической оснастки в производстве обойтись практически невозможно. Так при выполнении абсолютно любой технологической операции требуется использовать различную оснастку, например: приспособления, вспомогательные инструменты, транспортную и загрузочную оснастку и др. Причем это относится как к единичному, так и к серийному производству. Наиболее широко используемая разновидность оснастки – станочные приспособления. Их назначение состоит в базировании и закреплении заготовок на станках.

Аналогично обстоят дела с контрольными операциями, которые лишь изредка могут обходиться без специальных приспособлений, однако если требуется контролировать размеры и форму деталей сложного контура, расположение или биение поверхностей, то их применение становится обязательным. Часто могут использовать приспособление единой конструкции для контроля сразу нескольких параметров, тогда их называют универсальными или многомерными.

Проектирование любого станочного и контрольно-измерительного приспособления характеризуется большим объемом работы, в особенности это касается проектно-конструкторских расчетов. Работы по проектированию оснастки обычно включают анализ ее служебного назначения и имеющихся требований к технологическим операциям, разработку принципиальной схемы (компоновки) приспособления, силовые расчеты и расчеты на точность, выбор силового привода и определение его параметров, технико-экономическое обоснование спроектированного приспособления и его модернизации при изменении номенклатуры выпускаемой продукции. Оптимальная конструкция приспособления позволяет получить требуемую точность обработки заготовки при высокой производительности процесса, обеспечивая безопасности работы и снижение утомляемости рабочего.

В данном учебном пособии предпринята попытка обобщения и формализации имеющихся методик по расчету и проектированию станочных и контрольно-измерительных приспособлений. Рассматриваются все этапы проектирования с подробными пояснениями, рекомендациями, примерами выполнения и большим количеством справочного материала. Целью пособия является приобретение студентами навыков в области проектирования станочных и контрольно-измерительных приспособлений, различного целевого назначения, для реализации технологических процессов производства изделий авиационного и общего машиностроения.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Базирование – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Зажим станочного приспособления – механизм станочного приспособления, предназначенный для закрепления заготовки.

Закрепление – приложение сил или пар сил к заготовке или изделию для обеспечения постоянства их положения, достигнутого при базировании.

Измерение – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Измерительная база – база, используемая для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения.

Контроль – проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям.

Контрольно-измерительное приспособление (КИП) – это специальное производственное средство измерения и контроля, представляющее собой конструктивное сочетание базирующих, зажимных и измерительных устройств.

Корпус станочного приспособления – основная часть станочного приспособления с базами для его установки на станок.

Многоместное станочное приспособление – станочное приспособление для одновременной установки нескольких заготовок.

Многопозиционное станочное приспособление – станочное приспособление, заготовку в котором обрабатывают на данной операции с изменением позиции.

Наладка – подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции.

Направляющая часть станочного приспособления – составная часть приспособления, предназначенная для уменьшения упругих перемещений режущего инструмента или придания ему определенного положения относительно заготовки при обработке.

Обрабатываемая поверхность – поверхность, подлежащая воздействию в процессе обработки.

Одноместное станочное приспособление – станочное приспособление для одной заготовки.

Однопозиционное станочное приспособление – станочное приспособление, заготовку в котором обрабатывают на данной операции без изменения позиции.

Опора станочного приспособления – составная часть станочного приспособления с несущими поверхностями, которые сопрягаются с базами установленной заготовки.

Погрешность базирования – отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при базировании от требуемого положения.

Погрешность измерения – отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Погрешность установки – отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при установке от требуемого положения.

Привод станочного приспособления – составная часть приспособления для энергетического обеспечения его работы.

Силовой привод – это устройство или совокупность устройств, преобразующих пневматическую, гидравлическую или электрическую энергию в движение механизмов.

Специализированное станочное приспособление – станочное приспособление для установки однотипных заготовок.

Специальное станочное приспособление – станочное приспособление для установки заготовок одного типоразмера.

Средство измерений – техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства.

Средство контроля – техническое устройство, вещество и (или) материал для проведения контроля.

Станочное приспособление – приспособление, применяемое на металлорежущем и (или) деревообрабатывающем станке.

Технологическая база – поверхность, сочетание поверхностей, ось или точка, используемые для определения положения предмета труда (заготовки, изделия) в процессе изготовления.

Технологическая операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда (заготовки, изделия).

Универсальное станочное приспособление – станочное приспособление для установки заготовок различной конструкции в установленном диапазоне размеров.

Установка – базирование и закрепление заготовки или изделия.

1. Общие сведения о технологической оснастке и её разновидностях

1.1. Технологическая оснастка, её роль в современном производстве, классификация и области применения

Технологическая оснастка – это устройства или механизмы, которые дополняют технологическое оборудование и служат для обеспечения безопасности труда рабочего и повышения производительности выполнения операции. Она представляет собой совокупность режущего, измерительного инструмента и приспособлений, используемых для базирования, закрепления и контроля обрабатываемых деталей на различном технологическом оборудовании: металлообрабатывающих станках, прессах, измерительных машинах и др. В зависимости от типа производства и назначения технологического оборудования различается и его оснастка. В массовом производстве приоритетным является применение специальной неразборной и безналадочной оснастки; в серийном производстве – специализированной и унифицированной оснастки, имеющей возможность многовариантного и многоразового использования её деталей и сборочных единиц; в единичном производстве – специальной неразборной и универсально-наладочной оснастки.

Основной разновидностью технологической оснастки являются различные приспособления. Их разделяют на несколько групп в зависимости от целевого назначения: станочные приспособления применяются для установки заготовок на станках; приспособления для установки режущих инструментов; сборочные приспособления для обеспечения правильного взаимного положения деталей и сборочных единиц на сборочных операциях; контрольные приспособления для проверки точности заготовок, промежуточного и окончательного контроля деталей, проверки сборочных единиц и машин (испытательные и контрольно-измерительные стенды); транспортно-кантовальные приспособления для захвата, перемещения, перевертывания обрабатываемых заготовок и собираемых изделий, применяемые в автоматизированном производстве.

Использование приспособлений способствует повышению точности и производительности обработки и сборки изделий, производительности контроля деталей; обеспечивает механизацию и автоматизацию технологических процессов, снижение квалификации работ, расширение технологических возможностей оборудования и повышение безопасности работ.

Заимствование известных технических решений при создании оснастки – *основной принцип* при оснащении приспособлениями технологии изготовления изделия. Это обусловлено высоким удельным весом затрат, связанных с технологическим оснащением, в себестоимости продукции, поскольку проектирование и производство оснастки носит индивидуальный характер и зависит от конкретных конструктивно-технологических параметров каждого обрабатываемого изделия.

Частая смена объектов производства, связанная с нарастанием темпов технического прогресса, требует создания конструкций приспособлений, методов их расчета, проектирования и изготовления, обеспечивающих неуклонное сокращение сроков подготовки производства.

Затраты на изготовление технологической оснастки составляют 15 – 20 % от затрат на оборудование для технологического процесса обработки деталей машин или 10 – 24 % от стоимости машины. Станочные приспособления занимают наибольший удельный вес по стоимости и трудоемкости изготовления в общем количестве различных типов технологической оснастки.

За последнее время на передовых машиностроительных заводах проведена большая работа по механизации и автоматизации приспособлений, а также по стандартизации и нормализации отдельных деталей и узлов приспособлений.

1.2. Станочные приспособления, их классификация и требования, предъявляемые к конструкции

Приспособление, которое входит в состав обрабатывающей технологической системы называют станочным приспособлением. Станочные приспособления предназначены главным образом для установки объекта, в качестве которого выступает заготовка при выполнении операции механической обработки на станке. Станочные приспособления составляют значительную часть парка приспособлений в современном механосборочном производстве. За счет использования станочных приспособлений при обработке деталей исключается разметка заготовок и выверка их при установке на станках, повышается производительность труда, расширяются технологические возможности оборудования, снижается себестоимость продукции, улучшаются условия и безопасность труда рабочего, появляются возможности к созданию многостаночного обслуживания и применения технически обоснованных норм времени. Ориентирование загото-

вок и деталей осуществляется автоматически за счет контактирования их базовых поверхностей с установочными элементами приспособлений. При этом обеспечиваются заданные размеры, повышается точность обработки, устраняются погрешности, связанные с разметкой и выверкой заготовок.

Применяя приспособления, можно сократить основное технологическое время за счет совмещения обработки нескольких заготовок и различных поверхностей одной заготовки, увеличения числа одновременно работающих инструментов, повышения параметров режима обработки. Также сокращается вспомогательное время за счет автоматической ориентации заготовок, сокращения времени на их закрепление, совмещения вспомогательного времени с основным, исключения затрат времени на проверку положения заготовок при установке, использования в конструкциях быстродействующих ручных, механизированных, автоматизированных и многократных зажимных устройств, автоматических загрузочных устройств, поворотных устройств и др.

От качества приспособления в значительной степени зависит эффективность технологических процессов изготовления деталей. Жесткость приспособления влияет на жесткость всей технологической системы. Какой бы ни была жесткость других элементов технологической системы, жесткость самой технологической системы не будет превышать жесткость приспособления.

Используя приспособления, на типовом металлорежущем оборудовании можно изготавливать детали из труднообрабатываемых конструкционных материалов. С помощью приспособлений, расширяющих технологические возможности станков, можно осуществлять: крепление инструментов, использование которых на данном станке не предусмотрено; обеспечить дополнительные перемещения обрабатываемой заготовки и инструмента. При этом возможно крепление заготовок и инструментов на не предназначенных для этих целей поверхностях станка, повышается точность положения и перемещения инструмента, становятся возможными виды обработки, для которых данный станок не предназначен.

Ввиду многообразия технологических процессов, конструктивных форм и размеров изготавливаемых деталей, типов станков и других факторов номенклатура применяемых приспособлений весьма разнообразна. Несмотря на большие различия в конструктивном оформлении, приспособления имеют практически одинаковую структуру, куда входят различные элементы, механизмы и детали.

Установочные элементы (опоры) служат для ориентации заготовки в пространстве и их базирования при обработке.

Зажимные элементы и устройства приспособлений предназначены для обеспечения надежного контакта базовых поверхностей заготовок с установочными элементами приспособлений и предупреждения смещения заготовки при обработке.

Силовые приводы приспособлений обеспечивают воздействие зажимных элементов на закрепляемую заготовку с заданной силой и в определенном направлении.

Элементы для определения положения и направления инструментов служат для постановки обрабатывающего инструмента в требуемое положение (высотные и угловые установи); направления сверл, зенкеров, разверток, дорнов, расточных борштанг и другого инструмента (кондукторные втулки); обеспечения заданной кинематики перемещения инструмента (копиры). Указанные элементы должны иметь повышенные точность и качество отделки, высокую износостойкость.

Корпусы приспособлений являются базовыми наиболее ответственными элементами приспособлений, с помощью которых все детали и устройства приспособлений объединяются в единое целое.

Вспомогательные устройства и элементы служат для расширения технологических возможностей, повышения быстродействия приспособлений, удобства управления ими и их обслуживания. К вспомогательным относятся поворотные и делительные устройства с дисками и фиксаторами; различные выталкивающие устройства (выталкиватели); быстродействующие защелки и откидные винты для крепления откидных элементов приспособлений (например, шарнирно установленных кондукторных плит); подъемные механизмы и другие.

Технические требования на приспособления вытекают из их служебного назначения. Поскольку приспособление предназначено для базирования объекта, то предъявляются требования, которые можно разделить на три группы: точность установочных элементов приспособления, образующих комплект баз для базирования объекта и комплект баз, которыми устанавливается само приспособление, точность относительного положения комплектов баз, точность положения направляющих втулок, кинематических элементов и их относительного положения. Приспособление должно иметь необходимую прочность, жесткость, износостойкость и теплостойкость.

Классификация приспособлений имеет большое практическое значение. С помощью классификации решают вопросы типизации, унификации, стандартизации самих приспособлений и их элементов.

Существует большое количество показателей для классификации станочных приспособлений. Наиболее часто станочные приспособления классифицируют по степени специализации (универсальные, специализированные и специальные), по технологическому оборудованию (для токарных, фрезерных, шлифовальных и других станков), по степени механизации и автоматизации (с ручным зажимом, механизированные, автоматизированные, автоматические), по количеству устанавливаемых заготовок (одноместные, многоместные).

Универсальные приспособления выпускаются серийно, причем большинство из них стандартизованы (патроны, тиски, оправки, центра, делительные головки и др.). Их подбирают по каталогам и справочникам, в соответствии с требуемыми характеристиками, и закупают у предприятий изготовителей технологической оснастки. Номенклатуру некоторых универсальных приспособлений можно найти в [7], [12], [24]. Универсальные приспособления применяют в единичном и серийном производстве для установки деталей широкой номенклатуры на различном станочном оборудовании.

Специализированные приспособления используют для базирования и закрепления заготовок, близких по конструктивным признакам и требующих одинаковой обработки. К таким приспособлениям принадлежат приспособления для обработки ступенчатых валиков, втулок, фланцев, дисков, корпусных деталей и др. Данный класс приспособлений применяется в единичном и серийном производствах.

Специальные приспособления используются для установки определенной детали при выполнении операции на определенном станке, поэтому их специально проектируют для каждого конкретного случая и применяют в серийном и массовом производстве.

Указанные типы приспособлений могут быть наладочными и безналадочными.

В особую группу выделяют приспособления многократного применения, которые подразделяются на универсально-сборочные (УСП), сборно-разборные (СРП), универсальные безналадочные (УБП), неразборные специальные (НСП), универсальные наладочные (УНП), специализированные наладочные (СНП), агрегатные средства механизации зажима (АСМЗ) [6], [10].

1.3. Контрольно-измерительные приспособления, их классификация и требования, предъявляемые к конструкции

Современное производство характеризуется все возрастающими требованиями к точности геометрических параметров изготавливаемых деталей. Проверка точности этих параметров требует применения более совершенных средств контроля. Контроль точности выполняется как на промежуточных этапах обработки (операционный контроль), так и на этапе окончательной приемки продукции (окончательный контроль). Многие детали имеют сложную конструктивную форму и малые допуски. Поэтому для их контроля часто применяют контрольно-измерительные приспособления (КИП), которые являются специальными производственными средствами измерения и контроля, представляющие собой конструктивное сочетание базирующих, зажимных и измерительных устройств. Их основное назначение заключается в измерении погрешности геометрических параметров деталей и сборочных единиц при их изготовлении на этапах промежуточного и окончательного контроля.

С помощью КИП проверяют:

- линейные размеры: наружные и внутренние диаметры, высоту, ширину, глубину, выступы, длину различных элементов деталей, которые невозможно либо нецелесообразно измерять предельными калибрами или универсальными измерительными средствами;
- точность формы поверхностей (рис. 1.1);
- точность расположения поверхностей (рис. 1.2);
- параметры зацепления зубчатых колес, резьбовых соединений, фасонных поверхностей и деталей со сложным профилем;

Также с помощью КИП можно:

- выполнять активный контроль размеров заготовок непосредственно при обработке на станках;
- проверять одновременно несколько параметров деталей;
- производить сортировку деталей по точности параметров на группы в пределах заданного допуска;
- настраивать режущий инструмент на заданный размер и осуществлять контроль размеров заготовок при обработке на станках с ЧПУ.

Основными требованиями, предъявляемыми к конструкции КИП, являются следующие: обеспечение оптимальной точности и производительности контрольных операций, удобство в эксплуатации, технологичность в изготовлении, износоустойчивость, экономическая целесообразность.

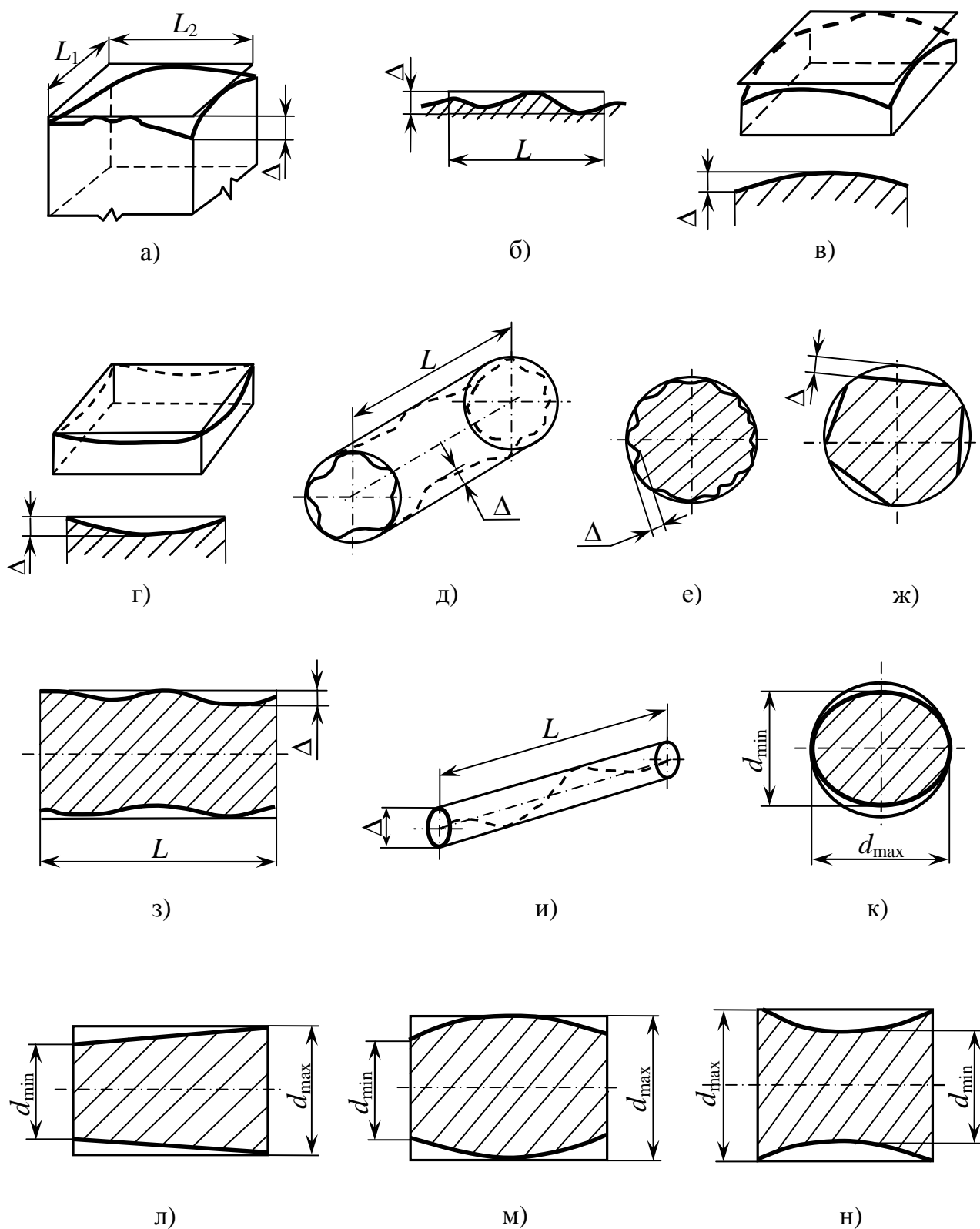


Рис. 1.1. Отклонения формы по ГОСТ 24642–81:

- а) неплоскость; б) непрямолинейность; в) выпуклость;
 г) вогнутость; д) нецилиндричность; е) некруглость; ж) огранка;
 з) непрямолинейность профиля сечения; и) непрямолинейность оси; к) овальность;
 л) конусообразность; м) бочкообразность; н) седлообразность

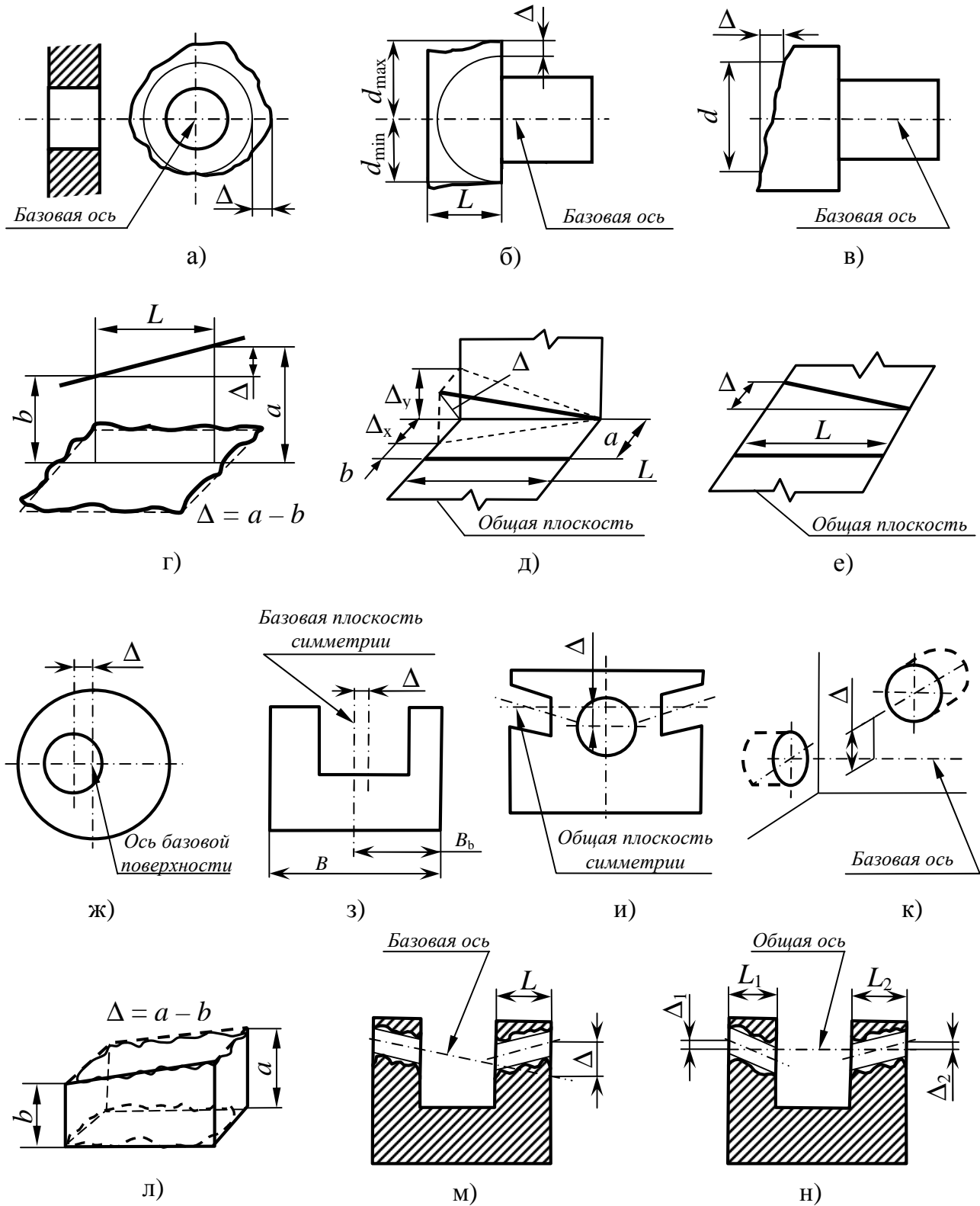


Рис. 1.2. Отклонения расположения по ГОСТ 24642-81:

- а) радиальное биение; б) полное радиальное биение; в) торцевое биение;
 г) непараллельность оси относительно плоскости; д) непараллельность осей или прямых в пространстве; е) перекося осей или прямых; ж) неконцентричность;
 з) несимметричность; и) несимметричность относительно общей плоскости;
 к) пересечение осей; л) непараллельность плоскостей;
 м) несоосность относительно оси базы; н) несоосность относительно общей оси

Единой классификации КИП не существует. На заводах и в технической литературе их принято классифицировать по следующим признакам.

1. По специализации.

Универсальные КИП – используются для контроля заданных параметров заготовок или деталей различной конфигурации в определенном диапазоне размеров.

Специализированные КИП – имеют ограниченную универсальность и используются для контроля параметров однотипных заготовок или деталей, принадлежащих к определенной классификационной группе или классу. При контроле каждого наименования заготовки приспособление переналаживается.

Специальные КИП – используются для контроля параметра или параметров заготовок или деталей одного наименования.

2. По виду контролируемых геометрических параметров заготовок или деталей приспособления можно классифицировать в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.3.

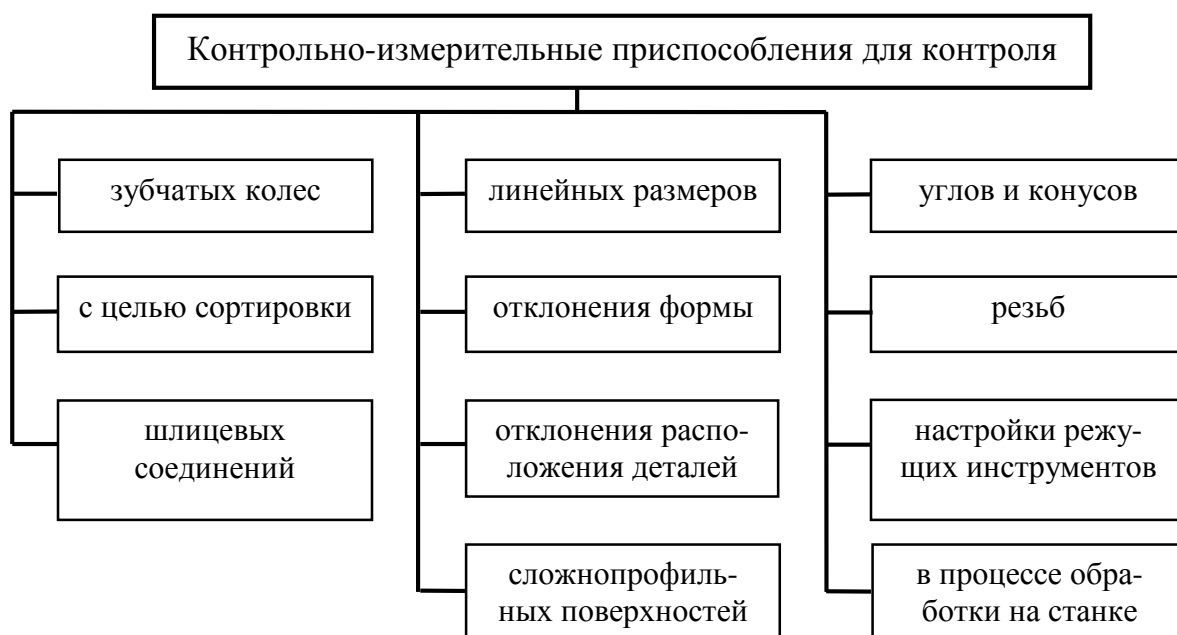


Рис. 1.3. Классификация КИП по виду контролируемых геометрических параметров

3. По уровню механизации и автоматизации КИП разделяют на ручные, механизированные, автоматизированные и автоматические.

Ручные КИП – контроль осуществляется непосредственно человеком. Уровень механизации и автоматизации нулевой.

Механизированные КИП – контроль осуществляется с разной степенью участия человека. Уровень механизации и автоматизации может быть малый, средний или большой.

Автоматизированные КИП – контроль осуществляется с частичным непосредственным участием человека. Уровень механизации и автоматизации высокий.

Автоматические КИП – контроль осуществляется без непосредственного участия человека. Уровень механизации и автоматизации полный.

Чем выше уровень механизации и автоматизации, тем меньше доля ручного труда, при этом увеличиваются объективность и производительность контроля.

4. По числу измеряемых параметров: одномерные и многомерные.

5. По способу измерения: статические, кинематические и динамические.

Под *статическими* понимают такие способы измерения, при которых ни измеряемая деталь, ни элементы измерительного устройства не совершают во время измерения каких-либо перемещений.

При *кинематических* способах измеряемая деталь или измерительный элемент приспособления перемещаются с малой и практически постоянной скоростью во время измерения.

При *динамическом* способе скорости перемещения измеряемой детали или измерительного элемента приспособления относительно велики, а возникающие в процессе измерения ускорения существенно влияют на результаты контроля.

6. По методу преобразования измерительного импульса: механические, пневматические, гидравлические, электрические, пневмоэлектрические, фотоэлектрические и др.

Так же КИП могут характеризоваться по производительности, точности, диапазону измерений, устойчивости к внешним воздействиям, чувствительности, по времени безотказной работы и др.

Несмотря на большое разнообразие КИП, все они имеют общую структуру, которую можно представить в виде совокупности элементов различающихся по функциональному назначению. Количество элементов в структуре приспособления невелико и их можно объединить в следующие основные группы: установочные (базирующие), зажимные, передаточные, измерительные устройства, подвижные (для вращения или линейного перемещения контролируемой детали или измерительного устройства), вспомогательные, корпусные. Основой любого КИП является корпус, на нем монтируются все остальные элементы, которые могут отличаться размерами и конструктивным исполнением, в зависимости от конструкции и назначения КИП, причем в его структуру могут входить как весь комплекс элементов, так и элементы из отдельных групп.

1.4. Общие методики проектирования приспособлений

1.4.1. Методика проектирования станочных приспособлений

Методика проектирования станочных приспособлений включает в себя выполнение следующих этапов.

1. Подготовка исходных данных для проектирования.

На данном этапе необходимо собрать всю информацию, касающуюся выполняемой технологической операции. К этой информации относятся: конфигурация заготовки, схема её базирования на операции, обрабатываемые поверхности и режимы резания, используемый режущий инструмент, тип и модель станка и т. д.

2. Разработка компоновки станочного приспособления.

На данном этапе разрабатывается упрощенная конструкция приспособления, его принципиальная схема и компоновка. Компоновка определяется исходя из информации, полученной на этапе подготовки исходных данных. Зная схему базирования заготовки, точность и шероховатость поверхностей, определяют тип и размер установочных элементов, их количество и взаимное расположение. Определяют тип зажимного механизма и место его воздействия на заготовку. Уточняют необходимость использования дополнительных элементов: кондукторных втулок, установов, делительных устройств, копиров и других элементов.

3. Расчет требуемой силы закрепления.

Сила закрепления заготовки в приспособлении должна гарантировать неизменность её положения в приспособлении при обработке. Для этого на данном этапе определяют все силы, действующие на заготовку (силы резания, инерции, тяжести), составляют расчетную схему, на основе которой и находят требуемую силу закрепления, решая уравнения равновесия. Расчетная схема составляется с учетом компоновки приспособления, полученной на предыдущем этапе.

4. Выбор силового привода и расчет его параметров.

По найденному значению силы закрепления определяют тип и конструкцию зажимного механизма с учетом типа производства, конфигурации заготовки и выбранной компоновки приспособления. Определяют тип силового привода при необходимости его использования. Анализируются преимущества и недостатки выбранного привода и зажимного механизма по сравнению с другими возможными вариантами. Выполняется расчет их параметров и уточняется компоновка приспособления, с учетом конструкции зажимных механизмов и приводов, их размеров и размещения в приспособлении.

5. Расчет приспособления на точность.

На данном этапе выполняются точностные расчеты, целью которых является проверка возможности обеспечения точности размеров выдерживаемых на операции. Формируются требования к деталям приспособления и условиям его сборки.

6. Разработка конструкции корпуса станочного приспособления.

На данном этапе определяются очертания, размеры и конструкция корпуса. Определяется способ установки приспособления на станке. Выбираются способ установки и место расположения вспомогательных деталей приспособления.

7. Расчет деталей приспособления на прочность.

Прочностные расчеты позволяют оценить способность приспособления и его деталей выдерживать приложенные к ним внешние нагрузки. Проверка выполняется по наиболее опасным сечениям и самым нагруженным элементам. При помощи прочностных расчетов можно определить размеры различных деталей приспособления, передающих силы или крутящие моменты.

8. Описание работы спроектированного приспособления.

После решения всех перечисленных задач приступают к описанию принципа работы приспособления и разработке его общего вида и всей необходимой конструкторской документации. Разработку общего вида приспособления ведут методом последовательного нанесения отдельных элементов приспособления вокруг контуров заготовки, причем вычерчивают сразу все проекции. Попутно вычерчивают необходимые разрезы и сечения, поясняющие конструкцию. Окончательно оформляют сборочный чертеж и спецификацию.

Не смотря на линейность изложенной методики, процесс проектирования и расчета приспособления часто не является таковым. Так при его выполнении *могут осуществляться возвраты* на предыдущие этапы, например для уточнения схемы установки, замены установочных элементов и зажимных устройств, изменения требований к деталям приспособления и его сборке и т. п. Причиной таких возвратов может быть недостаточная точность приспособления (из-за большой погрешности положения заготовки в приспособлении), недостаточная прочность его элементов, недопустимые габаритные размеры, невозможность изготовления корпуса или отдельных деталей, слишком большое значение требуемой силы закрепления, которую затруднительно реализовать в конструкции приспособления и т. п.

1.4.2. Методика проектирования контрольно-измерительных приспособлений

В процессе проектирования КИП конкретизируется схема базирования детали на контрольной операции, конструктивно оформляется компоновка приспособления со всеми его элементами, разрабатывается сборочный чертеж контрольного приспособления со спецификацией, выполняются расчеты, подтверждающие пригодность спроектированного приспособления для выполнения контроля. Методика проектирования КИП в общем случае включает в себя выполнение следующих основных этапов.

1. Подготовка исходных данных для проектирования.

2. Выбор или разработка принципиальной схемы контроля.

В начале разрабатывают схему базирования контролируемого объекта в КИП, на основе которой осуществляют разработку или выбор схемы контроля. Вид схемы контроля зависит от контролируемого параметра, конструкции (формы, габаритов) контролируемого объекта, предполагаемого метода контроля.

3. Выбор основных элементов конструкции КИП.

После разработки схемы контроля необходимо определить основные элементы конструкции приспособления, к которым относятся: установочные, зажимные и передаточные элементы.

Установочные элементы выбираются исходя из требуемой схемы базирования детали в приспособлении при выполнении контроля. Зажимные устройства в контрольном приспособлении обеспечивают надежность установки контролируемой детали относительно средств измерения. При выборе зажимов учитывают следующие требования: правильность расположения и направление силы зажима, отсутствие деформаций контролируемого объекта, быстродействие. В ряде случаев, например при устойчивом базировании контролируемой детали в КИП, когда центр тяжести детали находится внутри опорного треугольника установочных поверхностей приспособления и когда силы, создаваемые измерительным устройством, не нарушают этой устойчивости положения детали, вообще отпадает надобность в зажимном устройстве. Передаточные элементы в КИП могут использоваться для передачи измеряемой величины от контролируемого объекта к средству измерения.

4. Выбор средства измерения.

Наиболее важными и ответственными элементами контрольных приспособлений являются измерительные средства (устройства). Измеритель, как устройство, непосредственно осуществляющее проверку, в значительной степени определяет точность всего КИП.

5. Выбор вспомогательных устройств.

Помимо основных устройств, правильность конструкции приспособлений, точность их работы, простота и удобство их изготовления, простота эксплуатации определяются: узлами крепления измерительных устройств, механизмами для вращения контролируемых деталей, плитами, корпусами. Согласно данному пункту, с учетом схемы контроля, производится выбор узлов крепления средств измерений, выбирается конструкция стоек, центровых бабок, шпинделей, поворотных столов, направляющих элементов и других устройств.

6. Разработка компоновки КИП.

На данном этапе выполняется эскизная компоновка КИП, объединяющая в себе все выбранные ранее детали и другие конструктивные элементы приспособления. При выполнении компоновки также необходимо задать посадки во всех сопряжениях исходя из условий их работы.

7. Расчет на точность контрольного приспособления.

Проводится расчет на точность контрольного приспособления относительно контролируемого параметра. При этом следует иметь в виду, что обычно спроектированное многомерное приспособление может контролировать несколько поверхностей заготовки a , следовательно, измеряется несколько геометрических параметров одновременно. Поэтому расчет погрешности измерения КИП ведется для каждого контролируемого параметра. По результатам расчетов делается вывод о годности приспособления для выполнения требуемой контрольной операции.

8. Описание работы спроектированного КИП.

9. Выполнение сборочного чертежа КИП с заданием всех технических требований к его конструкции.

Разработку общего вида приспособления начинают с нанесения на лист контура детали. Конструирование сводится к последовательному вычерчиванию элементов контрольного приспособления и измерительных устройств вокруг контура контролируемой детали. Попутно вычерчивают необходимые разрезы и сечения, поясняющие конструкцию.

Во второй главе пособия подробно рассматриваются все перечисленные этапы по проектированию и расчету станочных приспособлений, а *в третьей главе* – этапы по проектированию и расчету контрольно-измерительных приспособлений.

Требования и рекомендации по оформлению сборочных чертежей приспособлений приведены *в четвертой главе*.

При выполнении расчетов настоятельно рекомендуются следующие обозначения сил, моментов и коэффициентов в схемах и уравнениях:

Q	– требуемая сила закрепления заготовки в приспособлении,
N	– исходная сила, вырабатываемая силовым приводом для закрепления заготовки в приспособлении,
R	– реакция установочных поверхностей приспособления,
G	– сила тяжести заготовки,
$F_{\text{тр}}$	– сила трения,
$F_{\text{тр.у}}$	– сила трения в стыке заготовки с установочными элементами приспособления (трение по установочным элементам),
$F_{\text{тр.з}}$	– сила трения в стыке заготовки с зажимными элементами приспособления (трение по зажимным элементам),
$M_{\text{тр}}$	– момент сил трения,
$M_{\text{тр.у}}$	– момент сил трения в стыке заготовки с установочными элементами приспособления (момент трения по установочным элементам),
$M_{\text{тр.з}}$	– момент сил трения в стыке заготовки с зажимными элементами приспособления (момент трения по зажимным элементам),
f	– коэффициент трения,
k	– коэффициент запаса закрепления,
η	– коэффициент полезного действия («Эта»),
i	– передаточное число зажимного механизма,
l	– плечи рычагов рычажных зажимов и прихватов,
P_x, P_y, P_z	– составляющие силы резания в виде проекций на оси системы координат,
P_s, P_h, P_v, P_o	– составляющие силы резания в соответствующих направлениях (сила резания в направлении подачи, горизонтальная, вертикальная и осевая силы резания),
M	– крутящий момент,
$M_{\text{рез}}$	– момент сил резания,
D, d	– диаметральные размеры заготовки или установочных элементов приспособлений,
ε	– величина погрешности различного вида («Ипсилон»),
δ, Δ	– различные геометрические характеристики приспособлений («Дельта»).

При обозначении допускается применять индексы, например, $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ или $M_{\text{тр}} = F_{\text{тр.1}} \cdot l_1 + F_{\text{тр.2}} \cdot l_2$ и т. д.

При использовании формул из различной справочной литературы следует привести обозначения величин в соответствие с рекомендованными обозначениями.

2. Проектирование и расчет станочных приспособлений

2.1. Подготовка исходных данных для проектирования

Подготовка исходных данных является первым и одним из самых важных этапов в процессе проектирования станочных приспособлений. От качества и правильности его выполнения зависит работоспособность будущего приспособления. Любые ошибки или неопределенности в исходных данных чаще всего приводят к невозможности применения спроектированного приспособления из-за несоответствующей его конструкции, недостаточной точности, низкой надежности закрепления, невозможности установки на станке и т. д. Поэтому, *проектирование и расчет приспособления следует начинать только тогда, когда собраны все исходные данные и есть уверенность в их достоверности.*

Большую часть исходных данных получают из чертежа детали и разработанного технологического процесса её изготовления детали, к этим данным относятся:

1) Эскиз заготовки на выполняемой операции с указанием габаритных размеров, материала заготовки и его характеристик, допусками и техническими требованиями. Кроме того следует уточнить вид заготовки, точность размеров и состояние её поверхностей, полученных на предыдущей операции технологического маршрута.

2) Операционная карта с эскизами обработки и необходимыми сведениями о поверхностях, которые должны обрабатываться при установке заготовки в проектируемое приспособление. Также должна быть указана или предложена схема базирования заготовки в приспособлении с классификацией технологических баз и указанием их на эскизе в виде опорных точек. Отдельно следует отметить шероховатость поверхностей, размеры, выполняемые на операции, и допуски на них, а также допуски формы и расположения, обеспечиваемые конструкцией приспособления.

3) Программа выпуска деталей, определяющая тип производства.

4) Модель и технические характеристики оборудования на котором будет производиться обработка с использованием проектируемого приспособления (размер стола фрезерного или сверлильного станка, размеры крепежных пазов в нем, их количество и расположение, размеры посадочного места шпинделя или высота центров токарного станка, диаметры отверстий под крепежные болты, положение рабочего у станка).

5) Данные о режущем инструменте и технологических условиях обработки на рассматриваемой операции: тип режущего инструмента и

инструментальный материал, режимы резания и нормы времени, точность обработки, схема технологической наладки станка для уточнения взаимного расположения инструмента и приспособления.

Помимо перечисленных исходных данных, необходимо иметь доступ к нормативной и справочной литературе, содержащей:

а) нормализованные, стандартные детали и узлы приспособлений ([12] гл. 4, [6], [7], [9], [10], [11] и др.);

б) типовые узлы и механизмы приспособлений ([6], [7], [8] и др.);

в) конструкции силовых узлов и их элементов ([9], [10], [11], [16]);

г) сведения о форме и размерах посадочных мест станка, на который будет устанавливаться проектируемое приспособление ([24] гл. 3, [12] гл. 7, [27] и др.);

д) примеры конструкций станочных приспособлений ([6] гл. 4, [7] раздел 2, [9] гл. 11 – 23, [24] гл. 6, а также [4], [5], [29] и др.);

е) государственные стандарты (Приложение С), в том числе ЕСКД;

ж) справочные данные для выполнения силовых и точностных расчетов ([8], [9], [10], [11], [16] и др.).

После тщательного изучения и анализа исходных данных и ознакомления с конструкциями приспособлений аналогичного назначения по технической литературе необходимо определить служебное назначение проектируемого приспособления.

Определение служебного назначения приспособления основывается на качественном и количественном анализе исходной информации об операции технологического процесса и условий, в которых будет эксплуатироваться приспособление.

Формулировка служебного назначения должна отразить следующую информацию:

– количество обрабатываемых деталей, устанавливаемых в приспособлении, их габаритные размеры;

– комплект баз, по которым базируются заготовки;

– требуемая точность установки заготовок;

– режимы резания, при которых эксплуатируются приспособления.

Правильно сформулированное служебное назначение приспособления позволяет спроектировать последнее с требуемыми показателями качества. Конструирование должно начинаться с выбора основной идеи, анализа схемы базирования обрабатываемой детали и принципиальной схемы приспособления, о чем более подробно будет рассмотрено в следующем пункте (п. 2.2).

2.2. Разработка компоновки станочного приспособления

Перед тем как приступить к разработке компоновки станочного приспособления необходимо внимательно изучить исходные данные и определиться с основным набором характеристик проектируемого приспособления. Рассмотрим влияние исходных данных на конструкцию приспособления, его тип и характеристики.

Форма заготовки, устанавливаемой в приспособление, и её размеры определяют габаритные размеры приспособления. Для тяжелых заготовок следует заранее определиться со способом их установки в приспособление. Рекомендуется уделить внимание габаритным размерам детали при выборе её для дипломного или курсового проекта. Для крупногабаритных деталей разработка специального станочного приспособления чаще всего является нерациональной и связана с рядом трудностей.

Характеристики станка влияют на конструкцию корпуса приспособления и способ базирования и закрепления его на станке (определяют комплект основных баз приспособления). Об этом более подробно изложено в п. 2.6.

Тип производства влияет на уровень автоматизации приспособления, требования к износостойкости его элементов, предопределяет использование в нем унифицированных элементов, сменных деталей и наладок, а также способ настройки приспособления на выдерживаемый размер (автоматическое получение размера в серийном производстве, метод пробных проходов и измерений в единичном).

Приспособления с ручным приводом рекомендуется применять там, где обрабатывается сравнительно небольшое количество деталей (единичное и мелкосерийное производство), в других случаях следует их механизировать. Для крупносерийного и массового производства приспособления следует проектировать со встроенным механизированным приводом.

В условиях единичного производства используют в основном универсальные приспособления, которые не требуют проектирования и выбираются по справочникам или каталогам соответствующих предприятий-изготовителей (патроны, оправки, тиски, делительные головки и т. п.). Специальные приспособления проектируются только в том случае, если обработка с использованием универсальных приспособлений невозможна.

В условиях серийного производства применяют различные наладочные приспособления, а также специализированные и специальные. Эти приспособления требуют минимального объема проектных работ и отличаются высокой надежностью.

В крупносерийном и массовом производстве применяют в основном специальные или сборно-разборные приспособления, которые зачастую могут быть многоместными механизированными, а в условиях массового производства – автоматизированными.

Схема базирования заготовки, выбранная для рассматриваемой операции, определяет комплект вспомогательных баз приспособления, тип установочных элементов и их количество. Например, если предложено базировать заготовку по плоскости и двум отверстиям, то у приспособления под заготовку должен быть комплект вспомогательных баз, образованный плоскостью опор и двумя цилиндрическими пальцами, один из которых срезанный. Схема базирования во многом определяет компоновку приспособления.

Точность изготовления детали, заданная на операции, ограничивает допустимые погрешности её базирования и закрепления в приспособлении, которые должны быть в несколько раз меньше погрешности изготовления детали. Это влияет на выбор установочных и зажимных элементов, а также на их расположение. Методика выполнения точностных расчетов станочного приспособления подробно рассмотрена в п. 2.5.

Затраты времени на операцию определяют уровень быстродействия приспособления при установке и снятии детали, что совместно со схемой базирования оказывает влияние на кинематику зажимных механизмов и тип силового привода. Совместно с размером партии заготовок затраты времени на операцию определяют количество заготовок, одновременно устанавливаемых в приспособлении. При большой продолжительности операции обычно рассматриваются одноместные варианты приспособлений, при быстрой обработке и больших размерах партии рекомендуются многоместные приспособления.

Схема технологической наладки станка и режимы резания позволяют определить силы (их вид, место приложения, направление и величину), действующие на заготовку и приспособление в процессе обработки. Эти силы влияют на расчет требуемой силы закрепления, как заготовки, так и самого приспособления на станке, а также задают требования к его прочности, жёсткости и виброустойчивости. Из схемы наладки можно узнать о типе и размерах режущего инструмента и необходимости использования направляющих элементов для него. Силовые расчеты приспособления и силовых приводов изложены в п. 2.3 и 2.4, а расчеты на прочность в п. 2.8.

В табл. 2.1 приведены обобщенные рекомендации по выбору варианта конструкции приспособления с учетом рассмотренных критериев.

Таблица 2.1

Рекомендации по выбору конструкции станочных приспособлений

Характеристика приспособления	Тип производства				
	единичное	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	массовое
Специализация	универсальные, УБП, УСП	универсальные, специализированные, УБП, УСП, СРП	специализированные СНП, СБП, СРП, специальные	специальные неразборные, СНП, УНП, СБП	специальные автоматизированные или автоматические
Конструкция	одноместные, однопозиционные	одноместные, однопозиционные, многопозиционные	одноместные, многоместные, однопозиционные, многопозиционные	одноместные, многоместные, однопозиционные, многопозиционные	одноместные, многоместные, однопозиционные, многопозиционные
Установочные элементы	стандартные опоры и пластины	стандартные опоры и пластины	стандартные сменные опоры, пластины; специальные элементы	стандартные сменные опоры, пластины; специальные элементы	специальные сменные установочные элементы
Тип зажимного устройства	винтовые, клиновые, эксцентриковые, рычажные	клиновые, эксцентриковые, рычажные	комбинированные ручные или с силовым приводом	рычажные зажимы с силовым приводом	рычажные зажимы с силовым приводом
Тип силового привода	отсутствует	отсутствует, пневмопривод	отсутствует, пневмопривод, гидропривод	пневмопривод, гидропривод, самозажимные механизмы	электропривод, гидропривод, самозажимные механизмы
Тип силового привода по способу размещения	отсутствует	агрегатированный, стандартный прикрепляемый	стандартный прикрепляемый, специальный встроенный	специальный встроенный в приспособление	специальный, встроенный в станок
Тип корпуса	сборный, сварной	сборный, сварной	сборно-разборный, литой	литой	литой

После определения основных характеристик и требований к конструкции приспособления приступают к разработке его принципиальной схемы и компоновки, которые, как было отмечено ранее, зависят от особенностей обрабатываемой заготовки, метода обработки, числа устанавливаемых заготовок и характеристик станка.

Под *принципиальной схемой* станочного приспособления понимают схему, на которой изображен полный состав его элементов и связей между ними, что позволяет получить полное представление о принципах действия приспособления. Принципиальные схемы изображаются с помощью условных обозначений, основные из которых приведены в Приложении Ж. В любом случае на принципиальной схеме должны быть представлены: установочные элементы, зажимные механизмы, силовые приводы, передаточные звенья и другие – подвижные и неподвижные элементы. Примеры оформления некоторых принципиальных схем приведены на рис. 2.1.

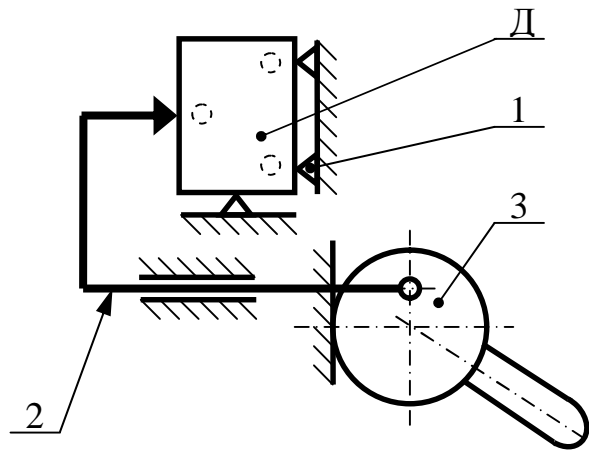
Выбор установочных элементов зависит от комплекта технологических баз заготовки, каждая из которых должна быть реализована в конструкции приспособления путем выбора соответствующих установочных элементов. Начинать следует с той технологической базы, которая лишает наибольшего количества степеней свободы (установочная, двойная направляющая), затем реализуются остальные в порядке уменьшения числа лишаемых степеней свободы.

Рассмотрим основные типы установочных элементов, наиболее часто используемых в конструкции станочных приспособлений.

В качестве установочных элементов, при базировании заготовок по плоскостям используются *опоры и опорные пластины*. Опоры могут быть неподвижными, подвижными, плавающими и регулируемые. Неподвижные опоры жестко соединяются с корпусом приспособления, подвижные могут перемещаться относительно базовой поверхности заготовки в процессе её обработки или установки в приспособление. Регулируемые (подводимые и самоустанавливающиеся) опоры являются дополнительными и служат для повышения жесткости обрабатываемых заготовок.

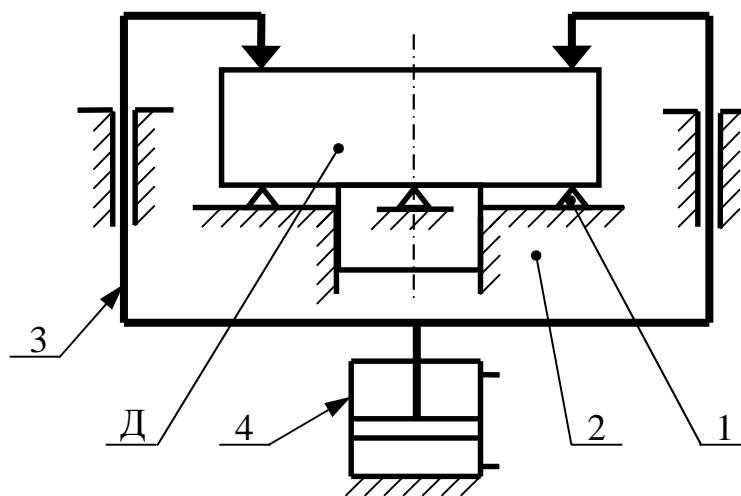
По внешним цилиндрическим поверхностям заготовки устанавливают в *цанги* или *кулачки* самоцентрирующих патронов при необходимости центрирования заготовки, или в *призмы*, *втулки* и другие устройства, когда нет необходимости центрирования.

По внутренним цилиндрическим поверхностям заготовки устанавливают на *оправки*, *пальцы*, *сухари*, *кулачки* разжимных устройств и другие установочные элементы.



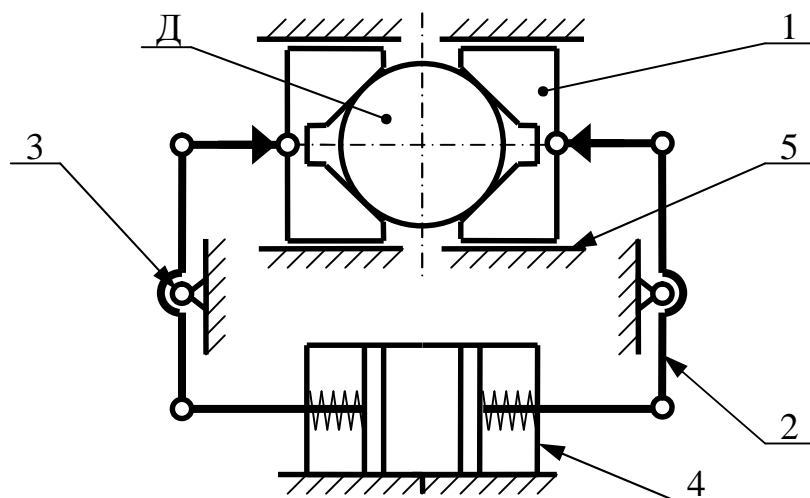
1 – установочные опоры; 2 – прихват; 3 – круглый эксцентрик; Д – заготовка

а)



1 – установочные опоры; 2 – корпус; 3 – прихваты; 4 – пневмоцилиндр; Д – заготовка

б)



1 – центрирующие призмы; 2 – рычажный зажим; 3 – шарнирные опоры;
4 – пневмоцилиндр; 5 – корпус; Д – заготовка

в)

Рис. 2.1. Примеры оформления принципиальных схем станочных приспособлений: станочное приспособление с рычажно-эксцентровым зажимом (а), станочное приспособление с прихватами и пневмоцилиндром двустороннего действия (б), приспособление на основе сдвоенного пневмоцилиндра одностороннего действия (в)

Для установки заготовок по центровым отверстиям и фаскам отверстий используют *центры* различной конструкции (жесткие упорные, плавающие и вращающиеся).

Для установки зубчатых колес по эвольвентным профилям в качестве установочных элементов применяют *ролики, шарики, витые пружины, мембранные патроны* и другие элементы.

В ряде случаев функции установочных элементов могут выполнять зажимные устройства, например, кулачки в кулачковых самоцентрирующих патронах, призмы в призматических патронах, лепестки цанг в цанговых патронах, губки в тисках и т. п.

Рекомендации по подбору установочных элементов в зависимости от технологических баз приведены в табл. 2.2. Следует помнить, что если база по характеру проявления явная, то она реализуется непосредственным контактом базовой поверхности с установочными элементами приспособления. Скрытые базы обычно реализуются либо за счет центрирования заготовки, либо за счет сил трения при закреплении заготовки в приспособлении.

Разновидности и конструкцию различных установочных элементов можно найти в учебной или справочной литературе по технологической оснастке. Рекомендуются следующие источники информации: [6] п. 1.4, [9] гл. 1, [7] гл. 1 п. 7, [10] гл. 1 п. 1, [28] т. 1 гл. 5 п. 2, [11] гл. 1, [12] гл. 3.

Большинство установочных элементов являются стандартизованными, поэтому для их выбора можно воспользоваться соответствующими стандартами, перечень которых приведен в Приложении С.

В специальных приспособлениях допустимо использовать специальные установочные элементы: закаленные стальные пластинки, кольца, валики, гильзы, втулки, ножки и др.

Заготовка в приспособлении не должна опираться больше, чем на две или три установочные площадки в одном направлении. Если конструкция заготовки требует большего числа опорных точек, то необходимо сделать установочную плоскость абсолютно ровной или использовать вспомогательные (подводимые, плавающие) опоры.

Опорные площадки должны быть небольшими и допускать свободный доступ для очистки от грязи и стружки. Поэтому их всегда следует делать немного выше окружающих поверхностей.

Для обеспечения определенности базирования обрабатываемой заготовки на установочных элементах требуется силовое замыкание, которое обеспечивается соответствующим зажимным механизмом с механизированным или ручным приводом.

Рекомендации по выбору типа установочных элементов

Технологическая база	Поверхность базирования	Перечень рекомендуемых установочных элементов
Установочная явная	Плоскость	<ul style="list-style-type: none"> – опоры с плоскими, сферическими и насеченными головками; – опорные пластины; – специальные установочные элементы (штыри, пластины, кольца и др.); – плоскости столов, плит, корпусов.
Двойная направляющая явная	Поверхность отверстия	– цилиндрические или шлицевые оправки с зазором.
	Наружная поверхность	<ul style="list-style-type: none"> – несоцентрирующие патроны; – направляющие отверстия корпусов, втулок, гильз и т. п.
	Центровые отверстия	– жесткие упорные, вращающиеся или плавающие центры.
Двойная направляющая скрытая	Ось отверстия	<ul style="list-style-type: none"> – оправка с натягом; – разжимные оправки (цанговые, гидропластовые, пружинные).
	Ось наружной поверхности	<ul style="list-style-type: none"> – самоцентрирующие патроны (цанговые, кулачковые, гидропластовые); – центрирующие призмы тисков.
	Плоскость симметрии	<ul style="list-style-type: none"> – установочные призмы; – центрирующие тиски.
Направляющая явная	Плоскость, наружные поверхности	<ul style="list-style-type: none"> – опоры (опорные штыри) с плоскими, сферическими и насеченными головками; – опорные пластины.
	Пазы, шпонки	– направляющие шпонки, пазы.
Направляющая скрытая	Ось заготовки	<ul style="list-style-type: none"> – магнитные, вакуумные и электростатические плиты и патроны; – установочные призмы.

Окончание табл. 2.2

Технологическая база	Поверхность базирования	Перечень рекомендуемых установочных элементов
Двойная опорная явная	Поверхность отверстия	<ul style="list-style-type: none"> – цилиндрические или шлицевые оправки с зазором; – несамоцентрирующие патроны; – цилиндрические пальцы с зазором.
	Наружная поверхность	<ul style="list-style-type: none"> – несамоцентрирующие патроны; – направляющие отверстия корпусов, втулок, гильз и т. п.
Двойная опорная скрытая	Ось отверстия	<ul style="list-style-type: none"> – конические оправки и пальцы; – цилиндрическая оправка с натягом; – разжимные оправки (цанговые, гидропластовые, пружинные).
	Ось наружной поверхности	<ul style="list-style-type: none"> – самоцентрирующие патроны (кулачковые, гидропластовые, мембранные); – центрирующие призмы.
Опорная явная	Плоскость, наружная поверхность	<ul style="list-style-type: none"> – опоры (опорные штыри) с плоскими, сферическими и насеченными головками.
	Отверстие	<ul style="list-style-type: none"> – цилиндрический срезанный палец; – фиксаторы (цилиндрический, шариковый).
Опорная скрытая	Поверхность трения	<ul style="list-style-type: none"> – реализуется зажимными элементами приспособления при закреплении заготовки.
	Ось симметрии отверстия	<ul style="list-style-type: none"> – разжимной срезанный палец; – плавающий конический палец.
	Ось зуба или шлица	<ul style="list-style-type: none"> – специальный призматический, зубчатый, шариковый или шлицевой фиксатор для наружных зубьев; – специальные оправки для внутренних зубьев и шлиц.

Зажимные элементы и устройства приспособлений должны быть просты по конструкции, надежны в работе и удобны в обслуживании, должны обеспечивать равномерность распределения сил зажима (особенно при закреплении заготовок в многоместных приспособлениях).

В приспособлениях могут использоваться винтовые, эксцентриковые, рычажные, клиновые, пружинные механизмы или их комбинации. Требования к конструкции зажимных устройств и силовых приводов, их разновидности и рекомендации по выбору рассматриваются в [6] п. 1.6, [9] гл. 3, [10] гл. 3, [11] п. 4.3, [12] гл. 3, а расчет в п. 2.3 и 2.4.

Заключительным этапом является разработка компоновки. *Компоновка* приспособления выполняется на основе имеющейся принципиальной схемы и отличается от неё большей детализацией. На компоновке появляются вспомогательные элементы конструкции (кондукторные втулки, установочные элементы, копиры, фиксаторы и др.), определяются очертания корпуса, отражается конструкция основных деталей приспособления. Компоновка является предварительным упрощенным вариантом сборочного чертежа приспособления. Основная цель её разработки – *подобрать элементы конструкции приспособления в соответствии с принципиальной схемой и связать их в цельный наиболее целесообразный механизм.*

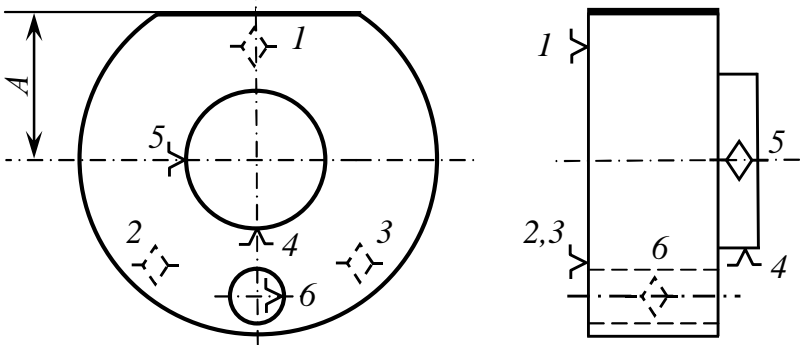
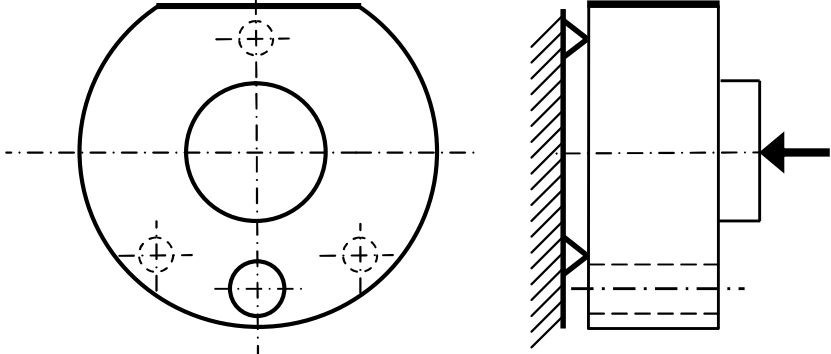
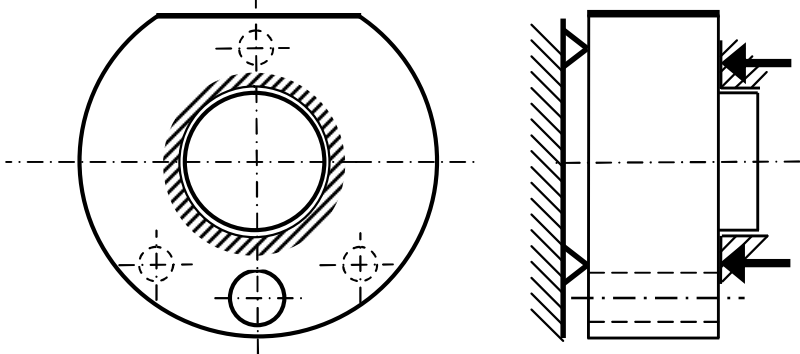
При разработке компоновки рекомендуется вначале изобразить заготовку в рабочем положении в нескольких проекциях, а затем все остальные элементы конструкции в следующей последовательности: установочные элементы, зажимные механизмы, силовые приводы, детали для направления режущего инструмента, вспомогательные элементы для каждой проекции. После чего нужно определить очертания и размеры корпуса приспособления, который объединяет все перечисленные элементы.

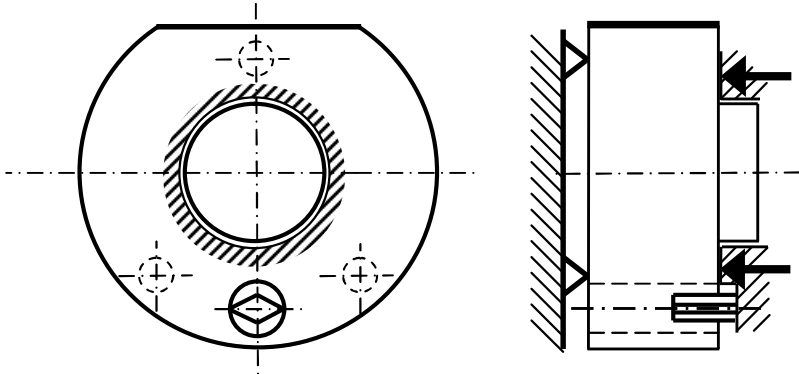
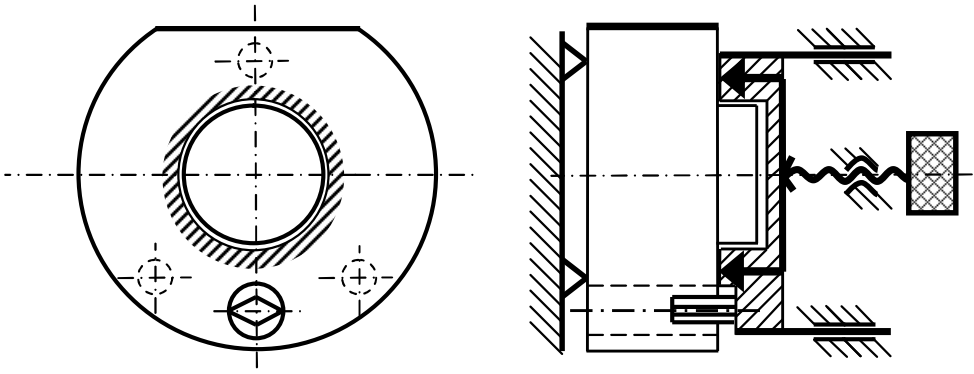
При выполнении компоновки следует учитывать требования, предъявляемые к любому станочному приспособлению, которое должно:

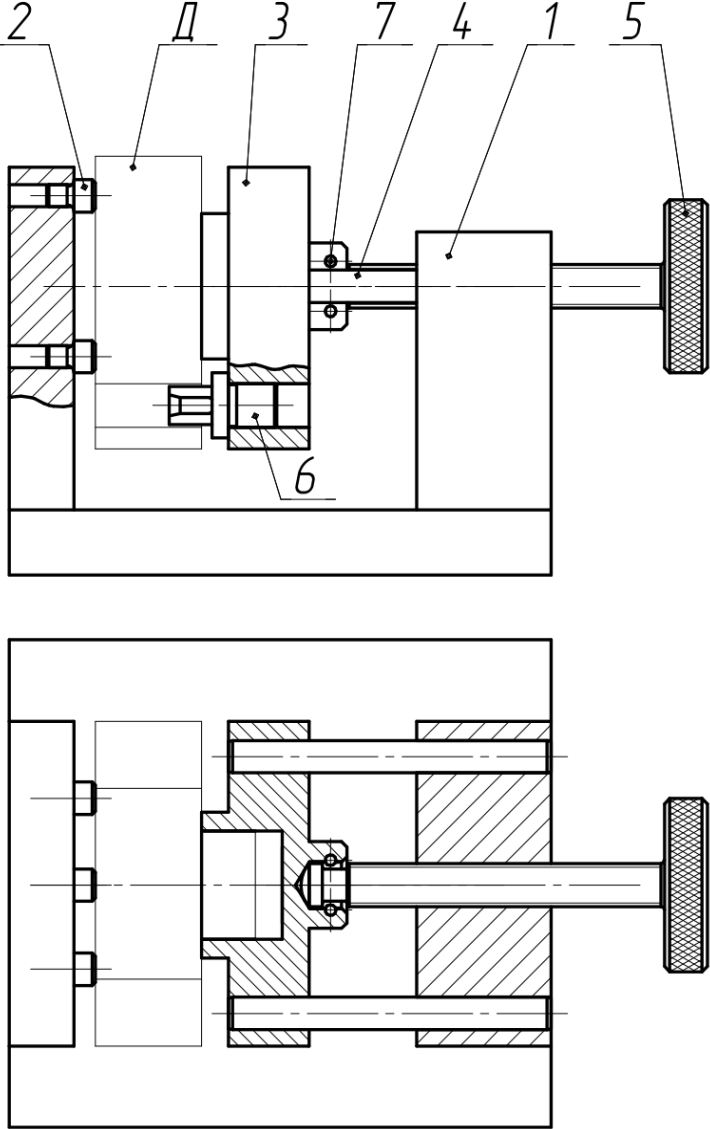
- обеспечивать наибольшую производительность и эффективность при проектировании, изготовлении и эксплуатации;
- обеспечивать качество, точность и стабильность обработки;
- быть удобным и безопасным в работе и при управлении, обеспечивать достаточную жесткость и надежность закрепления;
- быть устойчивым, чтобы воспринимать все силы, действующие при обработке, не испытывая вибраций, которые могут ослабить зажим;
- обеспечивать удобную установку на станке и транспортировку;
- требовать минимального времени на манипуляции с приспособлением, которые должны быть простыми, краткими и интуитивными.

В табл. 2.3 приведен пример выполнения компоновки по шагам.

Пример выполнения компоновки приспособления

Этапы	Схема и содержание этапа
<p>Шаг 1 Схема базирования</p>	 <p>1, 2, 3 – технологическая установочная явная база; 4, 5 – технологическая двойная опорная явная база; 6 – технологическая опорная явная база</p>
<p>Шаг 2 Технологическая база 1</p>	 <p>Реализуем технологическую базу, лишаящую наибольшего числа степеней свободы. В данном случае это установочная база 1, 2, 3. Так как установка осуществляется по плоскости, в качестве установочных элементов используем три опоры. Зажим удобнее разместить с противоположной стороны заготовки. Он будет прижимать её к установочным элементам.</p>
<p>Шаг 3 Технологическая база 2</p>	 <p>Реализуем следующую, по количеству лишаемых степеней свободы, технологическую базу. Это двойная опорная база 4, 5. Она является явной, а базирование осуществляется по наружной цилиндрической поверхности, так как центрирование не требуется. Реализовать её можно за счет установки заготовки в какое-либо отверстие, например в отверстие зажимного элемента. В этом случае сила закрепления может быть распределена по кольцу.</p>

Этапы	Схема и содержание этапа
<p>Шаг 4 Технологическая база 3</p>	 <p>Реализуем оставшуюся технологическую базу – опорную явную 6. Она предполагает базирование по поверхности отверстия для угловой фиксации заготовки. Удобней всего реализовать данную базу за счет использования срезанного пальца. Он может быть размещен как со стороны установочного, так и со стороны зажимного элемента. Для удобства установки заготовки и изготовления приспособления палец лучше располагать со стороны зажимного элемента. Такое размещение способствует уменьшению погрешности расположения заготовки в приспособлении, т.к. в этом случае две технологические базы реализуются на одном элементе приспособления.</p>
<p>Шаг 5 Принципиальная схема</p>	 <p>После реализации всех технологических баз переходим к выбору зажимного механизма и разработке принципиальной схемы приспособления. Наиболее простым типом зажимного механизма является винтовой зажим. Винт вкручивается в резьбовое отверстие корпуса и воздействует на зажимной элемент, который прижимает заготовку к установочным элементам. Для того, чтобы зажимной элемент не менял свое угловое положение при закреплении и имел жесткую связь с корпусом используем два направляющих штифта. В качестве установочных элементов выбираем опоры с плоской головкой.</p>

Этапы	Схема и содержание этапа
<p data-bbox="172 763 352 1055">Шаг 6 Схема установки (компоновка приспо- собления)</p>	 <p data-bbox="427 1429 1428 1552">1 – корпус; 2 – установочные элементы (опоры); 3 – зажимной элемент; 4 – направляющие штифты; 5 – винт; 6 – срезанный палец; 7 – фиксирующий штифт; Д – заготовка</p>

Полученная компоновка (табл. 2.3) одна из множества возможных компоновок. Вместо винтового зажима можно использовать рычажные, эксцентриковые, клиновые или другие зажимы, а также дополнить конструкцию силовым приводом. Можно изменить конструкцию установочных и зажимных элементов. Конкретизация компоновки осуществляется исходя из условий производства, типа используемого оборудования и результатов силовых и точностных расчетов приспособления.

В пояснительных записках к курсовым и дипломным проектам рекомендуется изображать эскизы по шагам 1, 5 и 6, выпуская промежуточные шаги 2, 3 и 4, а все пояснения приводить текстом.

2.3. Расчет требуемой силы закрепления

При механической обработке резанием на заготовку действуют силы резания, объемные силы, а также силы второстепенного и случайного характера. Эти силы могут привести к смещению заготовки в приспособлении в процессе обработки. Поэтому, при разработке конструкции приспособления, особое внимание уделяется расчету требуемой силы закрепления. Сила закрепления должна обеспечить неизменное положение заготовки относительно установочных элементов приспособления, предотвратить её сдвиг или поворот под действием сил резания, то есть обеспечить надежное закрепление в течение всего времени обработки.

Силы резания возникают при воздействии на заготовку режущего инструмента (рис. 2.2 и Приложение Е). По своей величине, направлению и точке приложения они являются переменными величинами.

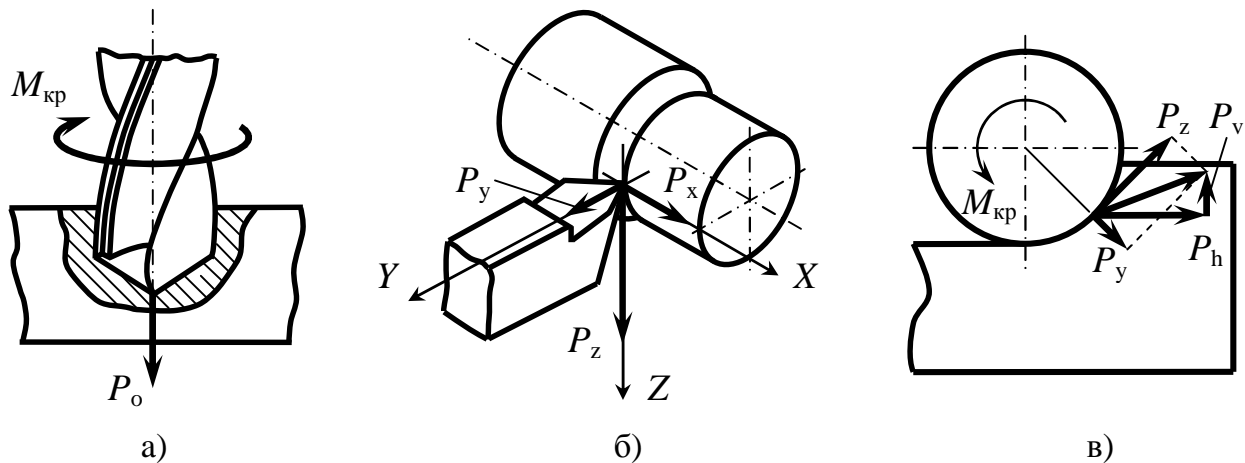


Рис. 2.2. Силы резания при сверлении (а), при точении (б) и при фрезеровании (в): P_o – осевая сила; P_x, P_y, P_z – составляющие силы резания в виде проекций на соответствующие оси системы координат; P_h – горизонтальная составляющая силы резания; P_v – вертикальная составляющая силы резания; $M_{кр}$ – крутящий момент сил резания

При неустановившемся режиме (в момент врезания инструмента) силы резания возрастают от нуля до максимального значения и уменьшаются от максимума до нуля (при выходе инструмента). При установившемся режиме они также непостоянные и изменяются в определённых пределах. Амплитуда колебаний их значений может достигать 10 % от номинальных величин. Точка приложения силы резания в процессе обработки непрерывно перемещается по обрабатываемой поверхности, поэтому сила резания имеет не статический, а динамический характер. При обработке прерывистых поверхностей динамичность резания ещё более возрастает. С затуплением инструмента силы резания увеличивается на

10 – 30 % и более. Определить величину действующих на заготовку сил резания и их моменты можно по данным нормативных справочников или рассчитать по формулам теории резания применительно к конкретному виду обработки [24], [27].

Объёмные силы – силы тяжести заготовки, центробежные и инерционные силы. Они возникают при определённых условиях обработки. Силы тяжести заготовки действуют и учитываются при её установке на вертикальные или наклонно расположенные элементы. В процессе обработки резанием масса заготовки непрерывно уменьшается и изменяется положение её центра тяжести. Центробежные силы возникают в процессе обработки заготовки при смещении её центра тяжести от оси вращения. Величины действующих на заготовку центробежных сил и моментов часто сопоставимы по величине с силами и моментами резания при чистовой обработке. Инерционные силы и моменты возникают тогда, когда заготовка совершает возвратно-поступательное движение или вращается с большим угловым ускорением. Обычно эти силы и моменты малы по сравнению с силами и моментами резания.

Силы и моменты резания являются основным видом воздействия на заготовку в процессе её обработки. Они стремятся повернуть заготовку относительно установочных элементов приспособления, сдвинуть её с установленного положения в приспособлении или даже вырвать её из зажимного устройства. На рис. 2.3а показаны возможные направления перемещения заготовки под действием сил резания при токарной обработке, а на рис. 2.3б при сверлении.

При выполнении токарной операции (рис. 2.3а) возможны три перемещения заготовки, в соответствии с направлением действия сил резания: от силы P_1 – смещение вдоль оси вращения, от силы P_2 – проворот вокруг точки O (вырывание заготовки из кулачков патрона), от крутящего момента $M_{кр}$ – проворот в патроне.

При выполнении сверлильной операции в соответствии с рис. 2.3б возможно лишь одно перемещение – проворот заготовки вокруг оси под действием крутящего момента $M_{кр}$. Перемещение заготовки под действием силы P_0 невозможно, так как она направлена в установочный элемент приспособления (в опору) и не может сместить заготовку в данном направлении.

Аналогичным образом можно определить возможные перемещения заготовки при других видах обработки. Все эти перемещения возможны только в том случае, когда заготовка недостаточно надёжно закреплена в приспособлении.

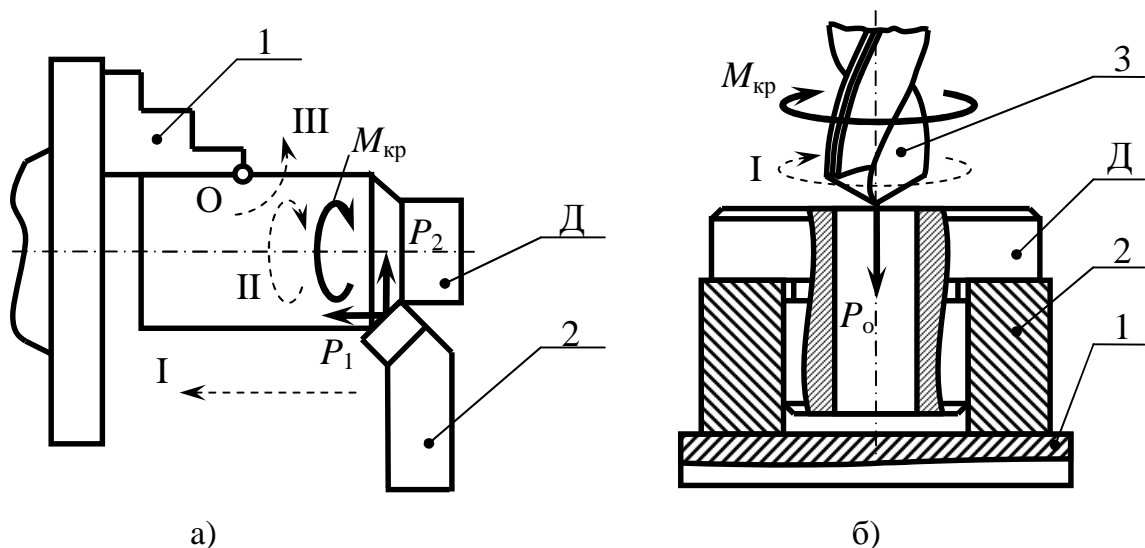


Рис. 2.3. Направления возможных перемещений заготовки:

а) возможные перемещения заготовки при выполнении токарной операции

I – направление сдвига заготовки вдоль зажимных элементов (вдоль кулачков);

II – направление проворота заготовки вокруг своей оси;

III – направление вырывания заготовки;

$P_1, P_2, M_{кр}$ – силы и момент резания;

1 – кулачек патрона; 2 – резец; Д – заготовка;

б) возможные перемещения заготовки при сверлении

I – направление проворота заготовки вокруг своей оси по установочной плоскости;

$P_o, M_{кр}$ – осевая сила и момент резания;

1 – корпус; 2 – установочный элемент (втулка); 3 – сверло; Д – заготовка;

— направление сил и моментов резания;

---- направление возможных перемещений заготовки

Для того чтобы предотвратить перемещение заготовки под воздействием сил резания, к ней необходимо приложить силу закрепления Q , величина которой позволяет противодействовать силам резания напрямую или через силы трения. Такая сила называется *требуемой силой закрепления заготовки в приспособлении*. Она гарантирует неизменность положения заготовки, достигнутого при её базировании, в процессе обработки.

Определение величины требуемой силы закрепления является одной из основных задач при проектировании станочного приспособления. Для её решения разработана методика, которая будет рассмотрена далее.

Особое внимание следует обратить на то, что в процессе обработки действительные значения силы резания могут существенно отличаться от расчетных и справочных значений. Причиной этого являются различные случайные и систематические факторы, действующие в процессе резания, например, непостоянство механических свойств материала, неравномер-

ность наклепа и припуска по обрабатываемым поверхностям, износ режущего инструмента и т. д. Кроме того, при принятой схеме расчета сил зажима, возможны различные состояния контакта (смятие поверхностей, наличие смазки, различная шероховатость) между опорными поверхностями приспособления и заготовкой, заготовкой и зажимом. Все эти изменения сил резания и состояний контакта расчетным путем учесть невозможно. Поэтому в практических расчетах величину силы резания, найденную расчетным путем, искусственно увеличивают, умножая на коэффициент запаса закрепления k .

Значение коэффициента запаса закрепления k определяют исходя из конкретных условий выполнения операции и способа закрепления заготовки в приспособлении на основе формулы

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.1)$$

где k_0 – гарантированный коэффициент запаса (принимают $k_0 = 1,5$);

k_1 – коэффициент, учитывающий неравномерность припуска по обрабатываемой поверхности заготовки, что приводит к увеличению силы резания (для черновой обработки $k_1 = 1,2$; для чистовой обработки $k_1 = 1$);

k_2 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при затуплении режущего инструмента (значения коэффициента k_2 приведены в табл. 2.4);

k_3 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при обработке прерывистых поверхностей (при точении и торцевом фрезеровании $k_3 = 1,2$; при непрерывном резании $k_3 = 1,0$);

k_4 – коэффициент, учитывающий непостоянство силы зажима (для ручных зажимов $k_4 = 1,3$; для механизированных $k_4 = 1$);

k_5 – коэффициент, учитывающий эргономику ручных зажимных элементов. При их удобном расположении и малом угле поворота рукоятки $k_5 = 1$, при неудобном расположении и большом угле поворота рукоятки $k_5 = 1,2$;

k_6 – коэффициент, учитываемый только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку. Если заготовка установлена базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта $k_6 = 1,0$. При установке на пластины или другие элементы с большей поверхностью контакта $k_6 = 1,5$, так как наличие макронеровностей на базовых поверхностях может привести к неопределенному положению мест контакта относительно центра поворота заготовки.

Значения коэффициента k_2

Метод обработки	Компоненты резания	Значения	
		для чугуна	для стали
Сверление	$M_{кр}$	1,2	1,0
	P_o	1,1	1,0
Зенкерование предварительное	$M_{кр}$	1,3	1,0
	P_o	1,2	1,0
Зенкерование чистовое	$M_{кр}$	1,2	1,0
	P_o	1,2	1,0
Предварительное точение и растачивание	P_z	1,0	1,0
	P_y	1,2	1,4
	P_x	1,25	1,6
Чистовое точение и растачивание	P_z	1,05	1,00
	P_y	1,40	1,05
	P_x	1,30	1,00
Фрезерование предварительное и чистовое цилиндрической фрезой	P_z	1,2 – 1,4	1,6 – 1,8
Фрезерование предварительное и чистовое торцевой фрезой	P_z	1,2 – 1,4	1,6 – 1,8
Шлифование	P	1,0	1,1 – 1,2
Протягивание	P	1,0	1,5

Порядок расчета требуемой силы закрепления заготовки

Необходимую величину силы закрепления определяют путем решения задачи статики, рассматривая равновесие заготовки под действием приложенных к ней сил и моментов. Для этого необходимо составить расчетную схему.

Расчетная схема должна содержать:

- схему установки заготовки;
- силы и моменты резания, действующие на заготовку;
- силы закрепления заготовки;
- реакции установочных и зажимных элементов;
- силы и моменты трения в местах контакта заготовки с установочными и зажимными элементами.

Расчетную схему следует составлять для наиболее неблагоприятного положения режущего инструмента на обрабатываемой поверхности, когда силы и моменты, стремящиеся изменить положение заготовки в приспособлении,

соблени, максимальны. По расчетной схеме устанавливают направление возможного перемещения или поворота заготовки под действием сил и моментов резания, определяют величину проекций всех сил на направление перемещения и составляют уравнения равновесия для сил и моментов. Решив полученные уравнения, находят формулы для расчета силы закрепления Q . Если возможны перемещения заготовки в нескольких направлениях, то уравнения равновесия решают по каждому из них, а из полученных значений Q в качестве требуемой силы закрепления *выбирают наибольшую*.

В общем виде уравнения равновесия заготовки в приспособлении под действием сил и моментов резания при наличии силы закрепления можно представить следующим образом:

1) Проверка заготовки на сдвиг под действием силы $P_{\text{рез}}$:

$$kP_{\text{рез}} \leq F_{\text{тр}}. \quad (2.2)$$

2) Проверка заготовки на поворот под действием момента $M_{\text{рез}}$:

$$kM_{\text{рез}} \leq M_{\text{тр}}. \quad (2.3)$$

3) Проверка заготовки на опрокидывание под действием момента от силы резания $P_{\text{рез}}$:

$$kP_{\text{рез}}l_1 \leq Ql_2, \quad (2.4)$$

где k – коэффициент запаса закрепления; $P_{\text{рез}}$ – сила резания, действующая на заготовку; $M_{\text{рез}}$ – крутящий момент сил резания, действующий на заготовку; $F_{\text{тр}}$ – суммарная сила трения в направлении противоположном направлению сдвига; $M_{\text{тр}}$ – суммарный момент сил трения в направлении противоположном направлению поворота заготовки; l_1 и l_2 – кратчайшее расстояние от точки опрокидывания до линии действия сил $P_{\text{рез}}$ и Q соответственно (плечи сил).

Силу трения $F_{\text{тр}}$ определяют по формуле

$$F_{\text{тр}} = fR, \quad (2.5)$$

где f – коэффициент трения по поверхностям контакта заготовки с элементами приспособления; R – реакция поверхности, по которой осуществляется трение.

В табл. 2.5 приводятся значения коэффициентов трения f для различных условий контакта и типа поверхностей заготовки и приспособления.

Значения коэффициентов трения f

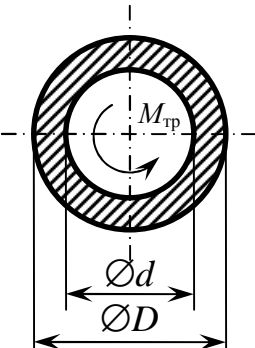
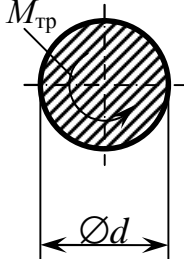
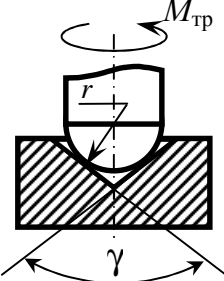
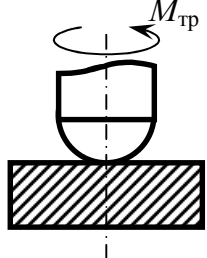
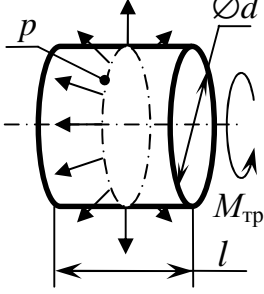
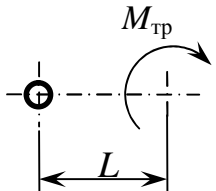
Условия контакта заготовки и приспособления	Коэффициент трения, f
<i>Заготовка контактирует с опорами:</i>	
с плоской головкой по обработанным поверхностям	0,16
со сферической головкой по необработанным поверхностям заготовки	0,25
с насеченной головкой по необработанным поверхностям заготовки	0,70
<i>Заготовка контактирует с опорными пластинами, призмами кольцами или гильзами приспособления:</i>	
обработанными поверхностями	0,15
необработанными поверхностями	0,2 – 0,25
<i>Заготовка закреплена в патроне с кулачками:</i>	
гладкими	0,15 – 0,2
с кольцевыми канавками	0,3 – 0,4
с взаимно перпендикулярными канавками	0,4 – 0,5
с острыми рифлениями	0,7 – 0,9

Момент сил трения $M_{тр}$ рассчитывается в зависимости от вида поверхностей контакта. В табл. 2.6 приводятся расчетные формулы для определения моментов сил трения для наиболее часто встречающихся вариантов поверхностей трения: момент трения по кольцу, по круговой площадке, по опоре и т. п.

При расчете требуется учитывать силы и моменты трения не только по поверхностям установочных элементов приспособления, но и по поверхностям зажимных элементов при их жесткой связи с корпусом приспособления. Причем учитываются только те силы, действие которых направлено на предотвращение изменения положения заготовки в направлении действия рассматриваемой силы или момента резания.

Таблица 2.6

Формулы для расчета моментов трения $M_{тр}$

По кольцевой площадке	По круговой площадке	По конусу и сфере	По плоскости и сфере
$M_{тр} = \frac{1}{3} Rf \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}$	$M_{тр} = \frac{1}{3} Rfd$	$M_{тр} = Rfr \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}$	$M_{тр} = 0$
			
По резьбе	По опоре	По цилиндрическим поверхностям	
$M_{тр} = Rr_{ср} \operatorname{tg}(\rho \pm \alpha)$	$M_{тр} = fRL$		$M_{тр} = \frac{\pi d^2 l p f}{2}$
$r_{ср}$ – средний радиус резьбы, ρ – угол трения резьбы ($10^\circ 30'$), α – угол подъема резьбы $\operatorname{tg} \alpha = \frac{s}{2\pi r_{ср}}$, s – шаг резьбы	 L – расстояние от опоры до оси вращения		p – давление на поверхности контакта сопрягаемых деталей, l – длина контакта

В некоторых случаях на величину силы закрепления, кроме сил и моментов резания, могут оказывать влияние и другие силы, например, сила тяжести заготовки, силы и моменты инерции, которые учитываются в расчетной силовой схеме при их *значительном* воздействии на закрепляемый объект. Значения этих сил устанавливаются расчетным путем.

Следует иметь в виду, что сила закрепления заготовки Q может быть увеличена за счет применения зажимного устройства или механизированного привода, которые выполняют функцию усилителя исходной силы.

Для большинства схем установки получены расчетные формулы для определения требуемой силы закрепления, которые можно найти в справочной литературе ([6] П.3, [9] п. 3.1 табл. 4, [8] гл. 2 табл. 2 – 7, [10] гл. 3, п. 7, [28], гл. 6 п. 1, [11] п. 4.1 – 4.2, [12] с. 248 – 269, [16] гл. 2 п. 2).

При использовании этих формул *обязательно* дать ссылку в пояснительной записке на источник, также *представить соответствующие им расчетные схемы*, а обозначения сил и других величин привести к рекомендованному в п. 1.4 виду (в различной литературе сила закрепления может обозначаться по-разному, например, Q , N , W , F , P_3 и др.).

Пример №1. Определить требуемую силу закрепления заготовки в трехкулачковом патроне без упора при сверлении осевого отверстия. На заготовку со стороны сверла действует осевая сила $P_0 = 420$ Н и момент резания $M_{рез} = 6$ Нм, коэффициент трения между кулачком патрона и заготовкой в осевом направлении $f_1 = 0,3$; в окружном $f_2 = 0,12$. Коэффициент запаса закрепления 2,2. Диаметр заготовки $D = 60$ мм.

Обозначим через Q требуемую силу закрепления на одном кулачке, через $F_{тр.1}$ и $F_{тр.2}$ – силы трения между кулачком и заготовкой в осевом и окружном направлении соответственно.

Представим расчетную схему (рис. 2.4) на которой укажем все силы действующие на заготовку.

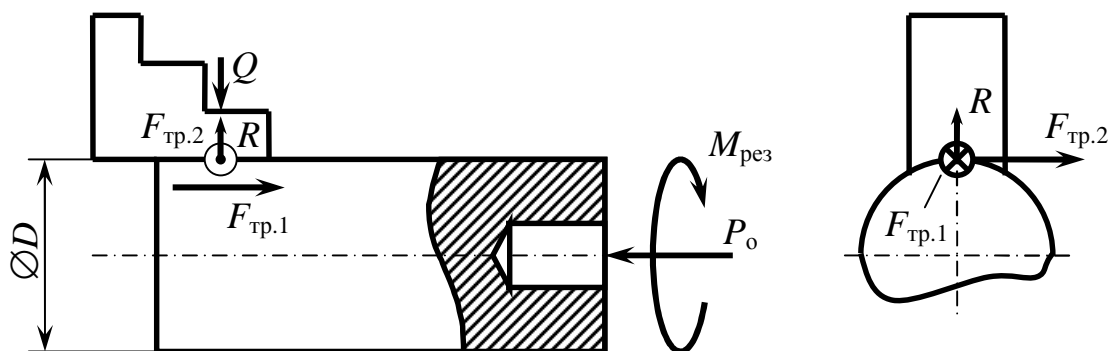


Рис. 2.4. Схема к определению силы закрепления заготовки при сверлении отверстия на токарном станке

Как видно из рисунка, заготовка в трёхкулачковом патроне может перемещаться вдоль кулачков под действием силы резания P_0 и проворачиваться в кулачках под действием момента резания $M_{рез}$. Необходимо приложить такую силу зажима Q к каждому кулачку, чтобы заготовка оставалась неподвижной относительно патрона при выполнении операции.

Силы трения между кулачком и заготовкой определяем по формуле (2.5), при условии, что $R = Q$, тогда при перемещении $F_{тр.1} = f_1 Q$, а при проворачивании $F_{тр.2} = f_2 Q$.

Определим величину силы закрепления по двум условиям – предотвращение сдвига заготовки вдоль оси патрона и предотвращение её проворачивания вокруг этой оси в кулачках патрона.

1) Недопустимость перемещения заготовки вдоль оси патрона

Пользуясь принятыми обозначениями и учитывая, что у патрона три кулачка, составим уравнение равновесия сил в направлении действия силы P_0 :

$$P_0 \leq 3F_{\text{тр.1}}.$$

Подставим в полученное уравнение выражение для $F_{\text{тр.1}}$ и введем коэффициент запаса закрепления k

$$kP_0 \leq 3f_1Q.$$

Окончательно получим

$$Q \geq \frac{kP_0}{3f_1}.$$

2) Недопустимость провертывания заготовки в кулачках патрона

Пользуясь принятыми обозначениями и учитывая, что у патрона три кулачка, составим уравнение равновесия моментов вокруг оси заготовки в направлении действия момента резания $M_{\text{рез}}$:

$$M_{\text{рез}} \leq 3M_{\text{тр}},$$

где $M_{\text{тр}}$ – момент силы трения при провертывании заготовки. Определяется как сила трения $F_{\text{тр.2}}$ умноженная на соответствующее плечо:

$$M_{\text{рез}} \leq 3F_{\text{тр.2}} \frac{D}{2},$$

где D – диаметр наружной цилиндрической поверхности заготовки на участке закрепления её в кулачках (рис. 2.4).

После подстановки выражения для $F_{\text{тр.2}}$ и введения коэффициента запаса закрепления k , уравнение примет вид

$$kM_{\text{рез}} \leq 3f_2Q \frac{D}{2}.$$

Окончательно получим

$$Q \geq \frac{2kM_{\text{рез}}}{3f_2D}.$$

Выполняем расчет силы Q по двум полученным формулам:

а) для предотвращения сдвига

$$Q_1 = \frac{kP_o}{3f_1} = \frac{2,2 \cdot 420}{3 \cdot 0,3} = 1027 \text{ Н};$$

а) для предотвращения проворота

$$Q_2 = \frac{2kM_{\text{рез}}}{3f_2D} = \frac{2 \cdot 2,2 \cdot 6}{3 \cdot 0,12 \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = 1222 \text{ Н}.$$

Из полученных по двум условиям значений силы закрепления Q выбираем наибольшую в качестве требуемой силы, т. е. $Q = 1222 \text{ Н}$ для одного кулачка.

Пример №2. Для сверления отверстий в заготовке D она устанавливается в кондукторе 1 и закрепляется при помощи быстросъемной шайбы 2 и тяги 3, которая соединена со штоком пневмоцилиндра 4 (рис. 2.5). Определить силу на штоке пневмоцилиндра, которую нужно создать для надежного закрепления заготовки, если $P_o = 62 \text{ Н}$, $M_{\text{св}} = 50 \text{ Нмм}$, диаметр сверла $d_{\text{св}} = 6 \text{ мм}$, коэффициент запаса 2,5. Наружный диаметр заготовки $D = 100 \text{ мм}$, диаметр установочного отверстия кондуктора $d = 40 \text{ мм}$. Расстояние от оси отверстия до оси заготовки $r = 45 \text{ мм}$.

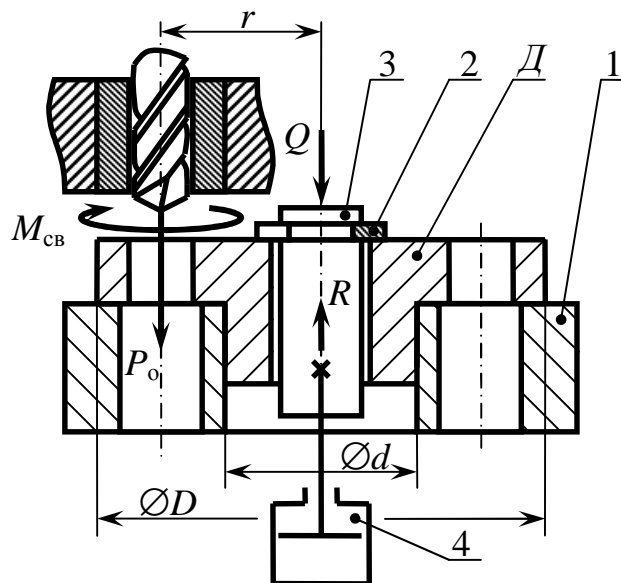


Рис. 2.5. Схема обработки заготовки в кондукторе:

1 – кондуктор; 2 – быстросъемная шайба; 3 – тяга; 4 – пневмоцилиндр; Д – заготовка

Из рисунка видно, что сила резания P_o направлена в установочный элемент (в корпус приспособления), смещение заготовки в данном на-

правлении невозможно. Исходя из этого, расчет силы закрепления будем проводить по условию непроворачиваемости заготовки в приспособлении по действием момента M_{CB} :

$$kM \leq M_{тр},$$

где M – момент, пытающийся провернуть заготовку вокруг своей оси, который определяется по известному моменту сверления и точке его приложения

$$M = \frac{M_{CB}}{\frac{d_{CB}}{2}} \cdot r = \frac{2M_{CB}r}{d_{CB}};$$

$M_{тр}$ – момент трения, удерживающий заготовку от проворота, в данном случае представляет собой момент трения по установочному элементу. Момент трения по зажимному элементу не учитываем, так как отсутствует жесткая связь его с корпусом приспособления. Момент трения по установочному элементу, который определяется как момент трения по кольцевой площадке (табл. 2.6):

$$M_{тр} = \frac{1}{3} Rf \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} = \frac{1}{3} (Q + P_o) f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}.$$

С учетом приведенных выражений окончательно получаем

$$k \frac{2M_{CB}r}{d_{CB}} = \frac{1}{3} (Q + P_o) f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}.$$

Из записанного уравнения выражаем требуемую силу закрепления Q

$$Q = \frac{6kM_{CB}r}{fd_{CB}} \left(\frac{D^2 - d^2}{D^3 - d^3} \right) - P_o.$$

Подставляя заданные значения, получим:

$$Q = \frac{6 \cdot 2,5 \cdot 50 \cdot 45}{0,16 \cdot 6} \left(\frac{100^2 - 40^2}{100^3 - 40^3} \right) - 62 = 254 \text{ Н}.$$

Таким образом, сила закрепления заготовки в приспособлении должна составлять 254 Н.

Пример №3. На рис. 2.6а показана заготовка, которая установлена в призме с углом α . Требуется получить формулу для определения требуемой силы закрепления Q , если на заготовку действует крутящий момент резания M , торцы заготовки свободны, а зажимной элемент жестко связан с корпусом приспособления.

В соответствии со схемой установки, заготовка контактирует наружной поверхностью с установочными поверхностями призмы с одной стороны, и с зажимным элементом с другой. Заготовка удерживается от проворота за счет сил трения, на торце заготовки сил трения нет.

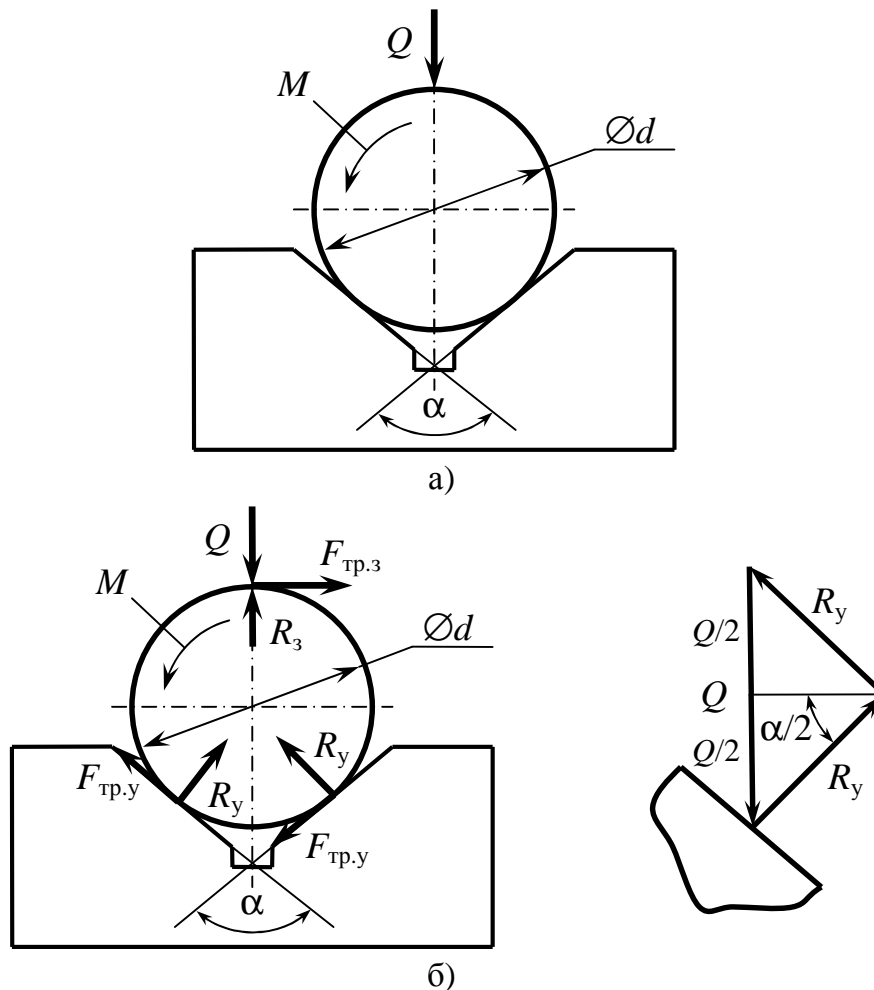


Рис. 2.6. Исходная (а) и расчетная (б) схемы по определению требуемой силы закрепления заготовки при её установке в призму: α – угол призмы; Q – сила закрепления; M – момент сил резания, действующий на заготовку; R_y – реакция установочной поверхности призмы; R_3 – реакция поверхности зажимного элемента; $F_{тр.з}$ – сила трения по зажимному элементу; $F_{тр.у}$ – сила трения по установочному элементу

Чтобы определить требуемую силу закрепления необходимо получить уравнение равновесия, для чего составляем расчетную схему (рис. 2.6б). Уравнение равновесия будет иметь следующий вид

$$kM - 2F_{тр.у} \frac{d}{2} - F_{тр.з} \frac{d}{2} = 0,$$

$$kM - 2f_y R_y \frac{d}{2} - f_3 R_3 \frac{d}{2} = 0,$$

$$R_y = \frac{Q}{2} \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad R_3 = Q.$$

Следовательно

$$Q = \frac{kM}{f_y \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \frac{d}{2} + f_3 \frac{d}{2}} = \frac{2kM}{d \left(f_y \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + f_3 \right)},$$

где f_y, f_3 – коэффициенты трения по установочному и зажимному элементу, соответственно.

Если на заготовку вместо момента M действует сила P , направленная вдоль оси заготовки, то величину требуемой силы закрепления в этом случае можно определить по формуле

$$Q = \frac{kP}{f_y \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + f_3}.$$

Если на заготовку действуют одновременно и сила P и момент M , то в качестве требуемой силы закрепления Q принимают наибольшую из двух расчетных.

Пример №4. Заготовка базируется на оправке с зазором и закрепляется с помощью прихвата (рис. 2.7). От проворота на оправке заготовка удерживается моментами трения по трем опорам и прихвату. Требуется получить формулу для определения требуемой силы закрепления.

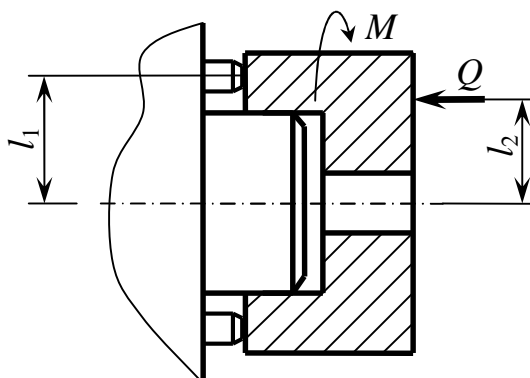


Рис. 2.7. Установка заготовки

Условие равновесия будет выражено следующим уравнением

$$kM - Qf_y l_1 - Qf_3 l_2 = 0,$$

из которого может быть найдена требуемая сила закрепления

$$Q = \frac{kM}{f_y l_1 + f_3 l_2}.$$

2.4. Выбор и расчет зажимных устройств и силовых приводов

Зажимными устройствами называют механизмы, устраняющие возможность вибрации или смещения заготовки относительно установочных элементов приспособления под действием собственного веса или сил, возникающих в процессе обработки. Принцип работы зажимных устройств заключается в том, чтобы выработать и приложить к заготовке требуемую силу закрепления, величина которой была определена по результатам силовых расчетов (п. 2.3). Зажимные механизмы могут использоваться в компоновках с различными механизированными приводами (силовыми узлами), которые вырабатывают исходную силу закрепления. На рис. 2.8 приведена общая схема взаимодействия силового узла и зажимного устройства в процессе закрепления заготовки в приспособлении.



Рис. 2.8. Структурная схема закрепления заготовки:

- Q – требуемая сила закрепления, которую вырабатывает зажимное устройство;
- N – исходная сила закрепления, которую вырабатывает силовой узел;
- i – передаточное отношение зажимного устройства ($i = Q/N$)

По конструкции зажимные устройства обычно являются усилителями, т. е. сила Q , вырабатываемая зажимным механизмом, может быть в несколько раз больше чем исходная сила закрепления N , вырабатываемая силовым узлом, в этом случае $i > 1$. Возможен и противоположный вариант, когда $i < 1$.

Зажимные устройства приспособлений подразделяют на простые и комбинированные, состоящие из нескольких простых механизмов. К простым относят клиновые, винтовые, рычажные, эксцентриковые. Данный класс механизмов обычно называют *зажимами*.

Силовые узлы по конструкции и принципу работы подразделяют на пневматические, гидравлические, магнитные, электрические и др. Наиболее широкое распространение в конструкции механизированных приспособлений получили пневматические силовые узлы, которые изготавливаются в виде пневматических цилиндров (пневмоцилиндров) и диафраг-

менных пневматических камер (пневмокамер), также часто применяют гидравлические цилиндры (гидроцилиндры).

В зависимости от типа зажима и силового узла зажимные устройства можно классифицировать по степени механизации на ручные, механизированные и автоматизированные. Ручные зажимные механизмы требуют применения значительной мускульной энергии рабочего при закреплении и откреплении заготовки. Механизированные работают от привода и используют различные силовые узлы: гидравлические, пневматические, электрические. Автоматизированные зажимные устройства приводятся в действие рабочими органами станка без участия рабочего.

Зажимные устройства можно не применять в двух случаях: при обработке тяжелых устойчивых заготовок, когда силы, действующие на заготовку, значительно меньше, чем её вес; когда силы резания приложены так, что не могут нарушить положение заготовки.

Рассмотрим кратко принцип работы и особенности расчетов зажимных механизмов и силовых узлов различного вида.

Винтовые зажимные устройства

Широко применяются при закреплении заготовок вследствие их простоты, универсальности и безотказности в работе. Они выполняются в виде отдельного нажимного винта, приводимого в движение рукояткой или ключом. Закрепление при помощи винтовых зажимов происходит при силовом контакте закрепляемого объекта с торцом винта или его наконечником (пятой). Нажимные винты для приспособлений стандартизированы, они отличаются конструкцией нажимного торца, рукояткой и способом затяжки. Рекомендации по их выбору и примеры использования можно найти в [9] п. 3.2, [7] гл. 2 п. 8, [10] гл. 3 п. 9, [11] п. 4.3, [8] с. 18 и др. Ссылки на стандарты приведены в Приложении С.

При расчетах данного типа зажимных устройств решается задача определения исходной силы или момента, прикладываемых к рукоятке винта для обеспечения требуемой силы закрепления на его торце. Основной расчетной формулой является следующая:

$$M = M_{\text{тр.р}} + M_{\text{тр.т}}, \quad (2.6)$$

где M – момент, который необходимо приложить к винту, для обеспечения требуемой силы закрепления Q на его торце; $M_{\text{тр.р}}$ – момент трения в резьбе при затяжке винта (гайки); $M_{\text{тр.т}}$ – момент трения на торце винта (гайки) при его затяжке.

Расчетные формулы для определения $M_{тр.р}$ и $M_{тр.т}$ приведены в табл. 2.6 и зависят от исполнения торца винта или гайки и параметров его резьбы. Винтовые зажимы могут входить в состав комбинированных зажимных устройств.

Эксцентрикковые зажимные устройства

Эти зажимные устройства представляют собой эксцентрик, снабженный рукояткой или другим приводом, при помощи которых он приводится в движение и воздействует на объект закрепления [7] гл. 2 п. 9, [10] гл. 3 п. 10, [12] с. 239. Основным достоинством эксцентриков является их быстрое действие. Различают круглые эксцентрики и криволинейные эксцентрики. Круглый эксцентрик представляет собой диск или валик, поворачиваемый вокруг оси, смещенной относительно геометрической оси эксцентрика на некоторую величину, называемую эксцентриситетом. При повороте эксцентрик наружной поверхностью воздействует на закрепляемый объект и за счет увеличения радиуса в точке контакта прижимает его к установочным элементам. Примеры конструкции эксцентриков, рекомендации по их выбору и использованию, а также расчетные формулы можно найти в [28] с.150 – 153 и гл. 6 п. 2, [8] с. 40, табл. 17, [16] с. 88.

Например, основной расчетной формулой для круглого эксцентрика является формула для определения величины крутящего момента, который необходимо приложить к рукоятке эксцентрика для обеспечения требуемой силы закрепления в точке его контакта с заготовкой.

$$N \cdot l = Q \cdot e \cdot (1 + \sin(\alpha' + \varphi)), \quad (2.7)$$

где N – исходная сила, приложенная к рукоятке эксцентрика; l – длина рукоятки эксцентрика; Q – требуемая сила закрепления со стороны эксцентрика; e – эксцентриситет эксцентрика; α' – угол подъема эксцентрика; φ – угол трения эксцентрика.

Другими основными расчетными параметрами эксцентриков является: величина эксцентриситета, его радиус, ширина и размеры цапфы [9].

Эксцентрикковые зажимы, как и винтовые, могут входить в состав комбинированных зажимных устройств. Наиболее часто они применяются в сочетании с рычажными и клиновыми зажимами. Конструкции эксцентриков и другие детали эксцентрикковых зажимов (опоры, рукоятки) стандартизованы, ссылки на соответствующие стандарты приведены в Приложении С.

Клиновые зажимные устройства

В клиновых зажимных устройствах закрепление заготовки осуществляется при воздействии на нее зажимного элемента, приводимого в движение при помощи клина. Клино применяется в двух конструктивных вариантах: односкосый и многоскосый. Односкосый клино может использоваться как с роликами, так и без них.

Расчетные формулы:

а) для односкосого клина без ролика

$$Q = N \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}, \quad (2.8)$$

где Q – требуемая сила закрепления со стороны клина; N – исходная сила, приложенная к клину для его сдвига; α – угол скоса клина; φ – угол трения по скошенной поверхности клина; φ_1 – угол трения по опорной поверхности клина.

б) для односкосого клина с одним роликом

$$Q = N \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{TK}}) + \operatorname{tg} \varphi_1}, \quad (2.9)$$

где φ_{TK} – угол трения-качения ролика по скошенной поверхности клина

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{TK}} = \operatorname{tg} \varphi \frac{d}{D}, \quad (2.10)$$

где D, d – наружный и внутренний диаметр ролика.

Примеры конструкции клиновых зажимных устройств и примеры их использования подробно рассматриваются в [9] п. 3.6 – 3.7, [8] с. 25 и табл. 12 – 14, [28] гл. 6 п. 2, [16] с. 94.

Рычажные зажимные устройства

Рычажные зажимы изготавливаются в виде прихватов, рычагов или передаточных звеньев. Они используются совместно с другими зажимными механизмами (винтами, эксцентриками и др.) часто как усилители. Конструкция прихватов различного вида и особенности их применения рассмотрены в [12], [28]. Ссылки на стандарты даны в Приложении С.

Расчет рычажных зажимов заключается в определении передаточного отношения рычага, исходя из длины его плеч и мест приложения сил. Зная передаточное отношение можно определить величину силы, которая

будет вырабатываться зажимом, при приложении к нему исходной силы закрепления. На рис. 2.9 представлены рычажные зажимы простых конструкций и их расчетные формулы. Другие конструкции рычажных зажимов (в том числе многозвенных) и особенности их расчета можно найти в [6] п. 1.8 с. 95, [9] п. 3.4, [7] гл. II п. 7 и 11, [8] табл. 11 и 17, [12] гл. 6, [10] п. 12 – 14 и п. 38, [28] гл. 6 п. 2 и др.

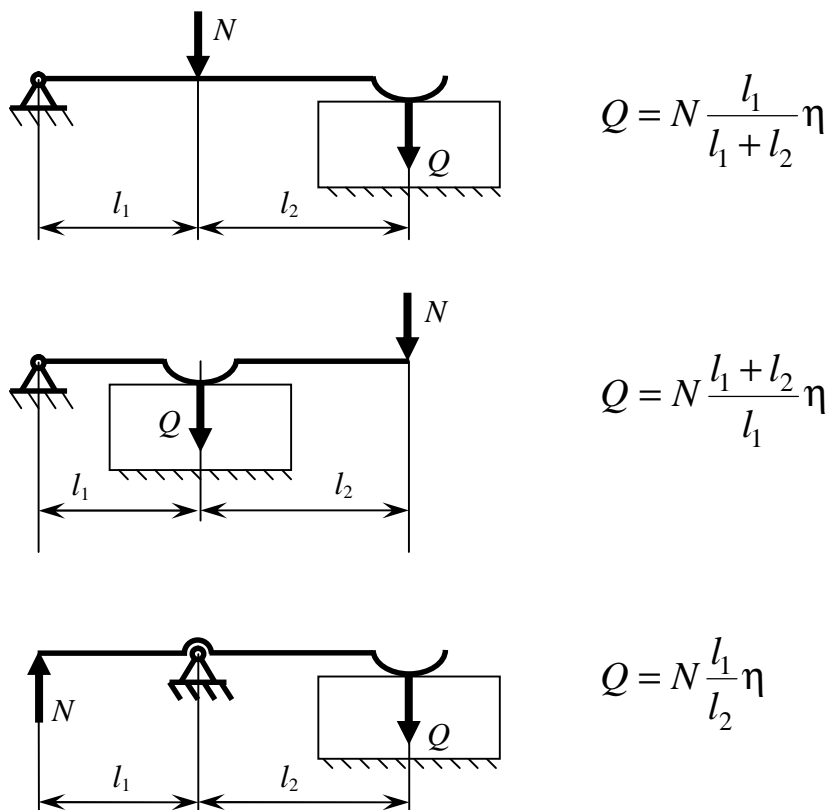


Рис. 2.9. Принципиальные схемы рычажных зажимов:

Q – требуемая сила закрепления, которую выдает зажимное устройство;

N – исходная сила закрепления, которую выдает силовой узел;

l_1, l_2 – плечи рычага рычажного зажима

Комбинированные зажимы рассчитываются путем расчета отдельных простых зажимов входящих в конструкцию комбинированного. Комбинированные зажимы сложных конструкций рассчитывают с помощью составления уравнения равновесия и решения задачи статики.

Пример №5. На рис. 2.10 приведена компоновка приспособления с рычажно-эксцентриковым зажимом. Требуется получить расчетную формулу для нахождения величины исходной силы закрепления N , которую нужно приложить к рукоятке эксцентрика, для закрепления заготовки с требуемой силой закрепления Q .

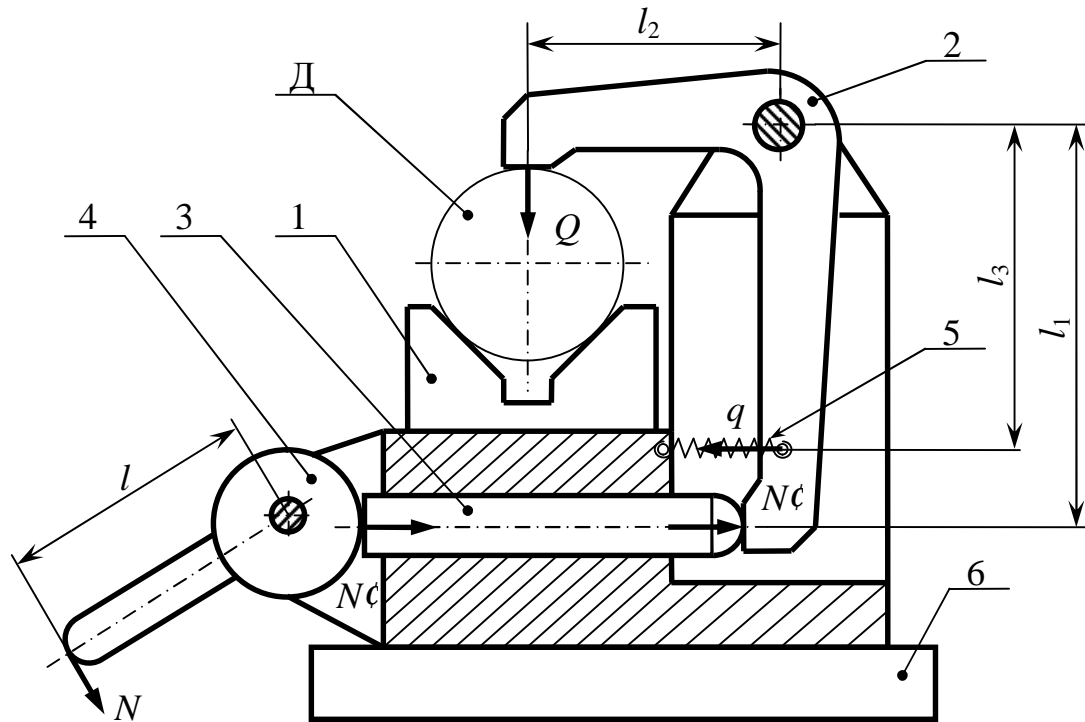


Рис. 2.10. Компоновка станочного приспособления: Д – заготовка, 1 – установочный элемент (призма); 2 – зажимной элемент (рычаг); 3 – толкатель; 4 – круглый эксцентрик; 5 – возвратная пружина; 6 – корпус приспособления; N – исходная сила, приложенная к рукоятке эксцентрика; $N\zeta$ – сила, вырабатываемая эксцентриком (передается толкателем на рычаг); Q – требуемая сила закрепления; q – сила растяжения пружины; l – длина рукоятки эксцентрика; l_1 и l_2 – плечи рычага; l_3 – размер, определяющий место установки возвратной пружины

По формуле (2.7) с учетом рис. 2.10 определяем силу вырабатываемую эксцентриком $N\zeta$ при этом потери, вызванные трением в сопряжении толкателя с отверстием корпуса, учитываем коэффициентом полезного действия η_T

$$N \cdot l = N' \cdot e \cdot \eta_T \cdot (1 + \sin(\alpha' + \varphi)).$$

На основе расчетных схем, приведенных на рис. 2.9, с учетом сопротивления пружины (рис. 2.10), имеем

$$N' = \left(Q \frac{l_2}{l_1} + q \frac{l_3}{l_1} \right) \frac{1}{\eta}.$$

Из этих двух формул получаем формулу для определения исходной силы закрепления, которую нужно приложить к рукоятке эксцентрика

$$N = (Ql_2 - ql_3) \cdot (1 + \sin(\alpha' + \varphi)) \cdot \frac{e \cdot \eta_T}{l_1 \cdot l \cdot \eta}.$$

Силовые узлы

Силовые узлы применяются в станочных приспособлениях для выработки исходной силы закрепления N и удержания заготовки без использования мускульной силы рабочего. Силовые узлы позволяют повысить производительность и облегчить условия труда рабочего по установке и закреплению заготовок в приспособлении. Среди силовых узлов наибольшей популярностью пользуются пневмоцилиндры и гидроцилиндры. Эти силовые узлы приводятся в действие при подаче на них сжатого воздуха (для пневмоцилиндров) или масла (для гидроцилиндров) под постоянным давлением из пневмо- или гидросистемы. Различают цилиндры одностороннего и двустороннего действия. В цилиндрах одностороннего действия (рис. 2.11а) давление подается только в одну полость цилиндра, обратный ход реализуется за счет пружины. В цилиндрах двустороннего действия (рис. 2.11б) прямой и обратный ход штока осуществляется подачей давления, как в поршневую, так и в штоковую полость соответственно.

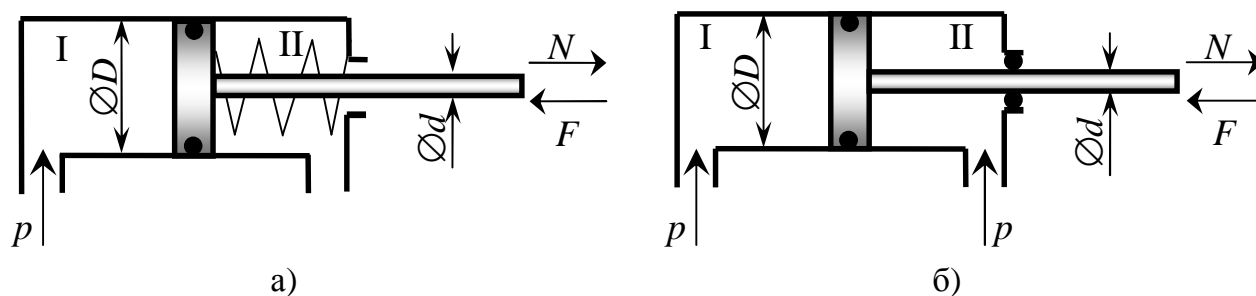


Рис. 2.11. Схема конструкции пневмо- и гидроцилиндров одностороннего (а) и двустороннего (б) действия:

D – диаметр цилиндра; d – диаметр штока;

N – толкающая сила на штоке; F – тянущая сила на штоке;

p – давление воздуха или масла подаваемых в цилиндры;

I – поршневая полость; II – штоковая полость

Для данных силовых узлов расчетные формулы будут следующими:

а) для цилиндров двустороннего действия:

$$N = \frac{\pi D^2}{4} p \eta, \quad F = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta, \quad (2.11)$$

б) для цилиндров одностороннего действия с возвратной пружиной:

$$N = \frac{\pi D^2}{4} p \eta - q, \quad F = q, \quad (2.12)$$

где q – сила противодействия пружины (90 – 200 Н), η – коэффициент полезного действия цилиндра (0,85 – 0,9).

Основные стандартные размеры пневмо- и гидроцилиндров, размеры и исполнение их штоков, а также нормализованное давление воздуха и масла приведены в Приложении И, а их конструкцию можно найти в [7] гл. IV, [28] гл. 7 п. 1, [16] с. 112 – 120, [11] п. 4.4 и др.

Кроме цилиндров применяют силовые приводы в виде диафрагменных пневмокамер, которые чаще всего выполняют в виде камер одностороннего действия и подразделяют на пневмокамеры с тарельчатой резиноканевой диафрагмой, с плоской резиноканевой диафрагмой, с плоской резиновой диафрагмой. Перемещение штока осуществляется за счет прогиба диафрагмы при подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмокамеры. Возврат штока и диафрагмы в исходное положение осуществляется за счет действия пружины (рис. 2.12).

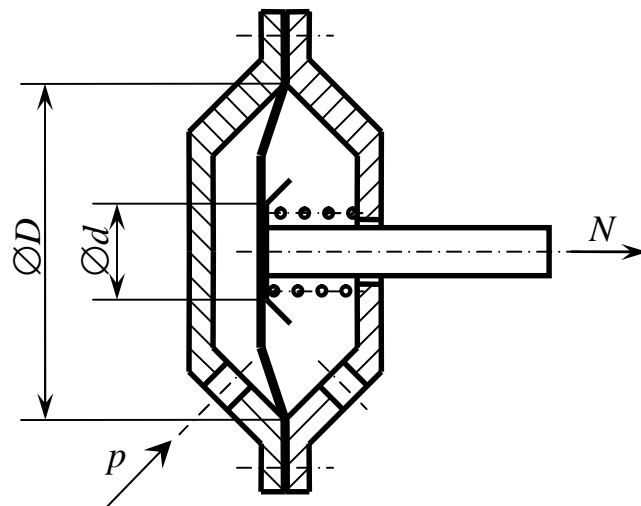


Рис. 2.12. Схема конструкции пневмокамеры одностороннего действия:

D – диаметр диафрагмы; d – диаметр опорного диска диафрагмы;

N – толкающая сила на штоке; p – давление воздуха, подаваемого в пневмокамеру

В пневмокамерах сила на штоке N меняется при перемещении штока от исходного положения в конечное. Оптимальная длина хода штока пневмокамеры, при котором сила N изменяется незначительно, зависит от расчетного диаметра диафрагмы, её толщины и материала. Расчет пневмокамер заключается в определении силы N на штоке и длину его рабочего хода. Для пневмокамер одностороннего действия используются следующие расчетные зависимости:

а) для тарельчатых и плоских резиноканевых диафрагм:

$$N = \frac{\pi}{16} (D + d)^2 p - q, \quad N_L = \frac{0,75\pi}{16} (D + d)^2 p - q; \quad (2.13)$$

б) для плоских резиновых диафрагм:

$$N = \frac{\pi}{4} d^2 p - q, \quad N_L = \frac{0,9\pi}{4} d^2 p - q, \quad (2.14)$$

где N – сила на штоке пневмокамеры в исходном положении; D – диаметр диафрагмы; d – диаметр опорного диска диафрагмы; p – давление сжатого воздуха; q – сила противодействия пружины (90 – 200 Н), N_L – сила на штоке в положении закрепления L (для тарельчатых резинотканевых диафрагм $L = 0,3D$, для плоских резинотканевых диафрагм $L = 0,07D$, для плоских резиновых диафрагм $L = 0,22D$).

Формулы (2.11) – (2.14) часто используются для определения размеров поршня или штока пневмоцилиндров и пневмокамер. Такая задача часто возникает, когда известна требуемая величина силы на штоке силового узла, и надо определить его размеры. Причем полученные расчетные значения размеров цилиндров и камер должны быть округлены до ближайшего большего значения из стандартного ряда размеров (Приложение И).

В цеховых условиях сжатый воздух, необходимый для работы пневматических силовых приводов приспособлении обычно поступает на рабочие места из централизованной системы (пневмосети), включающей в себя: компрессорные станции с системой подготовки сжатого воздуха (фильтры, влагоотделители, лубрикаторы, регуляторы), распределители, пневмомагистраль и т. д. Возможно применение и индивидуальных систем обеспечения сжатым воздухом. Для подачи воздуха непосредственно в пневмоцилиндры приспособлений на рабочем месте, используются пневмокраны или распределители, которые могут входить в конструкцию приспособления или размещаться отдельно, например, на столе станка рядом с приспособлением, и подключаться к нему с помощью пневматических рукавов (трубок) с одной стороны, а с другой стороны – к пневмосети ([7] гл. IV п. 7, [10] гл. 6, [28] гл. 7 п. 1, [12] с. 190 – 205).

Для гидравлических силовых приводов рабочей средой является масло, подача которого обычно осуществляется в индивидуальном порядке из гидросистемы соответствующего станка, в которую входят: маслонасос, фильтры, регуляторы, распределители, ёмкости (баки) для масла и т. д. ([6] с. 70, [7] гл. 5, [8] с. 84, [16] с. 121 – 127).

Во всех системах индивидуального обеспечения давление рабочей среды может быть задано любым в допустимом диапазоне значений с помощью регуляторов, в централизованных системах оно *стандартизовано*.

По конструкции силовые приводы могут быть встроенными, прикрепляемыми и агрегатированными.

Встроенными называются приводы, в которых полость под поршень или диафрагму создана непосредственно в корпусе приспособления. Этим достигается компактность при наименьшем количестве деталей, но такой привод не может быть полностью использован в других приспособлениях. Их широко применяют в конструкциях специальных и специализированных приспособлений, которые часто имеют литые корпуса.

Прикрепляемыми называются отдельно собранные узлы, прикрепляемые к приспособлению. Достоинство их в том, что они могут быть стандартными и использоваться на различных приспособлениях. Применяются в конструкциях сборных и переналаживаемых приспособлений.

Агрегатированными называют отдельные специальные силовые установки, укомплектованные воздухораспределительным устройством и закрепленные вне приспособления.

К силовым приводам предъявляют следующие требования:

- простота конструкции и управления,
- низкая стоимость,
- высокое быстродействие,
- надежность и стабильность работы,
- нечувствительность к изменению условий окружающей среды,
- малые габариты и масса,
- высокий коэффициент полезного действия,
- соблюдение требований по технике безопасности.

Использование силовых узлов позволяет решить две задачи: повысить производительность и облегчить условия труда рабочего по закреплению заготовок в приспособлении.

Основным недостатком при использовании силовых узлов в станочных приспособлениях является увеличение расходов на их проектирование, изготовление и обслуживание.

Выбор силового привода для станочного приспособления определяется конструкцией станка, конструкцией и размерами обрабатываемых заготовок, размерами партии и типом производства, величиной силы закрепления, требуемым быстродействием и другими факторами.

2.5. Расчет станочного приспособления на точность

2.5.1. Суммарная погрешность изготовления детали

Погрешности, возникающие в процессе изготовления деталей машин, неизбежны, так как обусловлены множеством неточностей, сопровождающих любой производственный процесс. Обрабатываемые детали в любой стадии обработки и в готовом виде имеют отклонения от геометрически точной формы и номинальных размеров, заданных чертежом.

Суммарная погрешность изготовления по любому размеру или форме детали при выполнении любой технологической операции механической обработки складывается из погрешности положения заготовки в приспособлении, погрешности настройки станка и инструмента на выполняемый размер, погрешности метода обработки и некоторых других. Эту сумму можно представить в аналитическом виде

$$\varepsilon_{\Sigma} = \varepsilon_{\text{обр}} + \varepsilon_{\text{н}} + \varepsilon_{\text{пр}} + \varepsilon_{\text{др}}, \quad (2.15)$$

где ε_{Σ} – суммарная погрешность по выполняемому операционному размеру, возникающая на данной технологической операции;

$\varepsilon_{\text{обр}}$ – погрешность, свойственная методу обработки на рассматриваемой операции (погрешность обработки);

$\varepsilon_{\text{н}}$ – погрешность настройки технологической системы на выполняемый размер (погрешность настройки);

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – погрешность, связанная с фактическим положением заготовки в приспособлении (погрешность приспособления);

$\varepsilon_{\text{др}}$ – другие погрешности, обусловленные факторами, независимыми от метода обработки, способа настройки и конструкции приспособления. К ним относятся: погрешность базирования, погрешность измерения, погрешность, связанная с квалификацией рабочего и другие погрешности. Вклад этих погрешностей по отдельности незначителен, однако в сумме они могут повлиять на получаемый результат. В расчетах для данной категории погрешностей рекомендуется выделять часть операционного допуска выполняемого размера $\varepsilon_{\text{др}} = (0,05 - 0,1) \cdot T_A$, где T_A – допуск на выполняемый размер A .

Точность выполняемого на технологической операции размера (или формы) будет обеспечена в том случае, когда сумма всех возможных погрешностей, возникающих в процессе обработки, не будет превышать величину допуска, установленного на этот размер (форму), т. е. должно выполняться условие

$$\varepsilon_{\Sigma} \leq T_A, \quad (2.16)$$

где ε_{Σ} – суммарная погрешность по выполняемому операционному размеру (форме), возникающая на данной технологической операции;

T_A – допуск на выполняемый операционный размер A .

Таким образом, допуском задается *наибольшее* возможное значение погрешности размера или формы детали.

Условие (2.16) с учетом (2.15) можно представить в виде следующего неравенства:

$$\varepsilon_{\text{обр}} + \varepsilon_{\text{н}} + \varepsilon_{\text{пр}} + \varepsilon_{\text{др}} \leq T_A. \quad (2.17)$$

Из данного неравенства видно, что допуск разбивается на несколько составляющих, для компенсации каждой из возможных погрешностей, возникающих при выполнении технологической операции. Конструкция приспособления и точность его изготовления учитывается только погрешностью положения заготовки в приспособлении $\varepsilon_{\text{пр}}$, остальные погрешности не относятся к приспособлению и могут быть определены на основе справочных формул и статистических данных. Величина погрешности $\varepsilon_{\text{пр}}$ обеспечивается разработкой конструкции приспособления, и именно на неё следует ориентироваться при выполнении точностных расчетах приспособлений.

Для того, что бы определить какая часть допуска может быть выделена на компенсацию погрешности $\varepsilon_{\text{пр}}$, можно привести условие (2.17) к следующему виду:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T_A - (\varepsilon_{\text{обр}} + \varepsilon_{\text{н}} + \varepsilon_{\text{др}}). \quad (2.18)$$

Правая часть полученной формулы имеет структурный характер и не является точным математическим выражением, так как суммирование погрешностей должно производиться не арифметически, а по определенным правилам, рассмотренным в учебной дисциплине «Основы технологии машиностроения». С учетом этого, формула (2.18) примет вид:

$$[\varepsilon_{\text{пр}}] = T_A - k_T \sqrt{\varepsilon_{\text{обр}}^2 + \varepsilon_{\text{др}}^2} + \varepsilon_{\text{н}}, \quad (2.19)$$

где $[\varepsilon_{\text{пр}}]$ – допустимая погрешность приспособления;

k_T – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения (в расчетах рекомендуется принимать значение $k_T = 1 - 1,2$).

2.5.2. Погрешность обработки и её определение

Погрешность обработки $\varepsilon_{\text{обр}}$ возникает непосредственно в процессе обработки заготовки на станке по причине таких факторов как:

- геометрическая неточность станка,
- упругие деформации элементов технологической системы (станка, приспособления, инструмента, заготовки) под воздействием сил резания,
- температурные деформации,
- неточность изготовления и износ режущего инструмента,
- другие причины систематического и случайного характера.

В связи с тем, что для точного определения погрешности обработки очень сложно получить все необходимые данные, величину $\varepsilon_{\text{обр}}$ укрупненно определяют по величине средней экономической точности обработки следующим образом:

$$\varepsilon_{\text{обр}} = k\omega, \quad (2.20)$$

где ω – точность обработки на размер детали при выполнении технологической операции (соответствует табличному значению средней экономической точности обработки и приводится в справочниках для большинства методов обработки, например, в [11], [27] и [30]);

k – коэффициент уменьшения величины ω , которым учитывается доля точности обработки в суммарной погрешности ($k = 0,6 - 0,8$).

В данном пособии в табл. 2.7 приводятся значения $\varepsilon_{\text{обр}}$, рассчитанные для некоторых основных методов механической обработки резанием. Значения даны в определенном диапазоне.

Меньшие значения для $\varepsilon_{\text{обр}}$ следует использовать в расчетах в том случае, когда операция выполняется на новом оборудовании, новым изношенным и настроенным инструментом, обеспечено охлаждение и достаточная жесткость элементов технологической системы, когда гарантирована стабильность получаемых размеров, а влияние случайных факторов (помех) минимально.

Большие значения для $\varepsilon_{\text{обр}}$ следует использовать тогда, когда обработка производится на изношенном оборудовании, при недостаточной жесткости элементов технологической системы, отсутствии охлаждения, а также при значительном влиянии случайных факторов на процесс обработки.

Таблица 2.7

Ориентировочная погрешность различных методов обработки $\epsilon_{обр}$, мкм,
основанная на их экономической точности

Метод обработки	Диапазон размеров, мм								
	до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 250	св. 250 до 355	св. 355
<i>Точение, растачивание</i>									
Черновое	108– –144	126– –168	150– –200	180– –240	324– –432	378– –504	432– –576	840– –1120	930– –1240
Получистовое	66– –88	78– –104	96– –128	114– –152	132– –176	150– –200	276– –368	342– –456	378– –504
Чистовое	42– –56	50– –67	60– –80	72– –96	84– –112	96– –128	174– –232	216– –288	240– –320
Тонкое	11– –14	13– –17	15– –20	18– –24	21– –28	24– –32	43– –58	53– –71	58– –78
<i>Сверление</i>									
По кондуктору	66– –88	78– –104	96– –128	114– –152	132– –176	150– –200	174– –232	216– –288	240– –320
Без кондуктора	108– –144	126– –168	150– –200	180– –240	324– –432	378– –504	432– –576	534– –712	582– –776
<i>Зенкерование</i>									
Черновое	108– –144	126– –168	150– –200	180– –240	324– –432	378– –504	432– –576	534– –712	582– –776
Получистовое	66– –88	78– –104	96– –128	114– –152	132– –176	150– –200	174– –232	216– –288	240– –320
Чистовое	42– –56	50– –67	60– –80	72– –96	84– –112	96– –128	111– –148	138– –184	150– –200
Тонкое	11– –14	13– –17	15– –20	48– –64	21– –28	24– –32	28– –37	34– –46	38– –50
<i>Развертывание</i>									
Черновое	26– –34	31– –42	37– –50	44– –59	52– –70	60– –80	69– –92	84– –112	93– –124
Получистовое	16– –22	20– –26	23– –31	28– –37	32– –43	38– –50	43– –58	53– –71	58– –78
Чистовое	11– –14	13– –17	15– –20	18– –24	21– –28	24– –32	28– –37	34– –46	38– –50
Тонкое	5– –6	5– –7	7– –9	8– –10	13– –18	15– –20	17– –23	22– –29	24– –32
<i>Шлифование валов</i>									
Однократное	26– –34	31– –42	37– –50	44– –59	52– –70	60– –80	111– –148	138– –184	150– –200
Чистовое	16– –22	20– –26	23– –31	28– –37	32– –43	38– –50	69– –92	84– –112	93– –124
Тонкое	5– –6	5– –7	7– –9	11– –15	13– –18	15– –20	28– –37	34– –46	38– –50
Бесцентровое	16– –22	20– –26	37– –50	44– –59	84– –112	96– –128	174– –232	216– –288	240– –320

Метод обработки	Диапазон размеров, мм								
	до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180	св. 180 до 250	св. 250 до 355	св. 355
<i>Шлифование отверстий</i>									
Черновое	26– –34	31– –42	37– –50	44– –59	52– –70	60– –80	69– –92	84– –112	93– –124
Получистовое	16– –22	20– –26	23– –31	28– –37	32– –43	38– –50	43– –58	53– –71	58– –78
Чистовое	11– –14	13– –17	15– –20	18– –24	21– –28	24– –32	28– –37	34– –46	38– –50
Тонкое	5– –6	5– –7	7– –9	8– –10	13– –18	15– –20	17– –23	22– –29	24– –32
Хонингование	5– –6	5– –7	7– –9	8– –10	13– –18	15– –20	17– –23	22– –29	24– –32
<i>Шлифование плоских поверхностей</i>									
Черновое	26– –34	31– –42	37– –50	44– –59	52– –70	60– –80	69– –92	84– –112	93– –124
Чистовое	16– –22	20– –26	23– –31	28– –37	32– –43	38– –50	43– –58	53– –71	58– –78
Тонкое	11– –14	13– –17	15– –20	18– –24	21– –28	24– –32	28– –37	34– –46	38– –50
<i>Фрезерование плоскостей и строгание</i>									
Черновое	66– –88	78– –104	96– –128	114– –152	210– –280	240– –320	276– –368	342– –456	378– –504
Получистовое	26– –34	31– –42	37– –50	44– –59	84– –112	96– –128	111– –148	138– –184	150– –200
Чистовое	16– –22	20– –26	23– –31	28– –37	52– –70	60– –80	69– –92	84– –112	93– –124
<i>Протягивание</i>									
Чистовое	11– –14	13– –17	15– –20	18– –24	21– –28	24– –32	28– –37	34– –46	38– –50
<i>Нарезание метрической резьбы ГОСТ 16093-2004</i>									
Резцами	8– –11	9– –12	11– –14	13– –16	15– –20	18– –22	20– –26	25– –30	28– –32
Плашками	27– –34	33– –40	39– –48	46– –56	54– –64	63– –74	72– –90	89– –99	97– –105
Гребенками	8– –27	9– –33	11– –39	13– –46	15– –54	18– –63	20– –72	25– –89	28– –97
Метчиками	11– –14	13– –18	16– –22	19– –25	22– –28	25– –32	29– –34	32– –38	36– –40
Фрезами	11– –14	13– –18	16– –22	19– –25	22– –28	25– –32	29– –34	32– –38	36– –40
<i>Примечание.</i>									
Значения погрешности $\epsilon_{\text{обр}}$ рассчитаны для основных методов обработки с использованием данных из [11], табл. П5 – П20 и формулы (2.20).									

2.5.3. Погрешность настройки и её определение

Погрешность настройки ε_n возникает в процессе настройки станка на размер, под которой понимают согласованную установку режущего инструмента, рабочих элементов станка и установочных элементов приспособления в положение, которое обеспечивает получение выдерживаемого размера с заданным допуском на изготовление. Это положение изменяется при каждом регулировании системы или смене инструмента, что и приводит к возникновению погрешности ε_n .

Для универсальных станков погрешность настройки ε_n в основном определяется погрешностью установки инструмента на размер, которая зависит от погрешности используемых при настройке измерительных средств (меры, индикаторы часового типа, штангенциркули, щупы и т. д.), а также от точности механизма перемещения инструмента. Её значение можно ориентировочно определить по табл. 2.8 в зависимости от вида обработки и значений выдерживаемых размеров.

Для станков с ЧПУ погрешность настройки можно рассматривать как погрешность установки инструмента в заданное положение, которая *складывается* из погрешности положения приспособления в координатной системе станка при настройке и погрешности позиционирования рабочего органа станка

$$\varepsilon_n = \Delta_{\text{пол}} + \Delta_{\text{поз}}, \quad (2.21)$$

где $\Delta_{\text{пол}}$ – погрешность положения приспособления (инструмента) в системе координат станка,

$\Delta_{\text{поз}}$ – погрешность позиционирования рабочего органа станка.

Значения этих погрешностей $\Delta_{\text{пол}}$ и $\Delta_{\text{поз}}$ приведены в табл. 2.9 для различных направлений выдерживаемых размеров (оси X и Y или ось Z).

При настройке положения инструмента по отношению к приспособлению с помощью щупа величина погрешности ε_n может быть определена по формуле:

$$\varepsilon_n = \Delta_{\text{тщ}} + \Delta_{\text{пер}}, \quad (2.22)$$

где $\Delta_{\text{тщ}}$ – погрешность толщины щупа, обусловленная допуском на изготовление, и определяемая его величиной (для щупов по ГОСТ 8925–68 используется поле допуска $h6$);

$\Delta_{\text{пер}}$ – погрешность механизма перемещения инструмента (определяется по технической документации на станок, обычно не более 0,05 мм).

Средние допускаемые погрешности настройки ϵ_n
для лезвийных инструментов, мкм [30]

Интервалы выдерживаемых размеров, мм	Обработка			
	черновая *	чистовая	тонкая	однократная
до 30	40 – 100	10	5	20
св. 30 до 80	60 – 150	20	6	25
св. 80 до 180	80 – 200	30	7	30
св. 180 до 360	100 – 250	40	8	40
св. 360 до 500	120 – 300	50	10	50

* Меньшие значения принимают при обработке точных заготовок, большие значения – при обработке грубых черных заготовок.

Составляющие погрешности настройки ϵ_n станков с ЧПУ, мм [22]

Метод настройки станка	Погрешность положения приспособления (инструмента) в системе координат станка, $\Delta_{пол}$	Погрешность позиционирования рабочего органа станка, $\Delta_{поз}$
<i>По координатам X и Y (плоскость стола)</i>		
Настройка при помощи измерительных инструментов на станках без цифровой индикации (универсальные станки, станки с ЧПУ первых поколений)	0,04 – 0,06	0,02 – 0,03
Настройка методом касания через шуп на станке с цифровой индикацией	0,03 – 0,04	0,02 – 0,03
Настройка при помощи измерительной головки или датчика касания на станках с цифровой индикацией	0,02 – 0,03	0,01 – 0,02
<i>По оси Z (ось шпинделя)</i>		
Настройка инструмента методом касания через шуп на станке с цифровой индикацией	0,046 – 0,05	0,02
Настройка инструментов с помощью специальных приборов вне станка	0,036 – 0,04	0,02
Настройка инструмента при закреплении в шпинделе и использовании датчика касания	0,012 – 0,02	0,02

2.5.4. Погрешность положения заготовки в приспособлении (погрешность приспособления) и её определение

Погрешность положения заготовки в приспособлении $\varepsilon_{\text{пр}}$ является суммарной величиной, в которую входят различные погрешности, так или иначе связанные с конструкцией приспособления, с требованиями по его изготовлению и с условиями эксплуатации, *рассчитанные в направлении выдерживаемого операционного размера*. В аналитическом виде погрешность $\varepsilon_{\text{пр}}$ можно представить следующим образом

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_{\text{нб}} + \varepsilon_3 + \varepsilon_{\text{изн}} + \varepsilon_{\text{изг}} + \varepsilon_{\text{см}} + \varepsilon_{\text{ус}}, \quad (2.23)$$

где $\varepsilon_{\text{нб}}$ – погрешность, возникающая из-за несовмещения измерительной и технологической базы при установке заготовки в приспособление;

ε_3 – погрешность, возникающая в результате закрепления заготовки при её установке в приспособление;

$\varepsilon_{\text{изн}}$ – погрешность, обусловленная износом базирующих элементов приспособления;

$\varepsilon_{\text{изг}}$ – погрешность, связанная с неточностью изготовления деталей приспособления и его сборки;

$\varepsilon_{\text{см}}$ – погрешность, вызванная смещением режущего инструмента в процессе обработки;

$\varepsilon_{\text{ус}}$ – погрешность, возникающая при установке приспособления на стол станка, шпиндель или планшайбу.

С учетом того, что погрешности, входящие в состав $\varepsilon_{\text{пр}}$, относятся как к систематическим, так и случайным величинами, выражение (2.23) примет следующий вид:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{k_1 \varepsilon_{\text{нб}}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{см}}^2} + \varepsilon_{\text{изн}} + \varepsilon_{\text{изг}} + \varepsilon_{\text{ус}} \quad (2.24)$$

где k_1 – коэффициент уменьшения погрешности вследствие того, что действительные размеры установочной поверхности редко равны предельным значениям (в расчетах рекомендуется принимать $k_1 = 0,8 - 0,85$).

2.5.5. Погрешность несовмещения баз и её определение

Погрешность несовмещения баз $\epsilon_{\text{нб}}$ возникает при несовмещении измерительной и технологической баз заготовки при её установке в приспособление, то есть положение измерительных баз отдельных заготовок в партии будет различным относительно обрабатываемой поверхности.

Следует помнить, что правильно разработанная компоновка станочного приспособления должна обеспечивать совмещение измерительной и технологической базы заготовки, поэтому в большинстве случаев погрешность несовмещения баз $\epsilon_{\text{нб}}$ отсутствует. Однако если обеспечить совмещение баз в приспособлении сложно, невозможной или нецелесообразно, появляется погрешность $\epsilon_{\text{нб}}$, вызванная этим несовмещением.

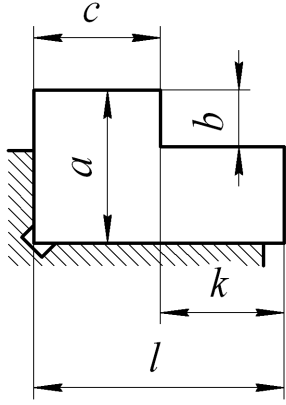
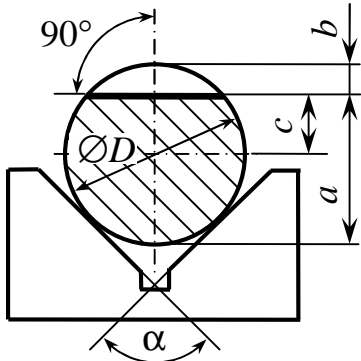
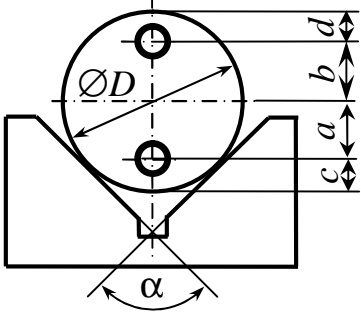
Математически погрешность $\epsilon_{\text{нб}}$ определяется как разность между наибольшей и наименьшей величинами проекций положения измерительной базы в направлении выполняемого размера. Её величина не является абстрактной, а относится к конкретному выполняемому размеру при имеющейся схеме установки заготовки, что следует обязательно указывать в расчетах.

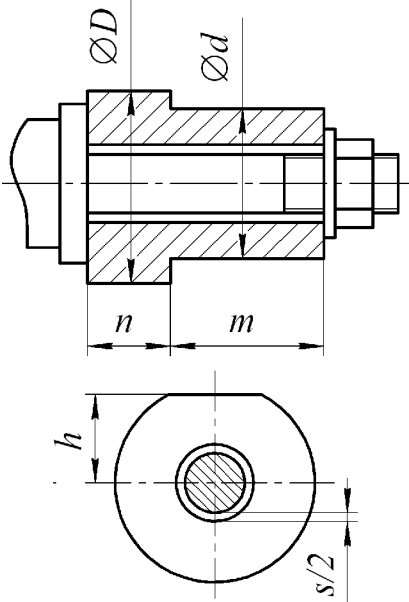
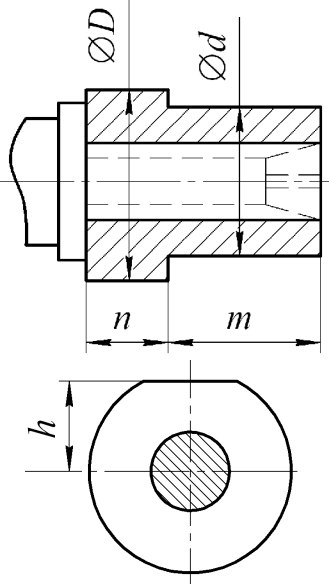
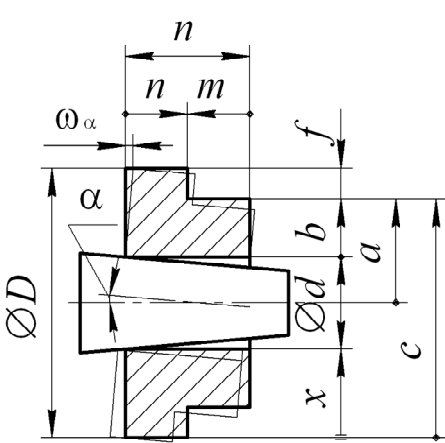
Значение погрешности $\epsilon_{\text{нб}}$ сравнительно просто определяется из анализа геометрических связей, присущих той или иной схеме базирования. Формулы для определения значения погрешности $\epsilon_{\text{нб}}$ можно найти в справочной литературе, например в [6] П. 2, [9] табл. 1, [8] табл. 69, [7] гл. 1 п. 4 – 6, [11] п. 3.4 и др. В данном пособии в табл. 2.10 приведены расчетные зависимости для наиболее часто встречающихся схем установки.

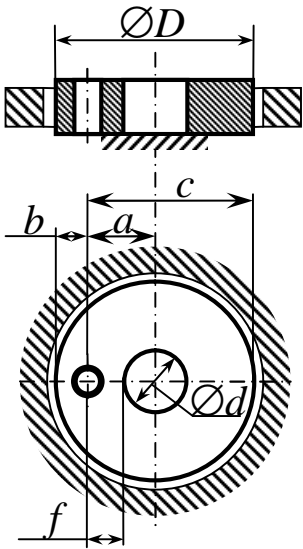
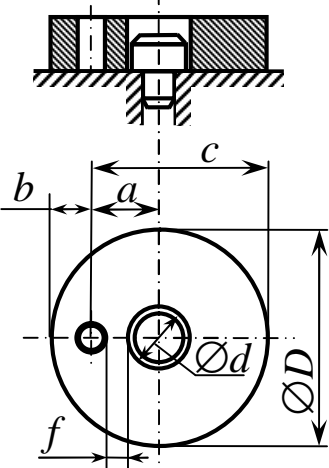
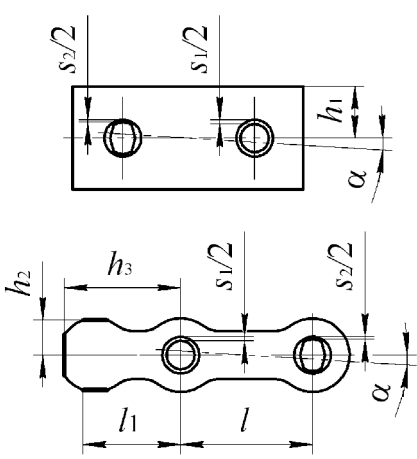
В учебной литературе погрешность несовмещения баз $\epsilon_{\text{нб}}$ часто формально называют погрешностью базирования $\epsilon_{\text{б}}$. Однако не следует путать две этих погрешности друг с другом. Погрешность базирования связана с отклонением фактического положения заготовки от требуемого из-за наличия микро- и макро-отклонений её базовых поверхностей и поверхностей установочных элементов, что и влияет на фактическое положение заготовки в приспособлении (входит в расчет в составе $\epsilon_{\text{др}}$, п. 2.5.1). Эта погрешность присутствует всегда и не может равняться нулю, в то время как погрешность несовмещения баз $\epsilon_{\text{нб}}$ может отсутствовать. Она исключается из расчетных формул, в том случае, когда несовмещение баз не влияет на точность выполняемых размеров. Так, например, погрешность несовмещения баз не влияет на точность диаметральных размеров и размеров, связывающих поверхности, одновременно обрабатываемые одним инструментом или одной инструментальной наладкой, на точность взаимного положения поверхностей и на точность формы последних.

Таблица 2.10

Расчетные зависимости для определения погрешности,
вызванной несовмещением измерительных и технологических баз $\epsilon_{нб}$

Установка	Схема установки	Выполняемый размер	Значение погрешности $\epsilon_{нб}$
По плоскости на опоры или опорные пластины		a	—
		b	T_a
		c	—
		k	T_l
		l	—
По наружной цилиндрической поверхности в призму		a	$\frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$
		b	$\frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)$
		c	$\frac{T_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$
		a	$\frac{T_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$
		b	
		c	$\frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)$
		d	

Установка	Схема установки	Выполняемый размер	Значение погрешности $\epsilon_{нб}$		
По отверстию на оправку с зазором		D	s_{\max}		
		d			
		h			
		При установке оправки на жесткий передний центр		n	—
		m	$\delta_{ц}$	При установке оправки на плавающий передний центр	
		n	—	m	—
		По отверстию на разжимную оправку или оправку с натягом		D	—
d	—				
h	—				
m	T_n				
n	—				
По отверстию на коническую оправку		a	—		
		b	$T_d/2$		
		f	$T_D/2 + e$		
		c			
		n	T_d/K		
		m	$T_d/2 + T_h$		
		ω_{α}	$D \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,5 \cdot D \cdot K$		
		α – половина угла конуса оправки, K – конусность $2 \operatorname{tg} \alpha$			

Установка заготовки	Схема установки	Выполняемый размер	Значение погрешности $\epsilon_{\text{нб}}$
По наружной цилиндрической поверхности в отверстие корпуса или втулки с гарантированным зазором		a	
		b	T_D
		c	
		f	$T_D + \frac{T_d}{2} + e$
На жесткий цилиндрический палец с гарантированным зазором		a	T_d
		f	
		b	$T_d + \frac{T_D}{2} + e$
		c	
По двум цилиндрическим отверстиям на жесткий цилиндрический и срезанный пальцы при обработке верхней плоскости поверхности		h_1	$s_{1\text{max}}$
		h_2	$(s_{1\text{max}} + s_{2\text{max}}) \times \frac{l_1 + l}{2l}$
		h_3	$s_{1\text{max}}$
		$\sin \alpha = \frac{s_{1\text{max}} + s_{2\text{max}}}{2l}$	
<p>$T_a, T_D, T_d, T_b, T_v, T_h$ – допуски на соответствующие размеры, e – эксцентриситет поверхностей, s_{max} – максимальный зазор в сопряжении, D, d – размеры базирующих элементов или заготовки. $\delta_{\text{ц}}$ – допуск на глубину центрального отверстия (0,11 – 0,25 [9], табл. 1, с. 39)</p>			

2.5.6. Погрешность закрепления и её определение

Погрешность закрепления ϵ_3 возникает по причине смещения заготовки из требуемого положения, достигнутого при базировании, в процессе её закрепления. Это смещение связано с отрывом или отходом базовых поверхностей заготовки от установочных элементов приспособления, с деформацией отдельных звеньев цепи, через которую происходит передача силы закрепления (зажимное устройство, заготовка, установочные элементы, корпус приспособления), с контактными деформациями в стыках отдельных звеньев. Из общего баланса перемещений в этой цепи наибольшую величину имеют перемещения в стыке заготовка – установочные элементы.

Математически погрешность закрепления определяется как разность между наибольшей и наименьшей величинами проекций смещения измерительной базы в направлении получаемого размера в результате приложения к заготовке силы закрепления.

Погрешность закрепления зависит от множества факторов: от конструкции приспособления, от размеров и конфигурации заготовки, от точности формы и шероховатости её базовых поверхностей, от величины силы закрепления и места её приложения и т. д. Поэтому точное значение погрешности ϵ_3 можно определить только опытным путем для конкретных схем установки заготовок в приспособлениях.

В табл. 2.11 данного пособия приведены оценочные значения погрешности закрепления ϵ_3 для различных заготовок и приспособлений с различным типом зажимных устройств.

Когда погрешность закрепления не оказывает заметного влияния на точность получаемых размеров, ею обычно пренебрегают. Это происходит в следующих случаях:

- при установке жестких заготовок, а также использовании жестких и хорошо отрегулированных приспособлений,
- когда сила закрепления не действует в направлении выдерживаемого размера,
- при обеспечении точности диаметральных размеров и размеров, связывающих обрабатываемые при данной установке поверхности,
- при обеспечении точности формы и расположения обрабатываемых поверхностей при одной установке заготовки.

Во всех этих случаях составляющая суммарной погрешности e_3 из расчетной формулы исключается.

Таблица 2.11

Погрешность закрепления заготовок ϵ_3 , мкм [22]

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм						
	от 10 до 18	от 18 до 30	от 30 до 50	от 50 до 80	от 80 до 120	от 120 до 180	от 180 до 260
<i>Установка в зажимное приспособление с винтовыми или эксцентриковыми зажимами</i>							
Полученная литьем в песчаную форму	60	70	80	90	100	110	120
Полученная литьем в постоянную форму	50	60	70	80	90	100	110
Полученная литьем по выплавляемой модели	40	50	60	70	80	90	100
Штампованная	100	110	120	135	150	175	200
Горячекатаная	100	110	120	135	150	175	–
Предварительно обработанная	50	60	70	80	90	100	110
Окончательно обработанная	40	50	60	70	80	90	100
Шлифованная	25	30	35	45	60	70	80
<i>Установка в зажимное приспособление с пневматическим или гидравлическим зажимом</i>							
Полученная литьем в песчаную форму	80	90	100	110	120	140	160
Полученная литьем в постоянную форму	55	60	65	70	80	90	100
Полученная литьем по выплавляемой модели	40	50	55	60	70	80	90
Штампованная	80	90	100	110	120	140	160
Горячекатаная	80	90	100	110	120	140	–
Предварительно обработанная	40	50	55	60	70	80	90
Окончательно обработанная	30	35	40	50	60	70	80
Шлифованная	15	20	25	30	35	40	45

2.5.7. Погрешность износа и её определение

Погрешность износа $\epsilon_{\text{изн}}$ – это погрешность вызванная износом установочных элементов приспособлений, она характеризует отклонение заготовки от требуемого положения вследствие износа установочных элементов в направлении выполняемых размеров.

Основным параметром, характеризующим погрешность износа, является износ установочных элементов по нормали к их поверхности. Величина этого износа зависит от времени работы приспособления, от конструкции и размеров установочных элементов, от материала и массы заготовки, от состояния её базовых поверхностей, а также от условий установки заготовки в приспособление и её снятия. Наиболее подвержены износу постоянные и регулируемые опоры, боковые поверхности призмы, так как у этих деталей контакт с заготовкой происходит по малым площадкам. Менее интенсивно изнашиваются опорные пластины и цилиндрические пальцы. Установочные элементы приспособления изнашиваются сильнее при контакте с необработанными поверхностями заготовок, и в меньшей степени при контакте с обработанными поверхностями. Скорость изнашивания возрастает с увеличением массы заготовки и наличием её сдвига по опорам при установке в приспособление.

В связи с тем, что на величину износа влияет множество факторов, в том числе и случайных, определить его расчетным путем весьма затруднительно. Чаще всего для оценки величины возможного износа используют справочные данные, полученные на основе опытных исследований.

Так возможную величину износа U можно оценить по следующей формуле [22]:

$$U = U_0 \cdot k_t \cdot k_l \cdot k_y, \quad (2.25)$$

где U_0 – величина износа по нормали к поверхности, полученная на основании опытных данных (значения U_0 приведены в табл. 2.12);

k_t – коэффициент, учитывающий время контакта заготовки с опорами (ориентировочно данный коэффициент может быть определен следующим образом $k_t = 0,79 t_{\text{маш}}$, где $t_{\text{маш}}$ – машинное время, мин);

k_l – коэффициент учитывающий длину пути скольжения при установке заготовки (значения коэффициента k_l приведены в табл. 2.13);

k_y – коэффициент учитывающий условия обработки (значения коэффициента k_y приведены в табл. 2.14).

Таблица 2.12

Средняя величина износа, полученная опытным путем, U_o , мкм

Тип установочного элемента	Число контактов с заготовкой								
	до 1000	до 1500	до 2000	до 2500	до 3000	до 3500	до 4000	до 4500	до 5000
Пластина установочная	0,3	1,16	2	2,8	3,7	4,5	5,3	6,2	7
Палец установочный	5,7	6,8	8	9,2	10,3	11,5	12,7	13,8	15
Опора установочная	5,9	7,1	8,4	9,7	10,9	12,2	13,5	14,7	16
Призма установочная	3,7	4,3	5	5,7	6,3	7	7,7	8,3	9
Оправка, отверстие	0,1	0,3	1	1,7	2,3	3	3,7	4,3	5

Таблица 2.13

Значения коэффициента k_l

Тип оборудования, на котором используется приспособление	Коэффициент k_l
Универсальные станки	1
Станки с ЧПУ, специальные и агрегатные станки	1,25
Станки-автоматы, полуавтоматы, автоматические линии	1,51

Таблица 2.14

Значения коэффициента k_y

Условия обработки	Коэффициент k_y
Шлифование чугуна без охлаждения	1,58
Шлифование закаленной стали с охлаждением	1,32
Точение, фрезерование, сверление чугуна без охлаждения	1,12
Точение, фрезерование, сверление незакаленной стали без охлаждения	1,00
Точение, фрезерование, сверление незакаленной стали с охлаждением	0,94

Полученная по формуле (2.25) величина – износ в направлении нормали к поверхности установочного элемента приспособлений. Для определения погрешности износа $\epsilon_{\text{изн}}$, необходимо спроецировать её на направление выдерживаемого в приспособлении размера заготовки.

На рис. 2.13 приведены три варианта установки заготовок в приспособления. В первом случае (рис. 2.13а) заготовка устанавливается на плоскую поверхность и на ней изготавливается лыска по настроечному размеру A_n . Рассмотрены две граничные ситуации: когда установочный элемент не изношен, тогда после обработки имеем глубину лыски A_2 , когда изношен на величину U , имеем размер A_1 . Погрешность износа в направлении выдерживаемого размера в данном случае будет определяться как

$$\epsilon_{\text{изн}} = A_2 - A_1 = U. \quad (2.26)$$

Во втором случае (рис. 2.13б) заготовка устанавливается на цилиндрический палец. Рассмотрены две граничные ситуации, связанные с двумя положениями заготовки на изношенном пальце, одно соответствует наименьшему значению A_1 выдерживаемого размера, другое – наибольшему A_2 . Погрешность износа в направлении выдерживаемого размера в данном случае будет определяться как

$$\epsilon_{\text{изн}} = A_2 - A_1 = 2U. \quad (2.27)$$

В третьем случае (рис. 2.13в) заготовка устанавливается на призму. Погрешность износа в направлении выдерживаемого размера в данном случае будет определяться как

$$\epsilon_{\text{изн}} = A_2 - A_1 = \frac{U}{\sin \frac{\alpha}{2}}. \quad (2.28)$$

Аналогичные расчеты следует проводить и для других схем установки заготовок в приспособления. Погрешность износа можно не учитывать при условии, что износ не оказывает влияние на выполняемый размер или предусмотрена его компенсация в процессе наладки или подналадки приспособления. В этом случае составляющая суммарной погрешности $\epsilon_{\text{изн}}$ из расчетной формулы исключается.

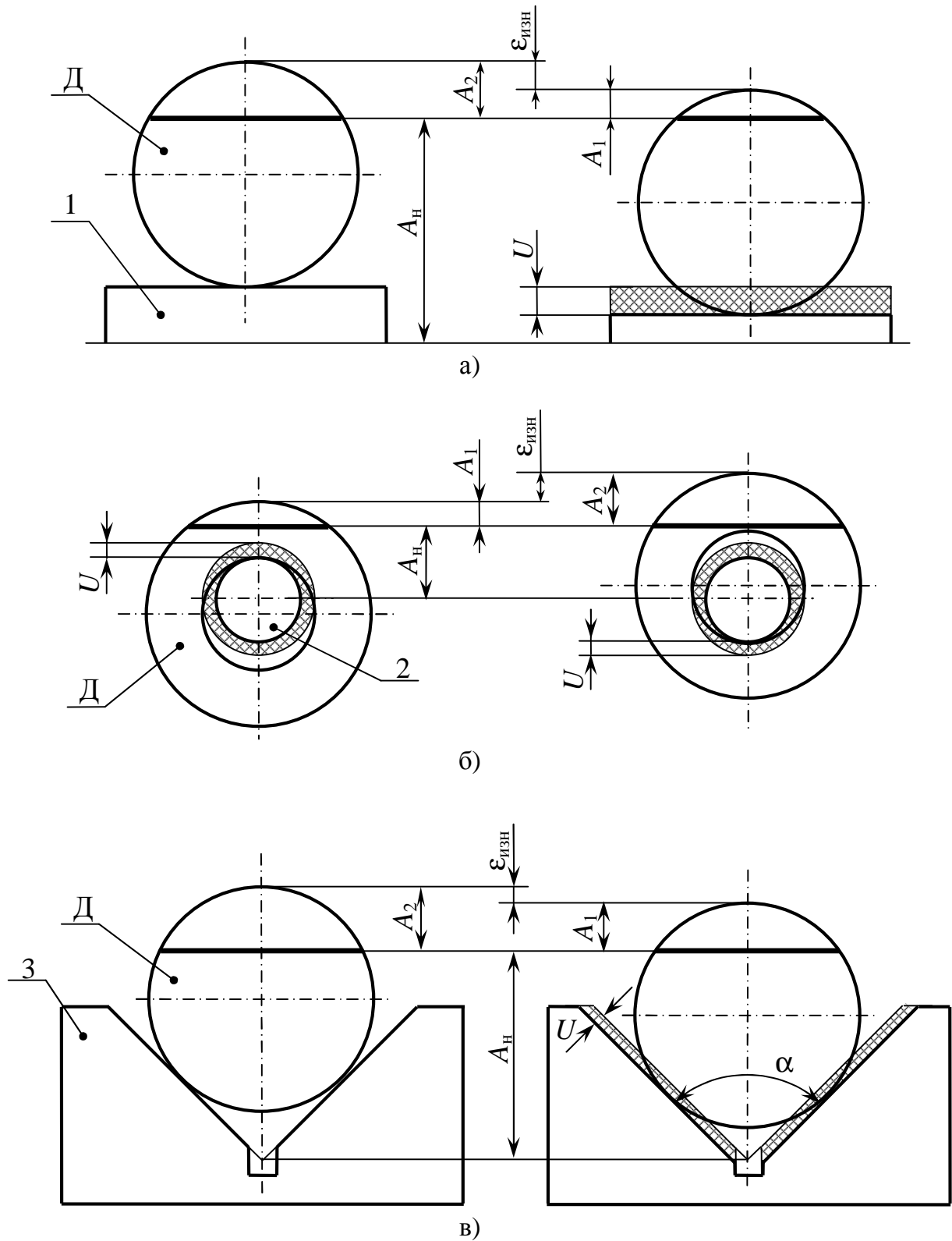


Рис. 2.13. Формирование погрешности износа при различных способах установки заготовки в приспособлениях:
 1 – пластина; 2 – палец; 3 – призма; Д – заготовка;
 ☒ – износ установочных элементов по нормали к их поверхности;
 U – величина нормального износа; $\epsilon_{изн}$ – погрешность износа;
 A_1 и A_2 – наименьшее и наибольшее значение выполняемого на операции размера;
 A_n – настроечный размер; α – угол призмы

2.5.8. Погрешность изготовления приспособления и её определение

Погрешность изготовления и сборки приспособления $\epsilon_{\text{изг}}$ возникает от погрешностей изготовления деталей приспособления, его сборки и регулировки. Точность изготовления приспособления задается на его рабочих чертежах и в технических требованиях (допуски, посадки и другие требования в направлении выдерживаемого размера). Данная погрешность для различных приспособлений рассчитывается по-разному, поэтому отсутствуют конкретные формулы для её определения, а величина $\epsilon_{\text{изг}}$ зависит от выбранной схемы установки, от конструкции приспособления, от требований к точности изготовления его деталей и сборке и т. д.

В общем случае погрешность изготовления и сборки приспособления $\epsilon_{\text{изг}}$ включает в себя следующие составляющие:

$$\epsilon_{\text{изг}} = \Sigma T_i + \Sigma e_i + \Sigma s_i + \Sigma \Delta_i, \quad (2.29)$$

где ΣT_i – сумма допусков на звенья (размеры) проектируемого приспособления в направлении выдерживаемого размера, характеризующая погрешность изготовления деталей и сборки приспособления. К размерам, которые участвуют в расчетах, относят размеры сопряжений, от которых зависит точность выполняемой обработки. Например, расстояние между осями кондукторных втулок сверлильного приспособления (неточность этого размера непосредственно влияет на расстояние между осями просверленных в заготовке отверстий), размеры установочных элементов, от точности которых зависит положение заготовки в приспособлении и т. д.,

Σe_i – суммарная величина эксцентриситета деталей приспособления, действующая в направлении выдерживаемого размера,

Σs_i – суммарный конструктивный зазор в сопряжениях деталей приспособления, действующий в направлении выдерживаемого размера,

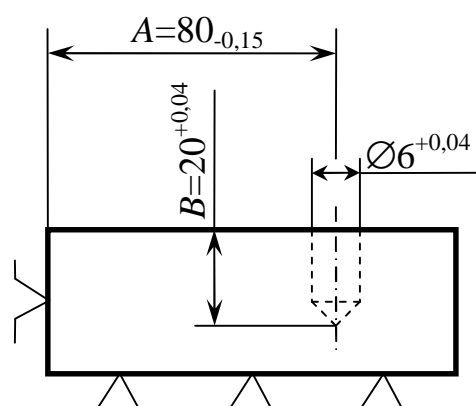
$\Sigma \Delta_i$ – суммарная погрешность, зависящая от формы и расположения установочных и направляющих элементов приспособления, действующая в направлении выполняемого размера.

Допуски на размеры T_i рекомендуют назначать в несколько раз меньше допусков на размеры, выполняемых при обработке, что обычно позволяет обеспечивать заданную точность выполняемых размеров. Также допуски на эти размеры можно определить путем расчета размерных цепей приспособления на основе его сборочного чертежа и рабочих чертежей его деталей.

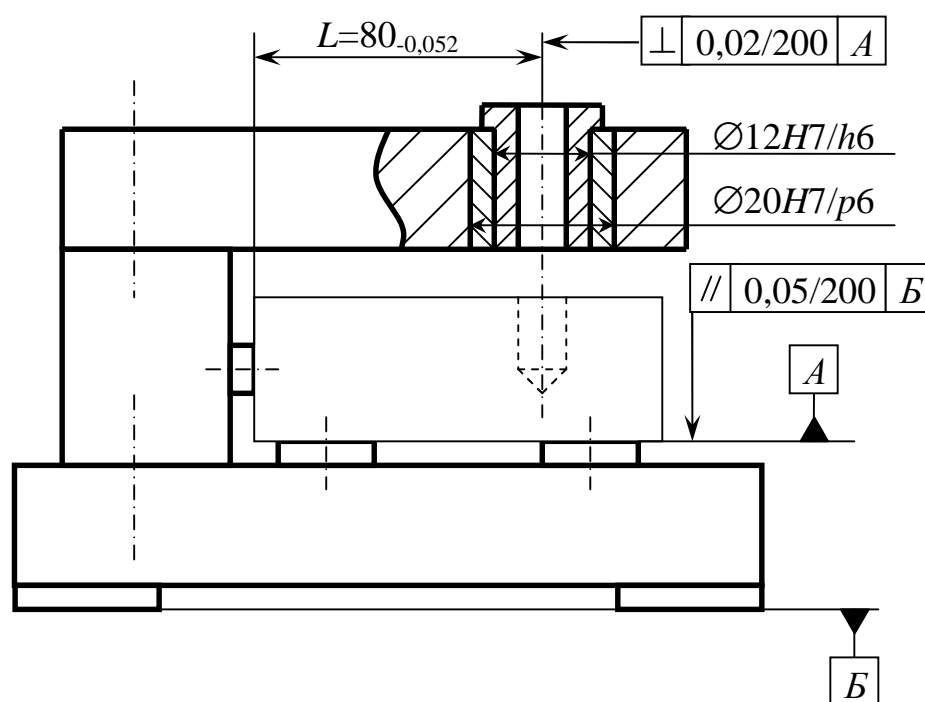
Рассмотрим пример формирования погрешности изготовления $\epsilon_{\text{изг}}$ приспособления для сверлильной операции, эскиз которой приведен на рис. 2.14а. Компоновка приспособления показана на рис. 2.14б.

Данное приспособление представляет собой кондуктор. Заготовка устанавливается на опоры в координатный угол. Для направления сверла используется сменная кондукторная втулка, которая устанавливается промежуточную втулку корпуса. Эксцентриситеты втулок не более 5 мкм.

Требуется определить погрешность изготовления приспособления в направлении размера, координирующего положение выполняемого на операции отверстия (операционный размер A , рис. 2.14а).



а)



б)

Рис. 2.14. Операционный эскиз (а) и компоновка приспособления (б) для сверлильной операции

Для определения погрешности изготовления приспособления в направлении размера A воспользуемся формулой (2.29), которая с учетом компоновки приспособления примет следующий вид:

$$\varepsilon_{\text{изг}} = T_L + e_1 + e_2 + s + \Delta_1 + \Delta_2,$$

где T_L – допуск на координирующий размер L приспособления в направлении выдерживаемого размера A ;

s – максимальный зазор в посадке между сменной кондукторной втулкой и отверстием в промежуточной втулке ($\varnothing 12H7/h6$);

e_1 – эксцентриситет наружной поверхности промежуточной втулки по отношению к её отверстию;

e_2 – эксцентриситет поверхности сменной кондукторной втулки по отношению к её отверстию;

Δ_1 – смещение оси изготавливаемого отверстия, обусловленное отклонением от параллельности установочных элементов приспособления от основания его корпуса;

Δ_2 – смещение оси изготавливаемого отверстия, обусловленное отклонением от перпендикулярности оси кондукторной втулки относительно установочных элементов приспособления.

Для определения величины Δ_1 изобразим схему, на которой покажем влияние отклонения от параллельности установочных элементов приспособления на положение оси отверстия при его изготовлении (рис. 2.15).

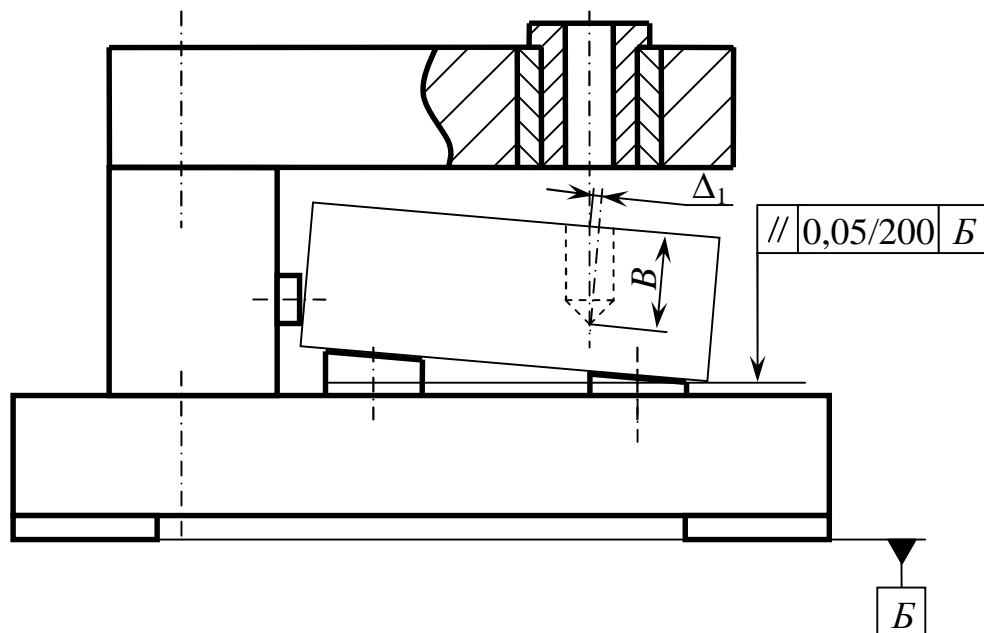


Рис. 2.15. Расчетная схема к определению значения Δ_1

Из расчетной схемы получаем:

$$\Delta_1 = \frac{0,05}{200} B = \frac{0,05}{200} 20 = 0,005 \text{ мм.}$$

Для определения величины Δ_2 изобразим схему, на которой покажем влияние отклонения от перпендикулярности оси кондукторной втулки на положение оси отверстия при его изготовлении (рис. 2.16).

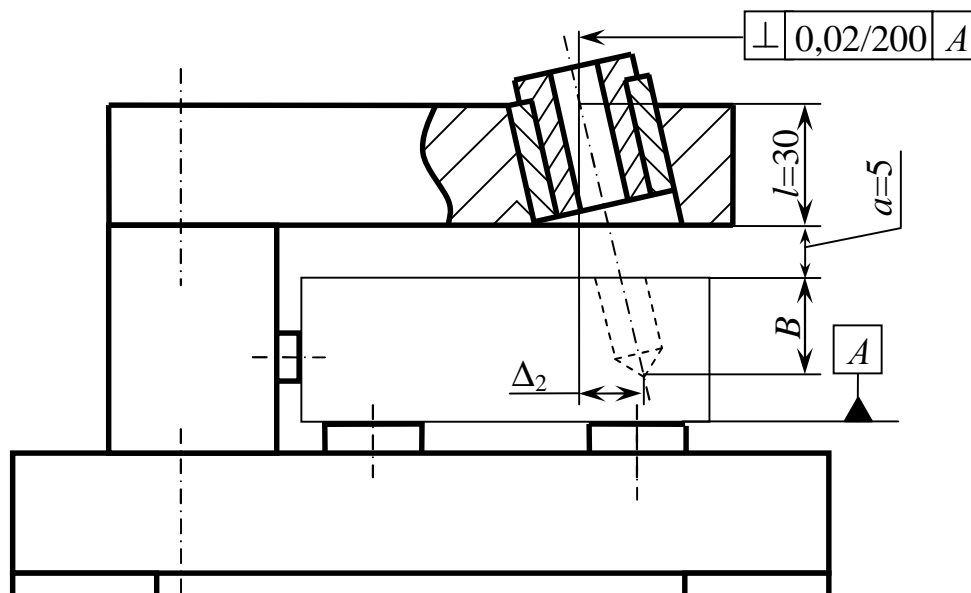


Рис. 2.16. Расчетные схемы к определению значений Δ_2

Из расчетной схемы получаем:

$$\Delta_2 = \frac{0,02}{200} (l + a + B) = \frac{0,02}{200} (30 + 5 + 20) = 0,006 \text{ мм.}$$

Определяем погрешность изготовления приспособления в направлении размера A :

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{изг}} &= T_L + e_1 + e_2 + s + \Delta_1 + \Delta_2 = \\ &= 0,052 + 0,005 + 0,005 + 0,029 + 0,005 + 0,006 = 0,102 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Аналогичным образом рассчитывается погрешность изготовления для любого другого приспособления. Если в рассчитываемом направлении какая-либо из составляющих формулы не влияет на точность выполняемого размера, то эта составляющая из расчетной формулы исключается.

2.5.9. Погрешность от смещения инструмента и её определение

Погрешность от смещения инструмента $\epsilon_{см}$ определяется точностью направления инструмента относительно положения обрабатываемой заготовки. Данная погрешность учитывается только при наличии в приспособлении направляющих элементов для инструмента в виде кондукторных втулок.

При использовании кондукторных втулок смещение инструмента (сверла, зенкера, развертки) связано с его перекосом (рис. 2.17а) или уходом в сторону от оси (рис. 2.17б) из-за наличия зазора между направляющим отверстием кондукторной втулки и инструментом. Первый случай характерен при обработке отверстия нежестким инструментом (диаметром до 10 мм), второй – для жесткого инструмента (диаметром больше 10 мм).

Следует иметь в виду, что погрешность $\epsilon_{см}$ действует лишь в направлении координирующих размеров отверстия (размер A на рис. 2.14а), выдерживаемых на рассматриваемой операции. На точность формы и размеров отверстий она не влияет и из расчетной формулы в этом случае исключается. Также она исключается из расчетов, в том случае, когда в приспособлении не используются направляющие элементы для инструмента.

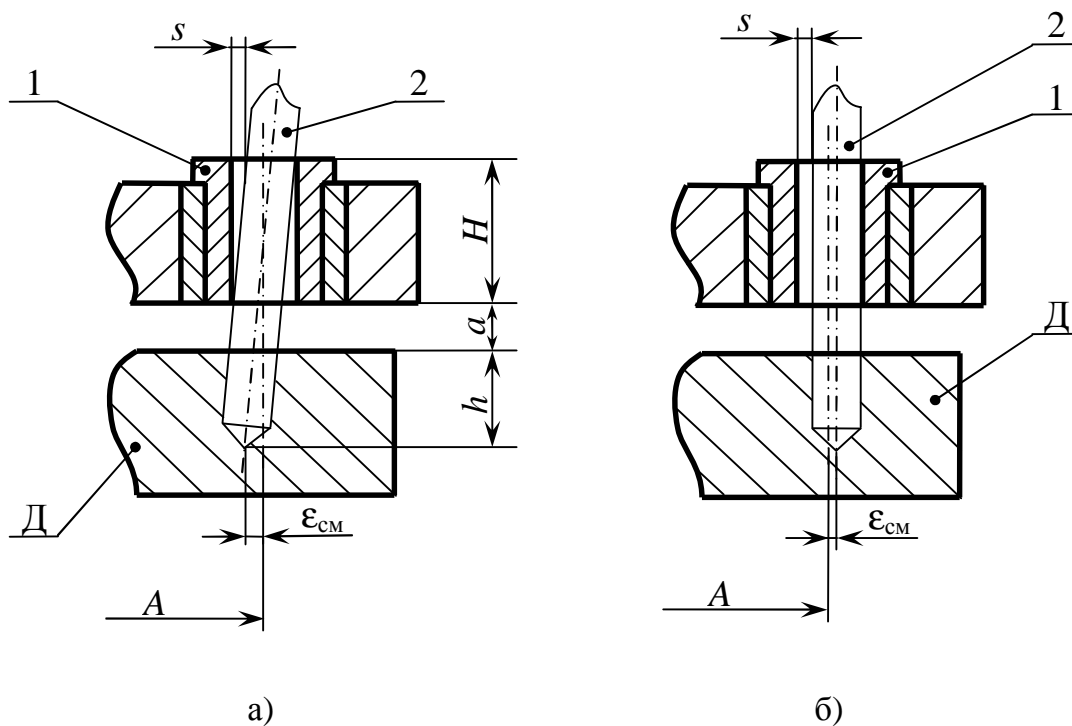


Рис. 2.17. Схемы формирования погрешности $\epsilon_{см}$ при перекосе инструмента (а) и при его уходе от оси (б):

1 – кондукторная втулка; 2 – сверло; Д – заготовка

При перекосе инструмента погрешность $\epsilon_{\text{см}}$ определяется следующим образом (рис. 2.17а)

$$\epsilon_{\text{см}} = s \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{a+h}{H} \right), \quad (2.30)$$

где s – наибольший зазор между направляющим отверстием кондукторной втулки и инструментом; a – расстояние между торцом втулки и поверхностью заготовки; h – глубина обрабатываемого отверстия; H – длина направляющего отверстия кондукторной втулки.

Зазор a между нижним торцом втулки и поверхностью заготовки служит для уменьшения её изнашивания, так как в этом случае стружка, образующаяся при сверлении, не проходит через втулку, а сбрасывается в стороны.

При сверлении отверстия $\varnothing d$ в заготовках из чугуна $a = (0,3 - 0,5) d$, при сверлении стали и других вязких материалов $a = d$, при зенкерованием $a \leq 0,3d$.

При уходе инструмента в сторону от оси погрешность $\epsilon_{\text{см}}$ определяется следующим образом (рис. 2.17б)

$$\epsilon_{\text{см}} = \frac{s}{2}. \quad (2.31)$$

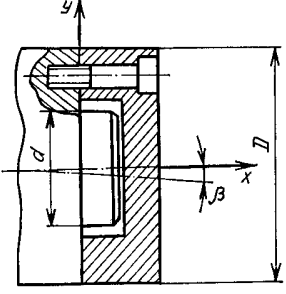
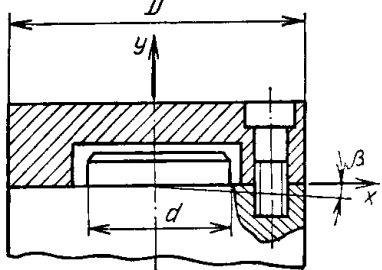
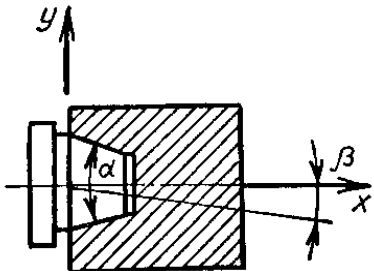
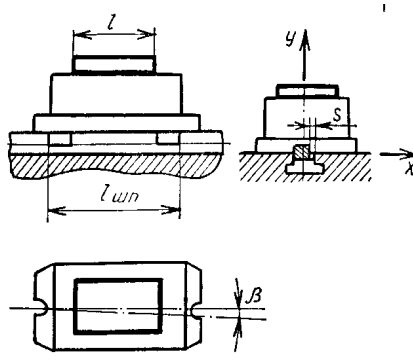
Размеры кондукторных втулок и требования к точности их изготовления можно найти в справочной литературе, например, [7], [8] и др.

2.5.10. Погрешность установки на станке и её определение

Погрешность установки приспособления на станке ϵ_{yc} зависит от смещений или перекосов корпуса приспособления на столе, планшайбе или шпинделе станка, что обусловлено неточностью изготовления посадочных мест корпуса приспособления. Смещения и перекосы возникают из-за зазоров между сопрягаемыми поверхностями приспособления и станка (паз – шпонка, палец – отверстие и т. д.).

В табл. 2.15 приведены расчетные зависимости для определения величины ϵ_{yc} для некоторых способов установки приспособлений на станке. Если установка приспособления на станке не оказывает влияния на точность выполняемого размера, то погрешность ϵ_{yc} не участвует в расчетах.

Расчетные зависимости для определения погрешности установки приспособления ϵ_{yc} на станке [30]

Способ установки приспособления	Схема установки	Погрешность ϵ_{yc} в направлении, мм		
		оси X	оси Y	угла β
На горизонтальный шпиндель по торцу и центрирующему пояску		ΔT	s	$2 \operatorname{arctg} \Delta T/D$
На вертикальный стол по торцу и центрирующему пояску		s	ΔT	$2 \operatorname{arctg} \Delta T/D$
На конус шпинделя		от 0,03 до 0,06	—	δ_α
На горизонтальный стол по T-образному пазу		s	—	$l s/l_{шп}$

Примечание

ΔT – торцевое биение опорной поверхности приспособления, принимают в пределах 0,01 – 0,04 мм; s – максимальный зазор в сопряжениях базирующих поверхностей; δ_α – погрешность половины угла конуса α , принимают в пределах 2' – 8'; D – диаметр центрирующего пояска, $l_{шп}$ – расстояние между шпонками, l – длина обрабатываемой заготовки.

2.5.11. Методики выполнения точностных расчетов приспособлений

Основная задача точностного расчета станочного приспособления заключается в подтверждении возможности его применения для выполнения технологической операции механической обработки с целью обеспечения заданной точности выдерживаемых размеров. Имеется два вида расчетов станочного приспособления на точность: проверочный и проектный.

Проверочный расчет используют в том случае, когда имеется разработанная конструкция приспособления и соответствующий ей сборочный чертеж со всеми необходимыми требованиями.

Проектный расчет выполняется при разработке конструкции нового приспособления, когда необходимо определить какая часть суммарной погрешности обработки отводится на приспособление $\epsilon_{\text{пр}}$, и именно эту часть погрешности обеспечить путем подбора соответствующих зазоров, посадок, допусков формы и расположения установочных и зажимных элементов и прочих требований к конструкции приспособления.

Выполнение любого расчета на точность следует начать с указания исходных данных, к которым относятся:

- схема установки и рабочие чертежи приспособлений с указанными размерами и другими требованиями,
- перечень размеров с допусками и допуски формы, выдерживаемых на технологической операции, при установке заготовки в рассматриваемое приспособление.

Если в приспособлении выдерживается от 1 до 3 размеров, то расчет рекомендуется выполнять по каждому из них, если размеров значительно больше, то расчет выполняется для 2 – 3 размеров с наиболее высокими требованиями к точности изготовления.

Начинается любой точностной расчет с определения допустимой погрешности положения заготовки в приспособлении $[\epsilon_{\text{пр}}]$ по формуле (2.19) п. 2.5.1. Если расчет по данной формуле невозможен (отсутствуют необходимые данные), то значение $[\epsilon_{\text{пр}}]$ можно принять в соответствии со следующим соотношением

$$[\epsilon_{\text{пр}}] = (0,2 - 0,3) \cdot T_A, \quad (2.32)$$

где T_A – допуск на выполняемый размер или допуск формы.

Однако расчетный метод определения величины $[\epsilon_{\text{пр}}]$ является наиболее предпочтительным и целесообразным и именно его рекомендуется использовать в курсовых и дипломных проектах.

Методика выполнения проверочного расчета

Сущность проверочного расчета заключается в проверке того, не превышает ли расчетная погрешность положения заготовки в приспособлении $\varepsilon_{\text{пр}}$ своего максимально допустимого значения $[\varepsilon_{\text{пр}}]$. Т. е. должно выполняться условие

$$\varepsilon_{\text{пр}} \leq [\varepsilon_{\text{пр}}]. \quad (2.33)$$

Если условие выполняется, то приспособление обеспечивает требуемую точность размера за счет соответствующей величины погрешности $\varepsilon_{\text{пр}}$ в составе суммарной погрешности изготовления ε_{Σ} .

Для определения погрешности $\varepsilon_{\text{пр}}$ используется расчетная формула (2.24), п. 2.5.4, составляющие погрешности в которой определяются на основе данных, указанных в конструкторской документации на приспособление. Например, со сборочного чертежа приспособления можно получить информацию о погрешности не совмещения баз, погрешности изготовления приспособления, погрешности установки его на станке и т. д. (пп. 2.5.5 – 2.5.10).

После определения расчетного значения погрешности положения заготовки в приспособлении $\varepsilon_{\text{пр}}$, его необходимо сравнить с допустимым для данной схемы установки (проверить выполнение указанного ранее условия) и сделать вывод. Если условие не выполняется, причиной этого может быть то, что одно из слагаемых формулы для расчета $\varepsilon_{\text{пр}}$ имеет слишком большое значение или величина допуска на выполняемый размер назначена необоснованно малой, что отразилось на величине $[\varepsilon_{\text{пр}}]$. Если допуск выбран правильно, то следует уменьшить каждое слагаемое выражения $\varepsilon_{\text{пр}}$. Можно устранить погрешность, связанную с несовмещением баз $\varepsilon_{\text{нб}}$, для чего следует совместить технологические и измерительные базы, разработав соответствующую схему базирования заготовки в приспособлении, которую и реализовать в его компоновке. Можно изменить тип приспособления, ужесточить требований к деталям приспособления и к его сборке $\varepsilon_{\text{изг}}$, уменьшить погрешность закрепления $\varepsilon_{\text{з}}$, выбрав рациональные размеры, количество и расположение установочных элементов, уменьшить влияние погрешности от износа установочных элементов $\varepsilon_{\text{изн}}$, если предусмотреть их своевременную замену. Также можно выбрать более точный метод обработки, что позволит уменьшить величину погрешности обработки $\varepsilon_{\text{обр}}$ и тем самым увеличить $[\varepsilon_{\text{пр}}]$ (формулу (2.19)) и т. д.

Все перечисленные мероприятия должны быть реализованы уже в рамках проектного расчета станочного приспособления на точность.

Методика выполнения проектного расчета

Целью проектного расчета является выработка требований к элементам конструкции приспособлений: назначение допусков на размеры деталей, требований к форме и расположению установочных и направляющих элементов приспособления, посадок в сопряжениях и т. д.

Вначале необходимо определить расчетом или на основе справочных таблиц величины $\epsilon_{нб}$, ϵ_3 , $\epsilon_{см}$, $\epsilon_{изн}$, $\epsilon_{ус}$. Затем, используя найденные величины, на основе формулы (2.24), п. 2.5.4, определить допустимую погрешность изготовления приспособления $[\epsilon_{изг}]$

$$[\epsilon_{изг}] = [\epsilon_{пр}] - \left(\sqrt{k_1 \epsilon_{нб}^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{см}^2} + \epsilon_{изн} + \epsilon_{ус} \right). \quad (2.34)$$

Затем распределить эту величину по отдельным составляющим звеньям размерной цепи приспособления в направлении выдерживаемого размера на основе формулы (2.29), таким образом, что бы выполнялось условие

$$\epsilon_{изг} \leq [\epsilon_{изг}]. \quad (2.35)$$

В начале рекомендуется подобрать элементы конструкции с фиксированными требованиями к точности изготовления, например, установки, кондукторные втулки, пальцы, опоры и т. д., что позволит определить значение составляющей Σe_i . Затем определяются посадки в сопряжениях деталей приспособления в направлении выдерживаемого размера на основе справочных данных, что позволит определить значение слагаемого Σs_i . Остаток распределяется между ΣT_i и $\Sigma \Delta_i$ конструктивно на основе анализа требований к точности приспособления. Рекомендации по назначению требований к форме и расположению элементов деталей приспособления приведены в Приложении Л. По окончании расчета, необходимо отметить полученные допуски на чертежах деталей приспособления и указать технические требования на его сборочном чертеже. Если некоторые требования слишком высоки, и реализовать их невозможно, то необходимо перераспределить величину $\epsilon_{изг}$ между отдельными составляющими или изменить конструкцию приспособления.

Проектный расчет рекомендуется выполнить в направлении наиболее точного из выдерживаемых размеров или параметров на операции. Для остальных выдерживаемых размеров можно выполнить проверочный расчет после того, как в результате проектного расчета будут определены все требования к конструкции приспособления.

2.6. Разработка конструкции корпуса приспособления

Корпус является базовой деталью приспособления, на которую устанавливают все другие элементы конструкции (установочные, зажимные, направляющие и т. д.). Также на корпусе должны быть предусмотрены конструкторские базы для установки приспособления на станок.

Корпус приспособления воспринимает на себе силы, возникающие при закреплении и обработке заготовки, поэтому он должен быть прочным, жестким, износостойким. Приспособление не должно деформироваться как во время процесса обработки, так и в процессе закрепления и сохранять устойчивость при различных положениях.

Корпус приспособления и вся его конструкция должны учитывать возможность их быстрой и легкой очистки во всех своих частях. Для удаления стружки в корпусе приспособления должно быть сделано достаточное количество отверстий и выемок. Не должно быть никаких углов, допускающих скопление грязи. Все части, находящиеся внутри приспособления, должны быть защищены от проникновения в них стружки с помощью крышек, колпачков, заглушек и т. п.

Корпус во многом формирует внешние очертания приспособления. Рекомендуется, чтобы оно имело приятный вид, чистые ровные формы, без глубоких углов, далеко выступающих кромок, ребер и т. д. Приспособление должно быть по возможности простым и не иметь без необходимости большого числа механизмов, должно, не теряя точности, быстро и легко разбираться и собираться.

Нежелательным является наличие в конструкции приспособления съемных частей (зажимов, фиксаторов, штырей, шайб и т. п.), так как их можно легко утратить.

Конструкция корпуса должна обеспечивать удобную и быструю установку приспособления на станке. В особенности это касается приспособлений для серийного производства, когда на одном и том же станке периодически выполняют различные операции.

Для небольших приспособлений, обслуживаемых вручную (например, кондуктора для сверлильных операций), следует позаботиться о достаточной их легкости, чтобы не утомлять рук.

Важным для работы приспособления является качество изготовления их рабочих поверхностей. Они должны быть обработаны с шероховатостью $Ra\ 2,5 - 1,25\ \mu\text{м}$; допустимое отклонение от параллельности и перпендикулярности рабочих поверхностей корпусов $0,03 - 0,02\ \text{мм}$ на длине $100\ \text{мм}$.

Корпуса могут быть литыми, сварными, коваными, сборными на винтах или с гарантированным натягом. На рис. 2.18 показаны различные варианты получения заготовки корпуса для приспособления одной конструкции.

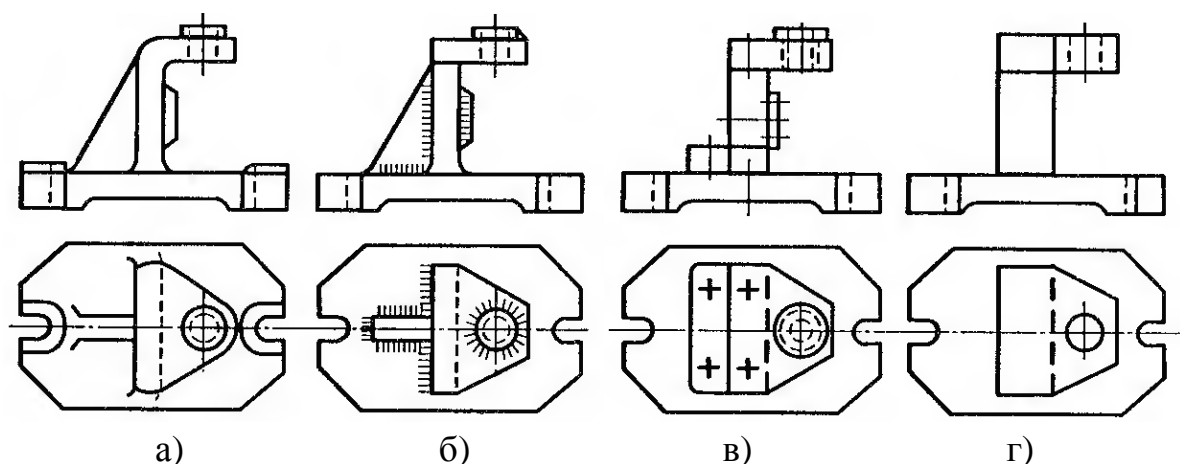


Рис. 2.18. Варианты конструкции корпусов приспособлений:
литого (а), сварного (б), сборного (в), кованого (г)

Литьем (рис. 2.18а) выполняют преимущественно корпуса сложной конфигурации для специальных приспособлений. Наиболее эффективно используются в условиях серийного производства. Данные корпуса имеют достаточную жесткость, но отличаются высокой стоимостью, сложностью изготовления и требуют больших затрат времени на подготовку производства.

Сварные корпуса (рис. 2.18б) также могут иметь сложную конфигурацию, однако сроки и стоимость их изготовления значительно ниже, чем у литых корпусов. Кроме того, применяя в конструкции корпуса усиливающие ребра, уголки, косынки, можно придать ему достаточную жесткость. Сварные корпуса применяют в основном в приспособлениях для закрепления крупных заготовок в единичном или мелкосерийном производстве. Их основной недостаток – деформации при сварке и возникающие в деталях корпуса остаточные напряжения, которые влияют на точность сварного шва. Для снятия этих напряжений корпуса подвергают отжигу.

В корпусах сборного типа (рис. 2.18в) конфигурация заготовок упрощается, но с введением дополнительных сопряжений объем механической обработки несколько возрастает, а жесткость снижается. Сборные корпуса отличаются низкой трудоемкостью изготовления, кроме того они могут быть разобраны и использоваться полностью или отдельными деталями в других конструкциях приспособлений. Эффективной областью применения является мелкосерийное производство.

Ковкой получают корпуса простых конфигураций и небольших размеров (рис. 2.18г). Лишние объемы металла (напуски) снимают при последующей механической обработке заготовки. Для корпусов сложных конфигураций этот метод непригоден. Кованые корпуса менее трудоемки, чем литые, при сохранении свойства жесткости. Их применяют для обработки заготовок небольших размеров простой формы в мелкосерийном и среднесерийном производстве.

Выбор варианта корпуса диктуется конструкцией и условиями эксплуатации приспособления, типом производства и необходимыми сроками и стоимостью его изготовления. Однако во всех случаях нужно стремиться к уменьшению массы корпусов за счет использования коробчатых пустотелых конструкций с внутренними ребрами жесткости. Правильно поставленное ребро дает большую жесткость, чем значительное утолщение всей стенки.

Для уменьшения трудоемкости и стоимости изготовления корпусов была осуществлена конструктивно-размерная стандартизация их заготовок и простых по форме элементов: плит, пластин, стоек, уголков, планок и др. Из них при несложной дополнительной обработке или без неё можно собирать корпуса различной формы для фрезерных и сверлильных приспособлений. Эти стандартизованные элементы можно найти в литературе, например, [7], табл. III.1, [12].

Конструктивные формы корпусов весьма многообразны. В простейших случаях корпус может представлять собой прямоугольную плиту. Такая форма характерна для фрезерных приспособлений. Используются и другие разновидности корпусов, например, планшайбы, угольники, тавры, коробки, стойки, многогранники и т. д.

Для изготовления корпусов обычно применяют серый чугун СЧ12 и СЧ18, а также сталь Ст3. В отдельных случаях используются легкие сплавы на алюминиевой или магниевой основе, например, для облегчения перемещения тяжелых или поворотных приспособлений или их деталей. Чугунные корпуса гораздо дешевле остальных, им легче придать более сложную форму и легче изготовить. Недостаток чугунных корпусов – возможность коробления, поэтому после предварительной механической обработки их подвергают термической обработке (естественному или искусственному старению). Корпуса из чугуна применяют в приспособлениях для обработки заготовок мелких и средних размеров. Корпуса из алюминия и пластмассы применяют крайне редко.

Примеры конструкции приспособлений и их корпусов можно найти в альбомах и справочниках по технологической оснастке [4], [5], [6], [32].

Корпуса приспособлений для серийного производства должны иметь такую конструкцию, которая позволяла бы осуществлять установку приспособлений на станок без выверки основной базы корпуса. Для этого в корпусах приспособлений должны быть предусмотрены базирующие элементы, выполненные таким образом, чтобы соответствовать посадочным местам станков. Например, для токарных патронов основная база зависит от конструкции и размеров конца шпинделя. На рис. 2.19 показаны примеры центрирования и крепления корпусов приспособлений на шпинделях станков токарной группы.

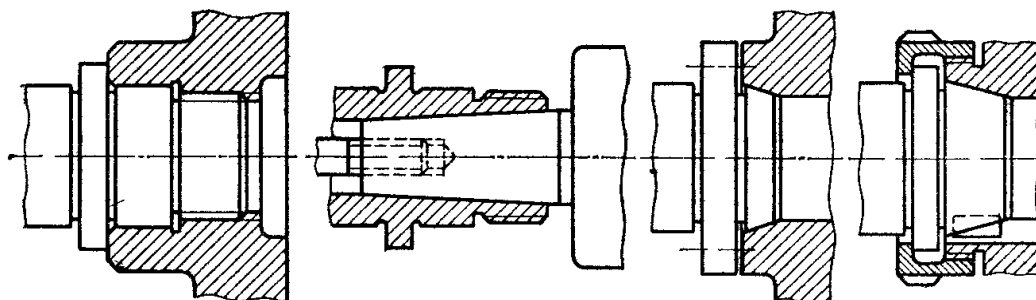


Рис. 2.19. Примеры установки корпусов приспособлений на шпинделях токарных станков: по цилиндрической поверхности и резьбе (а), по внутреннему конусу (б), по наружному коническому пояску с винтовым креплением (в), по наружному конусу со шпонкой и крепежной гайкой (г)

Для фрезерных приспособлений основной базой являются, как правило, опорные плоскости, шпонки или пальцы, входящие в пазы стола.

При наличии на столе станка продольных и поперечного паза приспособление базируется установочными шпонками, причем две шпонки входят в центральный продольный паз и одна – в поперечный (рис. 2.20).

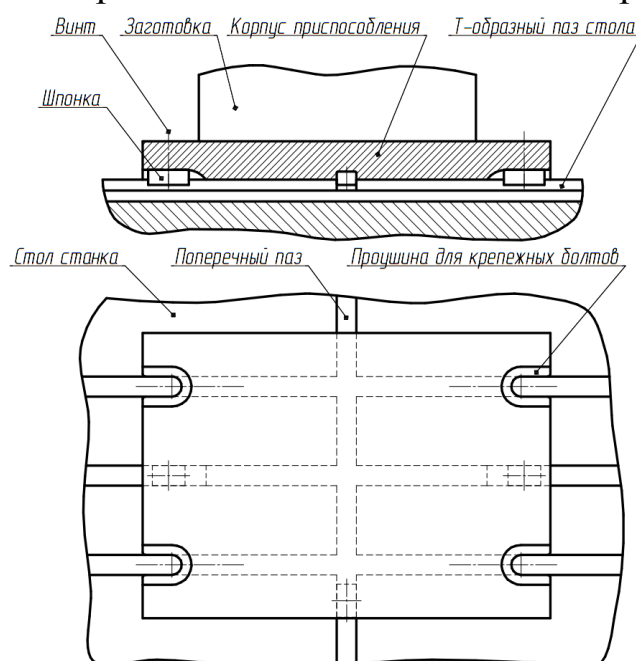


Рис. 2.20. Базирование приспособления на столе станка по шпонкам, продольному и поперечному пазу

При наличии на столе станка продольных пазов и центрального отверстия приспособление базируется по центральному отверстию круглой шпонкой и по продольному пазу призматической или круглой (рис. 2.21). Такой способ установки приспособлений широко применяется для станков с ЧПУ, оснащенных поворотным или глобусным столом.

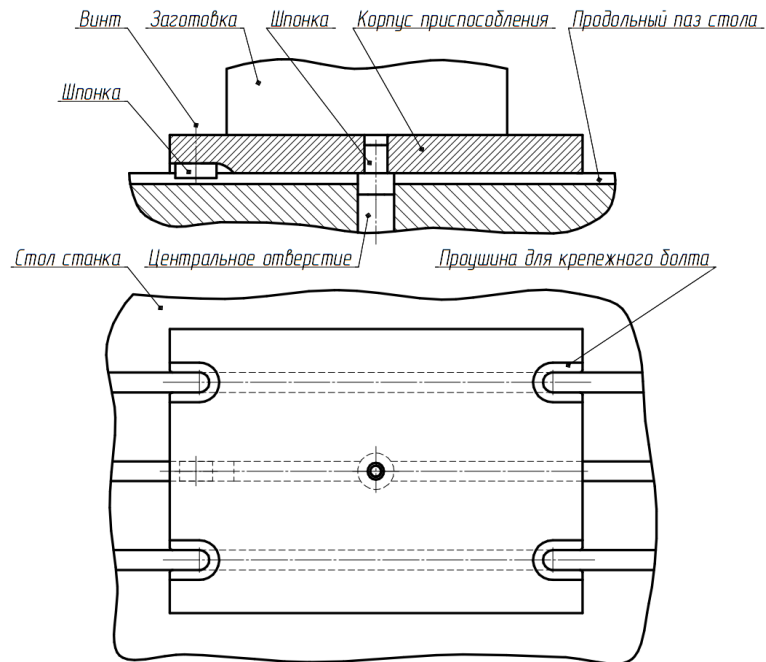


Рис. 2.21. Базирование приспособления на столе станка по шпонкам, продольному пазу и центральному отверстию

Если на столе имеются только продольные пазы, приспособление базируется по пазу посредством двух шпонок. При этом будет неполное базирование, а установка инструмента в исходную точку осуществляется по установке, закрепленному на корпусе приспособления (рис. 2.22).

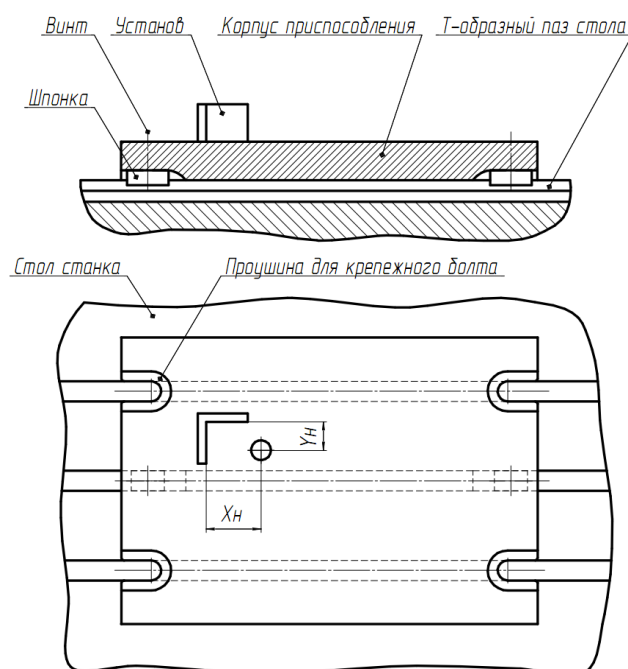


Рис. 2.22. Базирование приспособления на столе станка по шпонкам и продольному пазу

Шпонки, используемые для базирования приспособлений, бывают круглые и призматические (рис. 2.23).

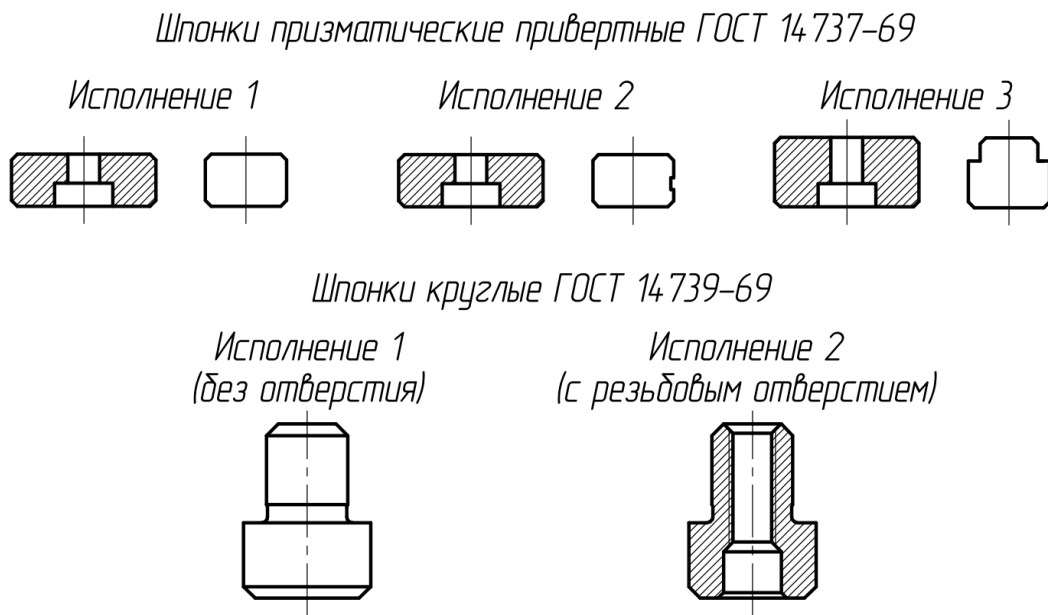


Рис. 2.23. Варианты исполнения шпонок для базирования приспособлений

Призматические выполняют в виде коротких сухарей, которые привертываются к нижней плоскости корпуса (Исполнение 1). При установке призматических шпонок в паз корпуса используют шпонки с боковой канавкой (Исполнение 2) или ступенчатые (Исполнение 3) (рис. 2.23). Конструкция этих шпонок имеет отдельную боковую поверхность, верхняя часть которой входит в сопряжение с пазом корпуса приспособления по посадке с натягом, а нижняя – с пазом стола станка по посадке с минимальным зазором. Использование шпонок позволяет обеспечить параллельность оси приспособления направлению подачи стола.

Круглые шпонки запрессовываются в отверстия корпуса (Исполнение 1) или крепятся винтом (Исполнение 2) (рис. 2.23). Другим концом шпонки входят в отверстие стола станков или в паз по посадке с зазором.

Рекомендуемые посадки для шпонок приведены в Приложении Г данного пособия. Для уменьшения влияния зазоров на перекосы приспособления *расстояние между шпонками назначают возможно большим*.

Посадочные места шпинделей, столов, планшайб инструментальных головок для различных металлорежущих станков можно найти в технической документации на них или в технологических справочниках, например, [12], гл. II и VII, [24] гл. 3, [27] и др. Эта информация должна быть отражена в исходных данных при проектировании приспособлений.

Для закрепления приспособления на столе станка его корпус должен иметь проушины под крепежные болты. Болты головками входят в пазы стола станка, а верхним концом с гайкой в проушины корпуса приспособления. Конструкция проушин показана на рис. 2.24.

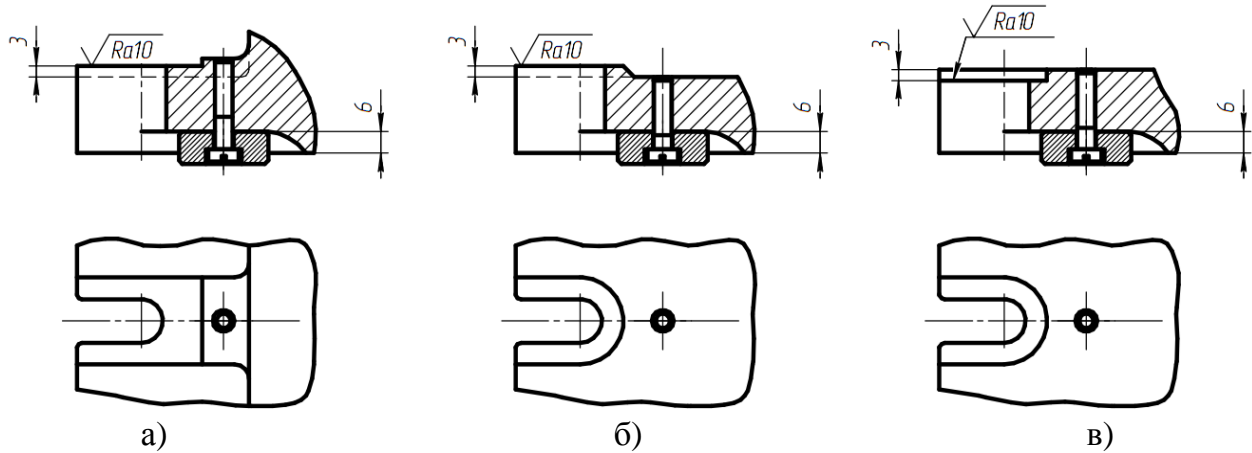


Рис. 2.24. Конструкция проушин в корпусах приспособлений для литых (а) и (б) и прочих (в) корпусов

Если позволяют размеры корпуса, то рекомендуется проушины для крепежных болтов располагать не по центральному пазу, а по боковым пазам стола. Такая конструкция позволяет предотвратить износ и повреждения центрального паза, который гораздо точнее боковых пазов. Крепление приспособления болтами по центральному пазу применяется лишь в небольших приспособлениях, корпус которых не достает до боковых пазов.

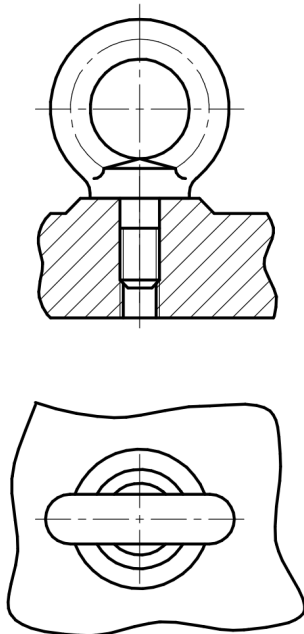


Рис. 2.25. Рым-болт ГОСТ 4751-73

Корпусы тяжелых приспособлений для удобства захвата при установке и снятии со станка должны снабжаться рым-болтами (рис. 2.25). Количество и расположение рым-болтов должно быть таким, чтобы обеспечить устойчивость приспособления при его транспортировке. Их следует располагать на верхней плоскости корпуса на максимально возможном расстоянии друг от друга. Доступ к ним сверху должен быть свободным.

В небольших легких приспособлениях обычно вместо рым-болтов для захвата и переноса используют ручки, выступы или выемки в корпусе.

В тех местах, где к приспособлению необходимо прижать, привернуть, пригнать какую-либо часть, его корпус должен иметь обработанный прилив, бобышку или выступ.

2.7. Расчет деталей приспособления на прочность

Прочность деталей приспособления – одно из основных требований, предъявляемых к его конструкции. Под прочностью понимают способность деталей и их материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, возникающих от внешних сил. Это позволяет деталям и приспособлению в целом выполнять свое назначение, не разрушаясь в течение заданного периода времени. Расчет деталей приспособления на прочность следует проводить в том случае, если на приспособление действуют достаточно большие силы, как в процессе обработки, так и при закреплении заготовки, способные привести к поломке его деталей.

Существуют различные методики прочностных расчетов деталей приспособлений, среди них наиболее распространена методика, основанная на расчете по номинальным допускаемым напряжениям. Эта методика отличается значительной простотой и не требует больших затрат времени на выполнение расчетов, хотя она менее точна, чем другие методики. Её суть заключается в проверке того, превышают ли внутренние напряжения в детали допустимых для данного материала значений при различных видах нагрузки, т.е. проверяется выполнение следующих условий:

$$\sigma_{\text{рас}}^{\text{max}} \leq [\sigma_{\text{рас}}], \quad \sigma_{\text{изг}}^{\text{max}} \leq [\sigma_{\text{изг}}], \quad \tau_{\text{кр}}^{\text{max}} \leq [\tau_{\text{кр}}], \quad \tau_{\text{ср}}^{\text{max}} \leq [\tau_{\text{ср}}], \quad (2.36)$$

где $\sigma_{\text{рас}}^{\text{max}}$, $\sigma_{\text{изг}}^{\text{max}}$, $\tau_{\text{кр}}^{\text{max}}$, $\tau_{\text{ср}}^{\text{max}}$ – максимальные расчетные напряжения, действующие в рассматриваемом сечении стержня (обычно в самом опасном), при его растяжении (сжатии), изгибе, кручении и срезе соответственно, МПа;

$[\sigma_{\text{рас}}]$, $[\sigma_{\text{изг}}]$, $[\tau_{\text{кр}}]$, $[\tau_{\text{ср}}]$ – допускаемые напряжения растяжения (сжатия), изгиба, кручения и среза, соответственно, МПа. Значения этих напряжений для различных материалов приведены в [11], табл. П27 – П30.

Таким образом, с помощью расчета деталей приспособлений на прочность можно решать две задачи:

- а) осуществить проверку на прочность уже имеющихся деталей приспособления с определенными размерами сечений (проверочный расчет);
- б) определить размеры сечений деталей исходя из силовых нагрузок, действующих на них (проектный расчет).

В табл. 2.16 приведены зависимости для определения максимальных напряжений деталей различных сечений при разных видах силовых воздействий на них.

Зависимости для прочностных расчетов

Виды деталей и действующие на них нагрузки	Расчетные формулы	Примеры деталей приспособлений
Растяжение (сжатие) стержня круглого сечения диаметром d	$\sigma_{\text{рас}}^{\text{max}} = \frac{4P}{\pi d^2}$	Винты, болты, шпильки, штоки, тяги, опоры
Растяжение (сжатие) прямоугольного стержня с размерами сечения $B \times H$	$\sigma_{\text{рас}}^{\text{max}} = \frac{P}{BH}$	Толкатели, рейки, планки, звенья зажимных механизмов
Растяжение (сжатие) стержня кольцевого сечения с наружным диаметром D и внутренним d	$\sigma_{\text{рас}}^{\text{max}} = \frac{4P}{\pi(D^2 - d^2)}$	Штоки, тяги, опоры, оси
Изгиб стержня круглого сечения диаметром d	$\sigma_{\text{изг}}^{\text{max}} = \frac{32M_{\text{изг}}}{\pi d^3}$	Валы, оси, рычаги, прихваты, направляющие, оправки, рукоятки
Изгиб прямоугольного стержня с размерами сечения $B \times H$	$\sigma_{\text{изг}}^{\text{max}} = \frac{6M_{\text{изг}}}{BH^2}$	Рычаги, прихваты, рейки, планки
Изгиб стержня кольцевого сечения с наружным диаметром D и внутренним d	$\sigma_{\text{изг}}^{\text{max}} = \frac{32M_{\text{изг}}}{\pi d^3 \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right)}$	Тяги, опоры, оси, оправки, рукоятки
Кручение стержня круглого сечения диаметром d	$\tau_{\text{кр}}^{\text{max}} = \frac{16M_{\text{кр}}}{\pi d^3}$	Винты зажимов, валы, оправки
Кручение квадратного стержня с размерами сечения $B \times B$	$\tau_{\text{кр}}^{\text{max}} = \frac{M_{\text{кр}}}{0,208 \cdot B^3}$	Валы, винты, зажимы
Кручение стержня кольцевого сечения с наружным диаметром D и внутренним d	$\tau_{\text{кр}}^{\text{max}} = \frac{16M_{\text{кр}}}{\pi d^3 \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right)}$	Винты зажимов, валы, оправки
Срез детали	$\tau_{\text{ср}}^{\text{max}} = \frac{4P}{\pi d^2}$	Винты, штифты, пальцы
<p><i>В таблице используются следующие обозначения:</i></p> <p>P – сила, действующая в расчетном направлении (при растяжении/сжатии – в направлении оси, при срезе – в плоскости среза), Н;</p> <p>$M_{\text{изг}}$ – изгибающий момент, Нмм; $M_{\text{кр}}$ – крутящий момент, Нмм.</p>		

2.8. Принцип работы спроектированного приспособления

После того как выполнены все этапы по проектированию и расчету приспособления и подготовлена необходимая конструкторская документация необходимо привести технические характеристики полученной конструкции и описать принцип работы приспособления.

В описании принципа работы должна быть отражена следующая информация:

- классификация приспособления,
- для каких деталей и технологических операций используется спроектированное приспособление,
- какие размеры выполняют на операции,
- как выполняется обработка,
- как осуществить базирование заготовки в приспособлении,
- как закрепить заготовку в приспособлении,
- как работает зажимной механизм приспособления, его конструкция и воздействие на заготовку,
- как работает силовой привод приспособления (для гидравлического и пневматического привода привести описание механизма подачи рабочей среды),
- как осуществить установку приспособления на станке,
- как снять заготовку после обработки,
- как работают дополнительные элементы конструкции приспособления (вспомогательные опоры, установы, кондукторные втулки, фиксаторы, пружины, винты, выталкиватели и др.), при их наличии,
- как осуществить настройку, регулировку и ремонт приспособления с целью замены изношенных деталей,
- как осуществить транспортировку приспособления.

Также в описании необходимо отразить другие особенности конструкции приспособления, особые детали и узлы, применённые технические решения и т. п. Текст описания конструкции и принципа работы приспособления следует формулировать таким образом, что бы в нем были указания на конкретные детали и узлы приспособления в виде ссылок на соответствующие позиции сборочного чертежа и спецификации на приспособление. Если в пояснительной записке имеется рисунок, иллюстрирующий конструкцию приспособления, то допустимо ссылаться на позиции, указанные на этом рисунке.

Рекомендации по оформлению сборочных чертежей приспособлений приведены в главе 4 данного пособия.

2.9. Пример разработки конструкции и расчета специального станочного приспособления

2.9.1. Исходные данные для проектирования

Требуется спроектировать станочное приспособление для выполнения операции фрезерования лыски в соответствии с операционным эскизом, приведенным на рис. 2.26 (чертеж детали приведен в Приложении М). При фрезеровании должны быть выдержаны два размера $35_{-0,16}$ и $25_{-0,084}$ и обеспечена перпендикулярность лыски к оси детали. Обработка выполняется концевой фрезой диаметром 30 мм из Р6М5 при следующих режимах резания: $t = 0,2$ мм, $s = 200$ мм/мин, $n = 1000$ об/мин. Машинное время операции составляет 0,4 мин. Тип производства – среднесерийное, при годовой программе 1500 шт. и размере партии 90 шт.

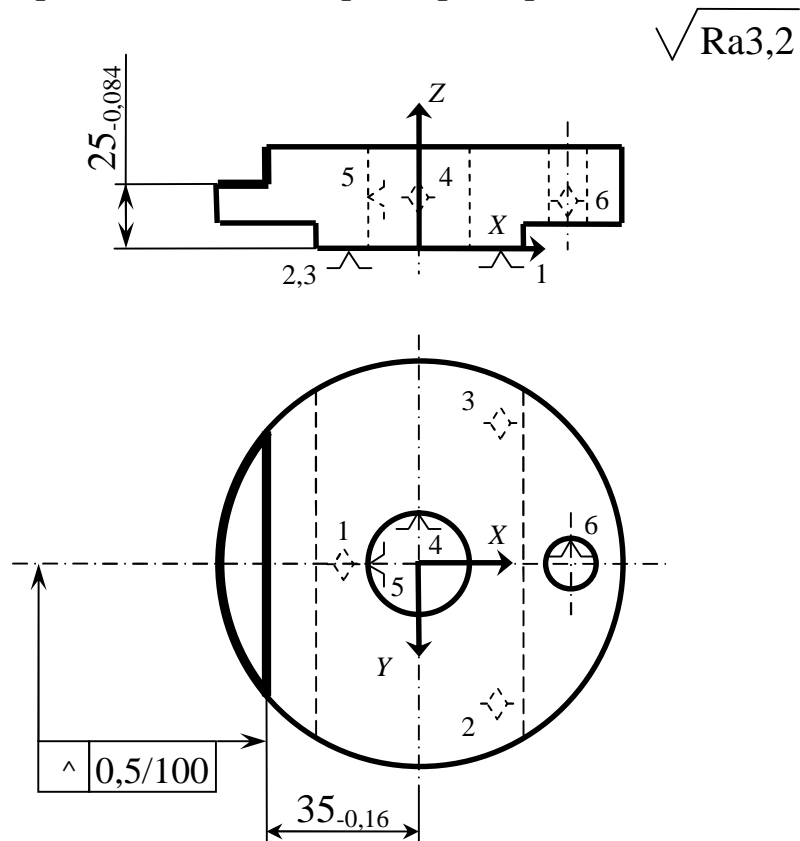


Рис. 2.26. Операционный эскиз и схема базирования заготовки

Предложенная технологом схема базирования (рис. 2.26) образована комплектом трех технологических баз: 1, 2, 3 – установочная явная (лишает перемещения заготовки вдоль оси OZ , а также вращений вокруг осей OX и OY); 4, 5 – двойная опорная явная (лишает заготовку возможности перемещения вдоль осей OX и OY); 6 – опорная явная (лишает заготовку возможности вращения вокруг оси OZ и обеспечивает фиксацию её углового положения).

Обработка производится на вертикально-фрезерном станке ГФ2171С5. Стол станка имеет размеры 1600 x 400 мм и оснащен тремя Т-образными пазами для установки приспособления – одним центральным 18Н8 и двумя боковыми 18Н12 (рис. 2.27).

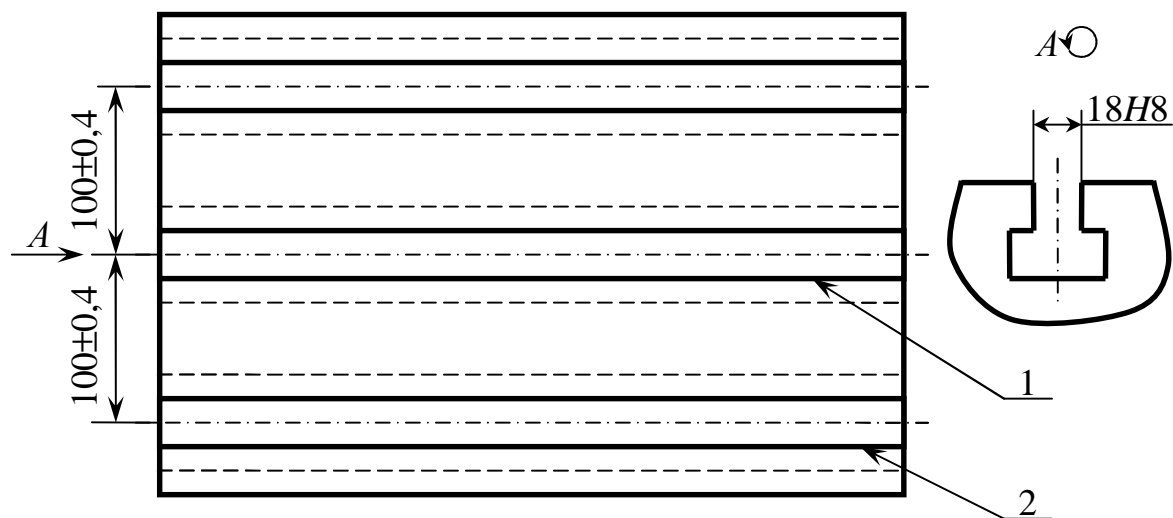


Рис. 2.27. Конструкция стола станка ГФ2171С5 (вид сверху)
1 – центральный паз стола станка; 2 – боковой паз

2.9.2. Разработка компоновки станочного приспособления

В соответствии с операционным эскизом (рис. 2.26) видно, что технологом предложена схема базирования заготовки на операции по плоскости и двум отверстиям. Причем опорные точки 1, 2, 3 образуют установочную базу, которая является явной и может быть реализована установкой заготовки соответствующим торцом на плоскость или опоры. Опорные точки 4 и 5 образуют двойную опорную базу, которая явно проставлена к образующим отверстия заготовки и лишает её перемещения по установочной плоскости в двух направлениях. Точка 6 является опорной базой, и также проявляется явно по образующей малого отверстия и ограничивает вращение заготовки вокруг своей оси, то есть обеспечивает угловую фиксацию заготовки в установочной плоскости.

С учетом характеристики схемы базирования и размеров заготовки единственный возможный вариант реализации данной схемы заключается в использовании плоской установочной поверхности (опорные точки 1, 2, 3) и двух установочных пальцев – цилиндрического (опорные точки 4 и 5) и цилиндрического срезанного (опорная точка 6). Данный вариант реализации схемы базирования показан на рис. 2.28 в виде соответствующей схемы установки.

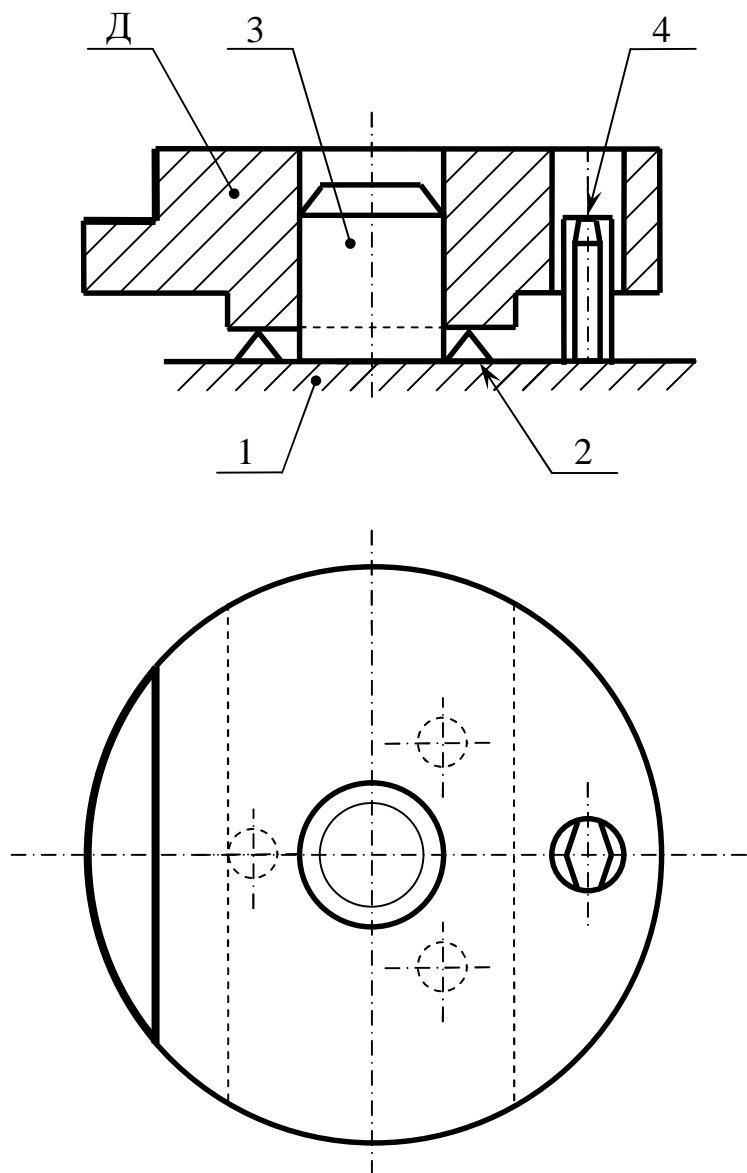


Рис. 2.28. Реализация предложенной схемы базирования:
 Д – заготовка; 1 – корпус приспособления; 2 – установочные элементы (опоры);
 3 – цилиндрический палец; 4 – срезанный (ромбический) палец

Установочный элемент приспособления может быть выполнен на основе трех опор с плоской головкой, либо реализован в конструкции корпуса в виде специальной точно обработанной пластины. Применение обычных опор в данном случае затруднительно, так как площадь установочной поверхности относительно небольшая, что препятствует их размещению. В этом случае применение специальных установочных пластин более предпочтительно. Закрепление заготовки в приспособлении можно реализовать множеством различных способов, которые зависят от типа зажима, наличия или отсутствия силового привода, от величины сил резания и требуемой силы закрепления. Поэтому способ закрепления будет

уточнен после выполнения соответствующих расчетов. Однако расположение зажимов и принцип их действия могут быть выбраны и до расчетов.

Возможны два варианта закрепления заготовки по способу расположения и принципу действия зажима. По первому способу зажим действует на заготовку сверху (рис. 2.29а), прижимая деталь к установочным элементам, а по второму – зажим действует снизу через отверстие в заготовке и установочном пальце (рис. 2.29б).

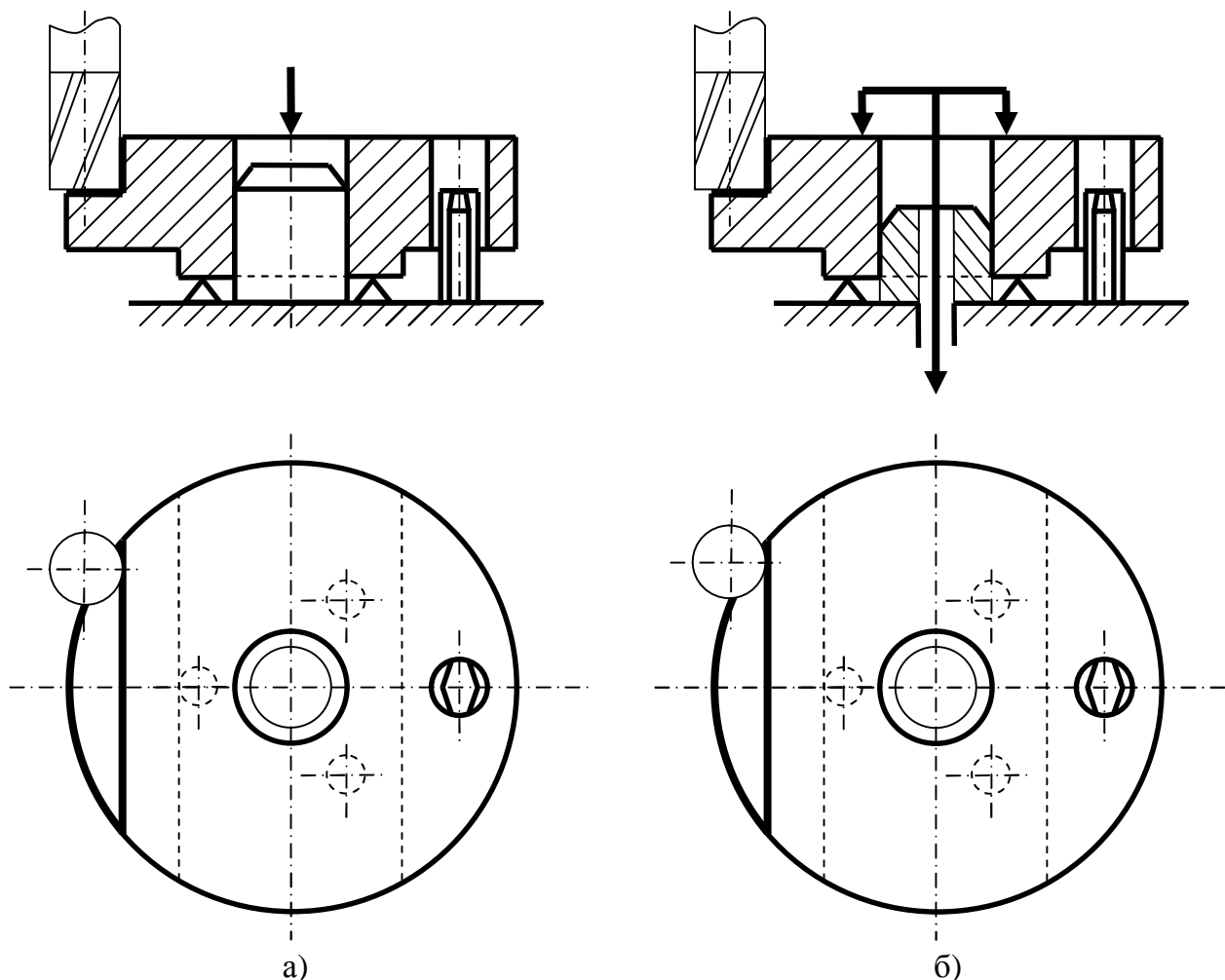


Рис. 2.29. Схемы установки, реализующие предложенную схему базирования

Вариант на рис. 2.29а более предпочтительней в данном случае из за простоты реализации. Он обеспечивает более быстрое закрепление, не требует дополнительных съемных деталей (быстросъемных шайб), которые используются при варианте на рис. 2.29б. А при использовании пневмоцилиндров возможна механизация зажима при небольших габаритах приспособления. Кроме того данный вариант зажима позволяет закреплять несколько заготовок одновременно при использовании одного силового привода. Учитывая, что время выполнения операции соизмеримо со временем установки-снятия заготовки, а производство среднесерийное принимаем решение о разработке двухместного приспособления.

С учетом сказанного выше выполняем принципиальную схему станочного приспособления (рис. 2.30). Особенностью предложенной схемы является конструкция зажимного устройства, которое выполнено в виде рычажного зажима с тремя шарнирными соединениями и двумя специальными прихватами: по одному на каждую заготовку. Наличие шарниров позволяет прихватам легко самоустанавливаться при закреплении двух заготовок, компенсировать разницу в их толщине и обеспечивать равномерное распределение силы закрепления. Недостатком конструкции является невозможность установки одной заготовки.

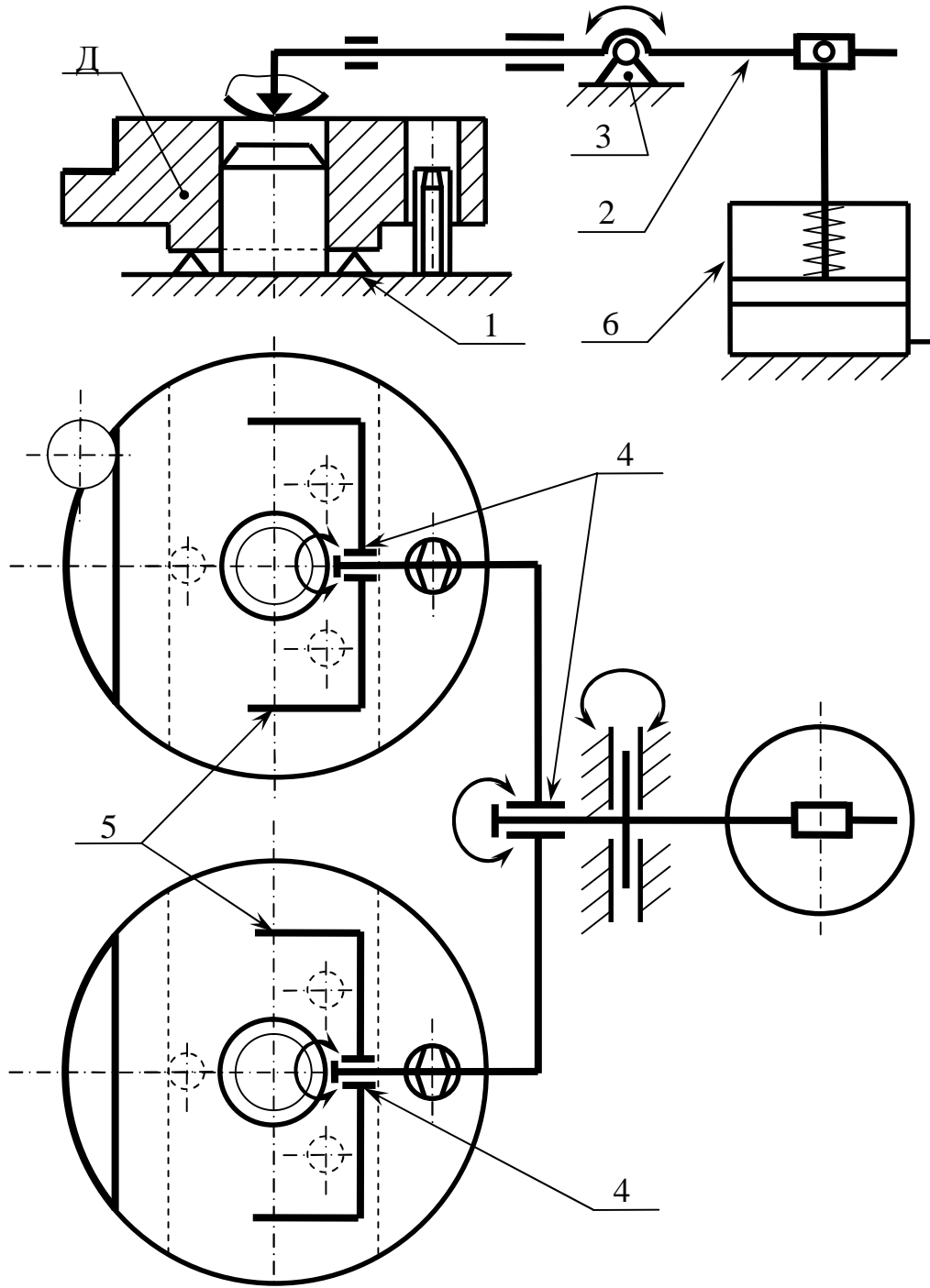


Рис. 2.30. Принципиальная схема приспособления:

- 1 – установочные элементы; 2 – рычажный зажим; 3 – опора рычага; 4 – шарниры;
5 – прихваты; 6 – пневмоцилиндр; Д – заготовка

2.9.3. Расчет требуемой силы закрепления

Расчет требуемой силы закрепления заготовки необходим для того чтобы определить такое значение силы закрепления, которое гарантированно обеспечит неподвижность заготовки в процессе обработки под действием сил резания.

В соответствии с исходными данными обработка выполняется концевой фрезой, схема резания для которой представлена на рис. 2.31.

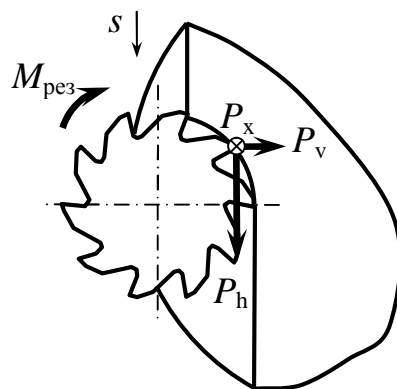


Рис. 2.31. Схема резания на рассматриваемой операции:

P_v – вертикальная составляющая силы резания, направленная перпендикулярно к оси вращения фрезы; P_h – горизонтальная составляющая силы резания (сила подачи); P_x – осевая составляющая силы резания, действующая в направлении оси фрезы

По приведенным режимам резания определим силы резания, действующие на заготовку, по методике из [26], т. 2, гл. 4. В результате расчетов получаем: $P_v = 140$ Н, $P_x = 280$ Н, $P_h = 320$ Н.

Из анализа схемы резания (рис. 2.31) и схемы установки (рис. 2.29а) можно определить, что заготовка при обработке может сместиться в следующих направлениях:

- провернуться вокруг своей оси на цилиндрическом установочном пальце в пределах зазора по срезанному пальцу под действием силы резания P_h ,
- оторваться от установочных элементов при опрокидывании под действием силы P_x ,
- сместиться в установочной плоскости в пределах зазора по установочным пальцам под действием силы P_v .

Для предотвращения этих смещений заготовку необходимо закрепить, приложив силу, величину которой требуется рассчитать. Вначале составляем расчетную схему, на которой показываем все силы, действующие на заготовку в процессе обработки: силы резания, крутящие моменты, силы и моменты трения, силы закрепления, силу тяжести, реакции поверхностей и т. д. (рис. 2.32).

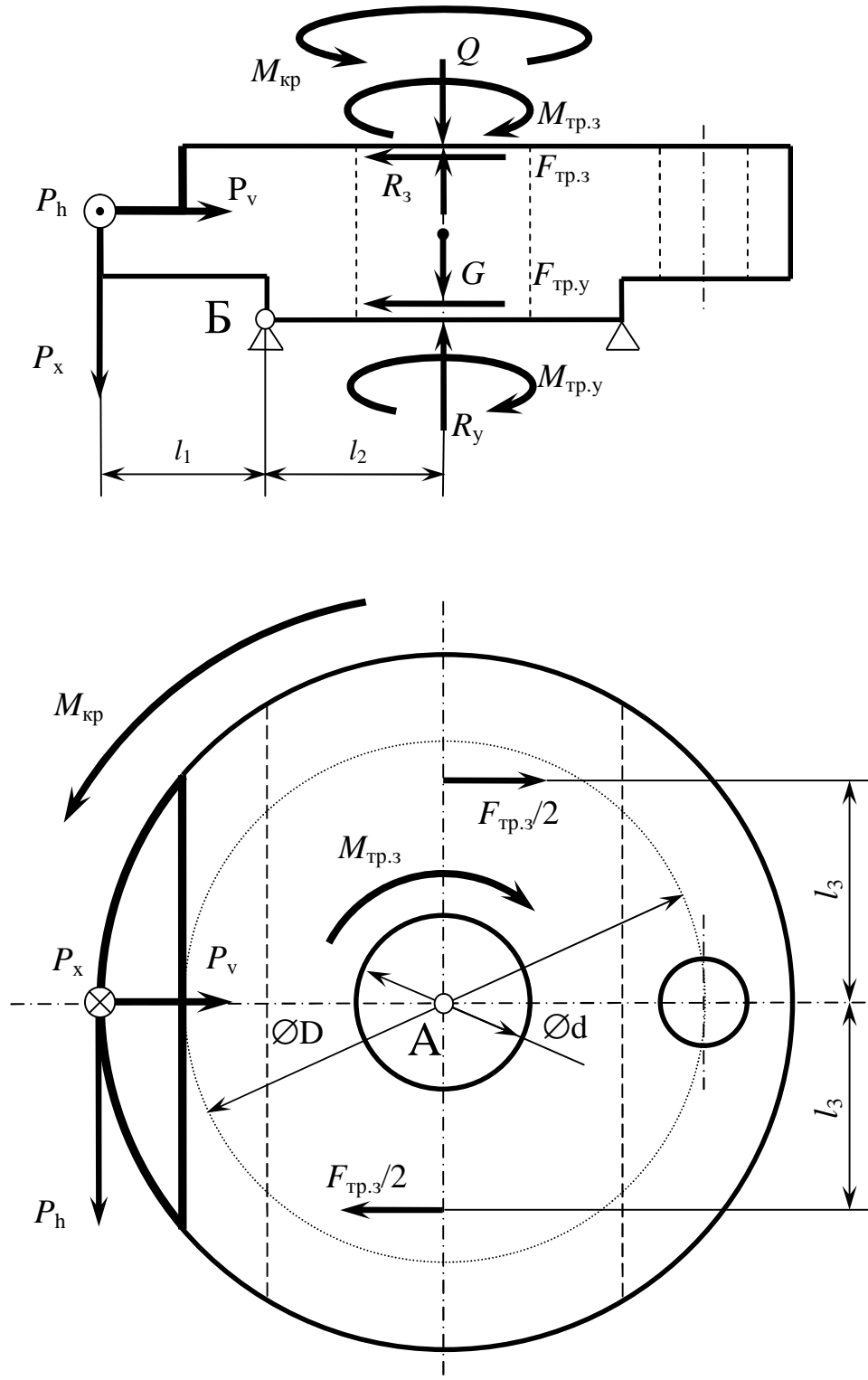


Рис. 2.32. Расчетная схема для составления уравнений равновесия:

$M_{кр}$ – крутящий момент силы от P_h , действующий на заготовку; $M_{тр.у}$ – момент трения по установочному элементу; $M_{тр.з}$ – момент трения по зажимному элементу; $F_{тр.з}$ – сила трения по зажимному элементу; $F_{тр.у}$ – сила трения по установочному элементу; l_1, l_2, l_3 – плечи сил; R_y – реакция по установочному элементу; R_3 – реакция по зажимному элементу; Q – требуемая сила закрепления; G – сила тяжести заготовки; D, d – размеры условной площадки контакта заготовки с установочным элементом

1) Расчет требуемой силы закрепления исходя из условия непроворачиваемости заготовки под действием силы резания P_h .

Для того, что бы определить величину силы закрепления Q , которая предотвратит проворот заготовки вокруг своей при обработке под действием силы P_h , необходимо составить уравнение моментов относительно точки A в соответствии с расчетной схемой (рис. 2.32)

$$\sum M_A = 0,$$

$$k \cdot M_{кр} - M_{тр.у} - M_{тр.з} = 0.$$

Из схемы имеем:

$$M_{кр} = P_h \cdot (l_1 + l_2),$$

$$M_{тр.у} = \frac{1}{3} \cdot f_y \cdot R_y \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} = \frac{1}{3} \cdot f_y \cdot (Q + G) \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2},$$

$$M_{тр.з} = 2 \cdot F_{тр.з} \cdot l_3 = 2 \cdot f_3 \cdot R_3 \cdot l_3 = 2 \cdot f_3 \cdot \frac{Q}{2} \cdot l_3.$$

В результате получаем уравнение

$$k \cdot P_h \cdot (l_1 + l_2) - \frac{1}{3} \cdot f_y \cdot (Q + G) \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} - 2 \cdot f_3 \cdot \frac{Q}{2} \cdot l_3 = 0,$$

где k – коэффициент запаса закрепления; f_y – коэффициент трения по установочному элементу; f_3 – коэффициент трения по зажимным элементам.

Определим значение коэффициента запаса закрепления k по следующей формуле:

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

с учетом рекомендаций п. 2.3, принимаем $k_0 = 1,5$; $k_1 = 1$; $k_2 = 1,4$; $k_3 = 1$; $k_4 = 1$; $k_5 = 1$; $k_6 = 1$, тогда

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,1.$$

Коэффициенты трения определяем по табл. 2.5: $f_y = 0,2$; $f_3 = 0,16$.

Длины плеч l_1 , l_2 , l_3 , а также размеры D и d контактной площадки определяем по чертежу детали (Приложение М) в соответствии с расчетной схемой (рис. 2.32). Получаем следующие значения: $l_1 = 20$ мм, $l_2 = 30$ мм, $l_3 = 35$ мм, $D = 70$ мм, $d = 30$ мм.

Из полученного выше уравнения выражаем искомую силу закрепления Q и расчетом определяем её значение

$$Q = \frac{kP_h(l_1 + l_2) - \frac{1}{3}Gf_y \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}{f_3l_3 + \frac{1}{3}f_y \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}},$$

$$Q = \frac{2,1 \cdot 320 \cdot (20 + 30) - \frac{1}{3} \cdot 2,5 \cdot 0,2 \cdot \frac{70^3 - 30^3}{70^2 - 30^2}}{0,16 \cdot 35 + \frac{1}{3} \cdot 0,2 \cdot \frac{70^3 - 30^3}{70^2 - 30^2}} = 2870 \text{ Н.}$$

Именно это значение силы закрепления предотвратит возможность проворота заготовки при воздействии на неё силы резания P_h .

2) *Расчет требуемой силы закрепления исходя из условия неопрокидывания заготовки под действием составляющей силы резания P_x .*

Для того, что бы определить величину силы закрепления Q , которая предотвратит отрыв заготовки от установочных элементов и её дальнейшее опрокидывание при обработке в направлении действия силы P_x , необходимо составить уравнение моментов относительно точки B , в соответствии с расчетной схемой (рис. 2.32)

$$\sum M_B = 0,$$

$$k \cdot P_x \cdot l_1 - (Q + G) \cdot l_2 = 0,$$

из которого выражаем искомую силу закрепления Q и расчетом определяем её значение:

$$Q = \frac{k \cdot P_x \cdot l_1}{l_2} - G = \frac{2,1 \cdot 280 \cdot 20}{30} - 2,5 = 390 \text{ Н.}$$

При таком значении силы закрепления отрыв заготовки от установочных элементов под действием силы резания P_x будет невозможен.

3) Расчет требуемой силы закрепления исходя из условия несдвигаемости заготовки под действием составляющей силы резания P_v .

Для того, что бы определить величину силы закрепления Q , которая предотвратит сдвиг заготовки при обработке в направлении действия силы P_v , необходимо составить уравнение равновесия в данном направлении (рис. 2.32), получаем следующее уравнение

$$\sum F_{P_v} = 0,$$

$$kP_v - F_{\text{тр.у}} - F_{\text{тр.з}} = 0,$$

$$kP_v - f_y R_y - f_3 R_3 = 0,$$

$$kP_v - f_y(Q + G) - f_3 Q = 0,$$

из которого выражаем искомую силу закрепления Q и расчетом определяем её значение

$$Q = \frac{kP_v - f_y G}{f_y + f_3} = \frac{2,1 \cdot 140 - 0,2 \cdot 2,5}{0,2 + 0,16} = 815 \text{ Н.}$$

Таким образом, в результате расчетов были определены три значения силы закрепления, которую требуется приложить к заготовке для предотвращения её смещения по соответствующим расчетным направлениям.

В качестве требуемой силы закрепления принимаем наибольшую по значению силу из трех расчетных. В нашем случае это сила 2870 Н. Такое значение обеспечит надежное гарантированное закрепление заготовки по всем направлениям.

Учитывая, что приспособления двухместное и в нем одновременно находятся и обрабатываются две заготовки, сила закрепления должна быть приложена к каждой заготовке. Таким образом, суммарная требуемая сила закрепления заготовок в приспособлении составит $Q = 5740 \text{ Н.}$

2.9.4. Определение характеристик силового привода

По результатам расчетов (п. 2.9.3) была определена требуемая сила закрепления заготовок в приспособлении $Q = 5740$ Н. Такую силу должен вырабатывать зажимной механизм приспособления.

Учитывая, что значение силы закрепления достаточно большое, для его выработки потребуется относительно крупногабаритный пневмоцилиндр, диаметром порядка 120 мм. Для уменьшения габаритных размеров цилиндра можно воспользоваться рычажным зажимом, который, за счет определенного соотношения длин плеч будет выполнять функцию усилителя. Определим его исходную силу закрепления N (рис. 2.33).

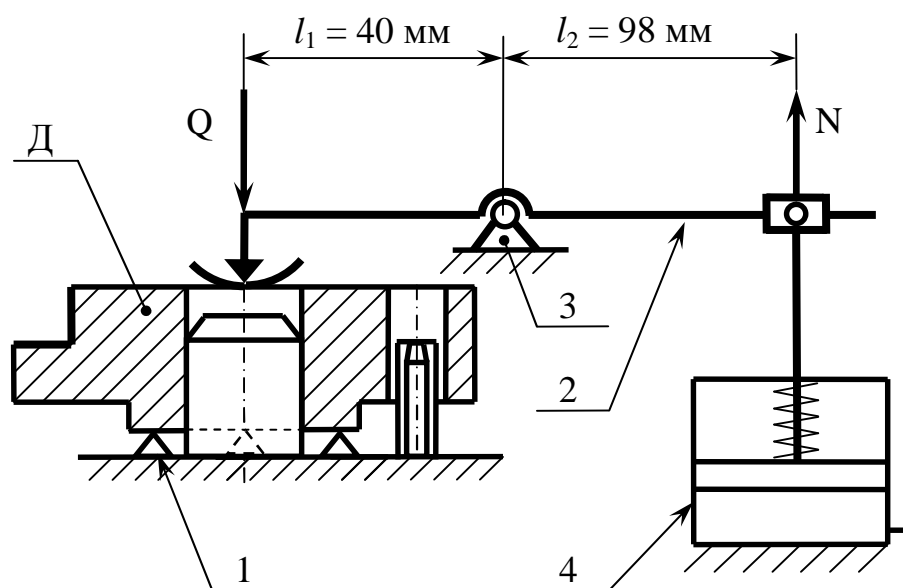


Рис. 2.33. Схема к расчету исходной силы закрепления:

1 – установочные элементы; 2 – рычажный зажим; 3 – опора рычага;
4 – пневмоцилиндр; Д – заготовка; Q – требуемая сила закрепления; N – исходная сила закрепления; l_1, l_2 – плечи зажимного рычага (прихвата) приспособления

С учетом расчетной схемы и назначенных конструктивно длин плеч рычага (рис. 2.33) получаем

$$N = Q \frac{l_1}{l_2} = 5740 \frac{40}{98} = 2340 \text{ Н.}$$

Для выработки исходной силы закрепления будем использовать пневмоцилиндр одностороннего действия с возвратной пружиной. Определим характеристики пневмоцилиндра, исходя из требуемой величины исходной силы N , которая вырабатывается при подаче сжатого воздуха в его поршневую (бесштоковую) полость.

Для пневмоцилиндра одностороннего действия известна формула по определению величины толкающей силы N на его штоке:

$$N = \frac{\pi D^2}{4} p \eta - q,$$

где D – диаметр поршня пневмоцилиндра, мм;
 p – давление воздуха в пневмосети (0,63 МПа);
 q – сила сопротивления возвратной пружины (90 Н);
 η – коэффициент полезного действия пневмоцилиндра (0,85).

Выполнив преобразования, определим диаметр пневмоцилиндра

$$D = 2 \sqrt{\frac{N + q}{\pi p \eta}} = 2 \sqrt{\frac{2340 + 90}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,85}} = 78 \text{ мм.}$$

Ближайшее значение пневмоцилиндра из стандартного ряда по ГОСТ 6540-68 составляет 80 мм (Приложение И). Выбираем данный пневмоцилиндр в качестве силового привода проектируемого станочного приспособления.

Определим фактическую исходную силу N_ϕ и фактическую силу закрепления заготовки Q_ϕ в приспособлении с учетом окончательно выбранного силового привода:

$$N_\phi = \frac{\pi D^2}{4} p \eta - q = \frac{3,14 \cdot 80^2}{4} 0,63 \cdot 0,85 - 90 = 2442 \text{ Н,}$$

$$Q_\phi = N_\phi \frac{l_2}{l_1} = 2442 \frac{98}{40} = 5982 \text{ Н.}$$

При этом фактическая сила закрепления, приходящаяся на одну заготовку составит 2990 Н.

2.9.5. Расчет приспособления на точность

Исходя из требуемой точности к выдерживаемым на операции размерам и допуску расположения, необходимо предъявить требования к элементам проектируемого приспособления. По исходным данным известно, что на операции выдерживаются два размера $35_{-0,16}$ и $25_{-0,084}$ и обеспечивается перпендикулярность лыски к оси детали $0,5/100$ (рис. 2.26).

1) Расчет приспособления на точность в направлении выдерживаемого допуска на перпендикулярность лыски к оси детали $0,5/100$.

Вначале необходимо определить допустимую погрешность положения заготовки в приспособлении $[\epsilon_{\text{пр}}]$ в направлении выдерживаемого допуска по формуле (2.19) п. 2.5.1.

$$[\epsilon_{\text{пр}}] = T_A - k_T \sqrt{\epsilon_{\text{обр}}^2 + \epsilon_{\text{др}}^2} + \epsilon_{\text{н}}^2,$$

где $[\epsilon_{\text{пр}}]$ – допустимая погрешность приспособления,

T_A – допуск на выполняемый размер или допуск формы ($T_A=0,5$ мм),

k_T – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения ($k_T = 1 - 1,2$).

$\epsilon_{\text{обр}}$ – погрешность, свойственная данному методу обработки (погрешность обработки),

$\epsilon_{\text{н}}$ – погрешность настройки технологической системы на выполняемый размер (погрешность настройки),

$\epsilon_{\text{др}}$ – другие погрешности, обусловленные факторами, независимыми от метода обработки, способа настройки и конструкции приспособления. К ним относятся: погрешность базирования, погрешность измерения, погрешность, связанная с квалификацией рабочего и другие погрешности.

Настройка инструмента не оказывает влияния на перпендикулярность лыски к оси детали, поэтому, при расчете на точность в данном направлении, составляющая $\epsilon_{\text{н}}$ из расчетной формулы должна быть исключена. Формула примет следующий вид

$$[\epsilon_{\text{пр}}] = T_A - k_T \sqrt{\epsilon_{\text{обр}}^2 + \epsilon_{\text{др}}^2}.$$

Погрешность обработки $\epsilon_{\text{обр}}$ в расчетном направлении определяем на основе данных из справочной таблицы 2.7. Для рассматриваемой операции известен метод обработки – чистовое фрезерование, и размер – базовая длина 100 мм, принимаем $\epsilon_{\text{обр}} = 0,06$ мм.

Другие погрешности определяем из рекомендуемого соотношения $\epsilon_{др} = (0,05 - 0,1) \cdot T_A$ (п. 2.5.1), на основании которого получаем $\epsilon_{др} = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05$ мм.

Определяем допустимую погрешность положения заготовки в приспособлении:

$$[\epsilon_{пр}] = 0,5 - 1\sqrt{0,06^2 + 0,05^2} = 0,5 - 0,078 = 0,422 \text{ мм.}$$

По найденной допустимой погрешности приспособления определяем допустимую погрешность, связанную с конструкцией приспособления, точностью его изготовления и сборки.

Для определения допустимой погрешности изготовления приспособления $[\epsilon_{изг}]$ в направлении выдерживаемого допуска на перпендикулярность воспользуемся формулой (2.34)

$$[\epsilon_{изг}] = [\epsilon_{пр}] - \left(\sqrt{k_1 \epsilon_{нб}^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{см}^2} + \epsilon_{изн} + \epsilon_{ус} \right),$$

где k_1 – коэффициент уменьшения погрешности вследствие того, что действительные размеры установочной поверхности редко равны предельным значениям (в расчетах рекомендуется принимать $k_1 = 0,8 - 0,85$).

$\epsilon_{нб}$ – погрешность, возникающая из-за несовмещения измерительной и технологической базы при установке заготовки в приспособление,

ϵ_3 – погрешность, возникающая в результате закрепления заготовки при её установке в приспособление,

$\epsilon_{изн}$ – погрешность, обусловленная износом базирующих элементов приспособления,

$\epsilon_{изг}$ – погрешность, связанная с неточностью изготовления деталей приспособления и его сборки,

$\epsilon_{см}$ – погрешность, вызванная смещением режущего инструмента в процессе обработки,

$\epsilon_{ус}$ – погрешность, возникающая при установке приспособления на стол станка, шпиндель или планшайбу.

При заданной схеме обработки смещение инструмента или его перекос не оказывает влияния на перпендикулярность лыски к оси детали, поэтому, при расчете на точность в данном направлении, составляющая $\epsilon_{см}$ из расчетной формулы должна быть исключена.

Расчетная формула примет следующий вид:

$$[\epsilon_{\text{изг}}] = [\epsilon_{\text{пр}}] - \left(\sqrt{k_1 \epsilon_{\text{нб}}^2 + \epsilon_3^2} + \epsilon_{\text{изн}} + \epsilon_{\text{ус}} \right).$$

Производим расчет всех составляющих величин данной формулы: $\epsilon_{\text{нб}}$, ϵ_3 , $\epsilon_{\text{изн}}$, $\epsilon_{\text{ус}}$, в соответствии с имеющейся компоновкой приспособления.

Погрешность несовмещения измерительной и технологической базы $\epsilon_{\text{нб}}$ возникает из-за того, что выдерживаемый допуск на перпендикулярность измеряется от оси детали, а базирование на технологической операции осуществляется по поверхностям отверстий на пальцы по посадкам с зазором.

На рис. 2.34 показана схема формирования погрешности $\epsilon_{\text{нб}}$. За счет зазоров в сопряжениях отверстий с цилиндрическим и срезанным пальцем $s_{\text{ц}}$ и $s_{\text{с}}$, соответственно, заготовка может занимать различные угловые положения α , что сказывается на перпендикулярности лыски к оси детали. То есть несовмещение измерительной и технологической базы приводит к возникновению погрешности $\epsilon_{\text{нб}}$ в направлении выдерживаемого допуска.

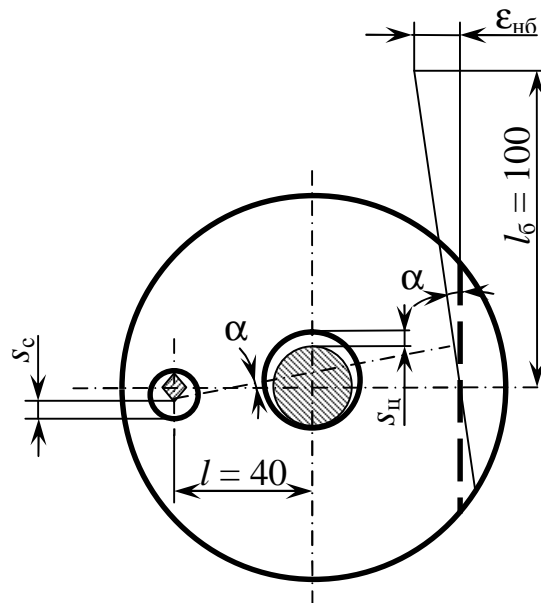


Рис. 2.34. Схема к определению погрешности из-за несовмещения измерительной и технологической баз $\epsilon_{\text{нб}}$

Определим максимальные зазоры между отверстиями и пальцами приспособления $s_{\text{ц}}$ и $s_{\text{с}}$. Для чего необходимо задать размеры пальцев и допуски на них. На основе чертежа детали (Приложение М) и справочной литературы (например, [27], т.1, с.353, табл. 21) выбираем цилиндрический палец $\text{Ø}30\text{f}9_{-0,072}^{-0,020}$ ГОСТ 12209–66 для отверстия в детали $\text{Ø}30^{+0,052}$ и срезанный $\text{Ø}10\text{f}9_{-0,049}^{-0,013}$ ГОСТ 12210–66 для отверстия $\text{Ø}10^{+0,036}$.

Тогда максимальные зазоры будут равны:

$$s_{ц} = 0,052 + 0,072 = 0,124 \text{ мм},$$

$$s_{с} = 0,036 + 0,049 = 0,085 \text{ мм}.$$

Из расчетной схемы (рис. 2.34) и формулы из табл. 2.10 получим

$$\epsilon_{нб} = \frac{s_{ц} + s_{с}}{2l} l_{\sigma} = \frac{0,124 + 0,085}{2 \cdot 40} 100 = 0,261 \text{ мм}.$$

Погрешность, возникающая в процессе закрепления заготовки в приспособлении ϵ_3 , может быть определена на основе справочных данных (табл. 2.11). При установке заготовки в приспособление с пневмозажимом по окончательно обработанной поверхности погрешность закрепления будет равна $\epsilon_3 = 0,06$ мм.

Погрешность, возникающая из-за износа установочных элементов приспособления $\epsilon_{изн}$, определяется по формуле (2.25) и данным таблиц 2.12 – 2.14. Для установочных пальцев величина нормального износа (в радиальном направлении) при числе контактов заготовки с приспособлением до 1500 раз (в соответствии с годовой программой), при фрезеровании заготовки из незакаленной стали с охлаждением на станке с ЧПУ

$$U = 5,7 \cdot 0,79 \cdot 0,4 \cdot 1,25 \cdot 0,94 = 2 \text{ мкм} = 0,002 \text{ мм}.$$

Износ пальцев увеличивает зазор в сопряжении их с отверстиями заготовки и влияет на её угловое положение в приспособлении. Расчет выполняется аналогично предыдущему, только вместо зазора учитываем диаметральный износ пальцев.

$$\epsilon_{изн} = \frac{U + U}{l} l_{\sigma} = \frac{0,002 + 0,002}{40} 100 = 0,01 \text{ мм}.$$

Погрешность установки приспособления на станке ϵ_{yc} возникает из-за того, приспособление устанавливается на столе станка по шпонкам корпуса и продольному центральному пазу стола по посадке с зазором. За счет зазоров в сопряжениях шпонок с поверхностью паза корпус приспособления, а, следовательно, и заготовка может занимать различные угловые положения, что сказывается на перпендикулярности лыски к оси детали. Формула для расчетного определения данной погрешности в направлении выдерживаемого размера приводится в табл. 2.15.

$$\varepsilon_{yc} = \frac{l_6 \cdot s}{l_{шп}},$$

где s – максимальный зазор в сопряжении шпонки и паза,

$l_{шп}$ – расстояние между шпонками (на основе компоновки – 316 мм),

l_6 – базовая длина заготовки (100 мм).

Определим максимальный зазор s между пазом стола и шпонками корпуса приспособления. Для чего необходимо задать размеры шпонок и допуски на них. Из технических характеристик станка известно, что размер его центрального паза $18H8^{(+0,027)}$. На основе справочной литературы (например, [11], с.168) выбираем призматические привертные шпонки $18h6_{(-0,011)}$ ГОСТ 14737–69.

Зазор будет равен $s = 0,027 + 0,018 = 0,045$ мм, а погрешность установки на станке

$$\varepsilon_{yc} = \frac{100 \cdot 0,045}{316} = 0,014 \text{ мм.}$$

Тогда допустимая погрешность изготовления приспособления $[\varepsilon_{изг}]$ в направлении выдерживаемого допуска на перпендикулярность равна

$$\begin{aligned} [\varepsilon_{изг}] &= 0,422 - \left(\sqrt{0,8 \cdot 0,261^2 + 0,06^2} + 0,01 + 0,014 \right) = \\ &= 0,422 - (0,241 + 0,01 + 0,014) = 0,422 - 0,265 = 0,157 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Полученную величину нужно распределить по отдельным составляющим звеньям размерной цепи приспособления в направлении выдерживаемого размера, назначив требования к элементам конструкции приспособления, допуски на размеры его деталей, требования к форме и расположению установочных элементов и т. д., таким образом, чтобы фактическая погрешность не превысила допустимую погрешность изготовления приспособления $\varepsilon_{изг} \leq [\varepsilon_{изг}]$.

Расчетная погрешность изготовления приспособления может быть определена по формуле (2.29)

$$\varepsilon_{изг} = \Sigma T_i + \Sigma e_i + \Sigma s_i + \Sigma \Delta_i,$$

где ΣT_i – сумма допусков на звенья (размеры) проектируемого приспособления в направлении выдерживаемого размера, характеризующая погрешность изготовления деталей и сборки приспособления;

Σe_i – суммарная величина эксцентриситета деталей приспособления, действующая в направлении выдерживаемого размера;

Σs_i – суммарный конструктивный зазор в сопряжении деталей приспособления, действующих в направлении выдерживаемого размера;

$\Sigma \Delta_i$ – суммарная погрешность, зависящая от формы и расположения установочных и направляющих элементов приспособления, действующая в направлении выполняемого размера.

Руководствуясь конструкцией приспособления и его целевым назначением, а также рекомендациям Приложения Л, назначаем основные требования к изготовлению и сборке приспособления. Для наглядности представим эти требования в виде схемы (рис. 2.35).

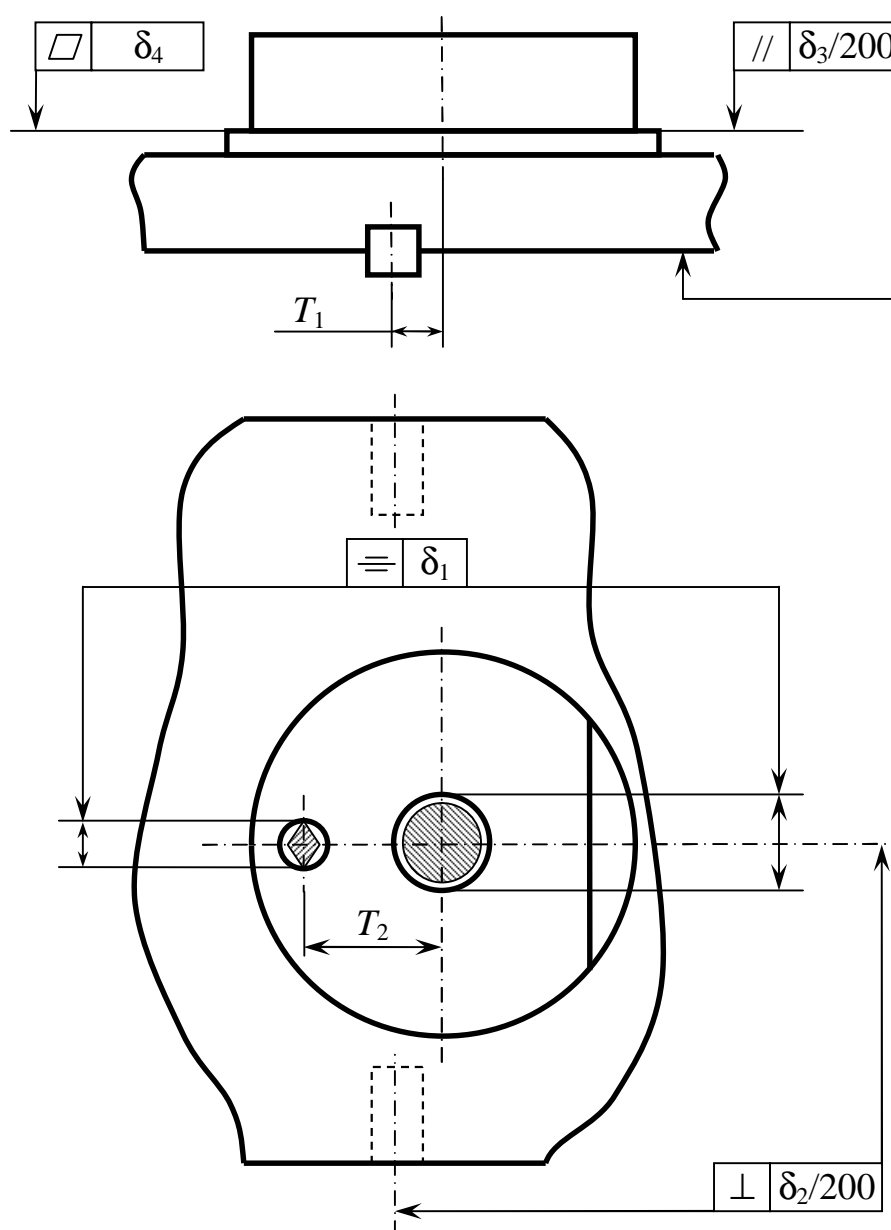


Рис. 2.35. Допуски формы и расположения в конструкции приспособления

Как видно из схемы к конструкции приспособления должны быть предъявлены следующие требования:

- 1) Допуски на размеры, координирующие положение установочных пальцев T_1 и T_2 .
- 2) Допуск симметричности установочных пальцев δ_1 .
- 3) Допуск перпендикулярности общей оси пальцев к общей оси шпонок δ_2 длине $l = 200$ мм.
- 4) Допуск параллельности плоскости установочных элементов к основанию корпуса δ_3 длине $l = 200$ мм.
- 5) Допуск плоскостности установочных элементов δ_4 .

Допуски T_1 , T_2 и δ_3 , δ_4 не оказывают влияния на перпендикулярность лыски к оси детали и их не учитывают в расчете по данному направлению. Эти допуски будут определены в дальнейшем при точностных расчетах в других направлениях. Эксцентриситеты деталей приспособления и зазоры в конструкции приспособления в направлении расчета отсутствуют или незначительны. Тогда формула для расчета фактической погрешности изготовления приспособления примет следующий вид

$$\varepsilon_{\text{изг}} = \Sigma \Delta_i = \Delta_1(\delta_1) + \Delta_2(\delta_2),$$

то есть погрешность изготовления приспособления зависит от неточности формы и расположения установочных элементов приспособления, действующая в направлении выполняемого размера. Определяем значения Δ_1 и Δ_2 для чего составляем расчетные схемы (рис. 2.36).

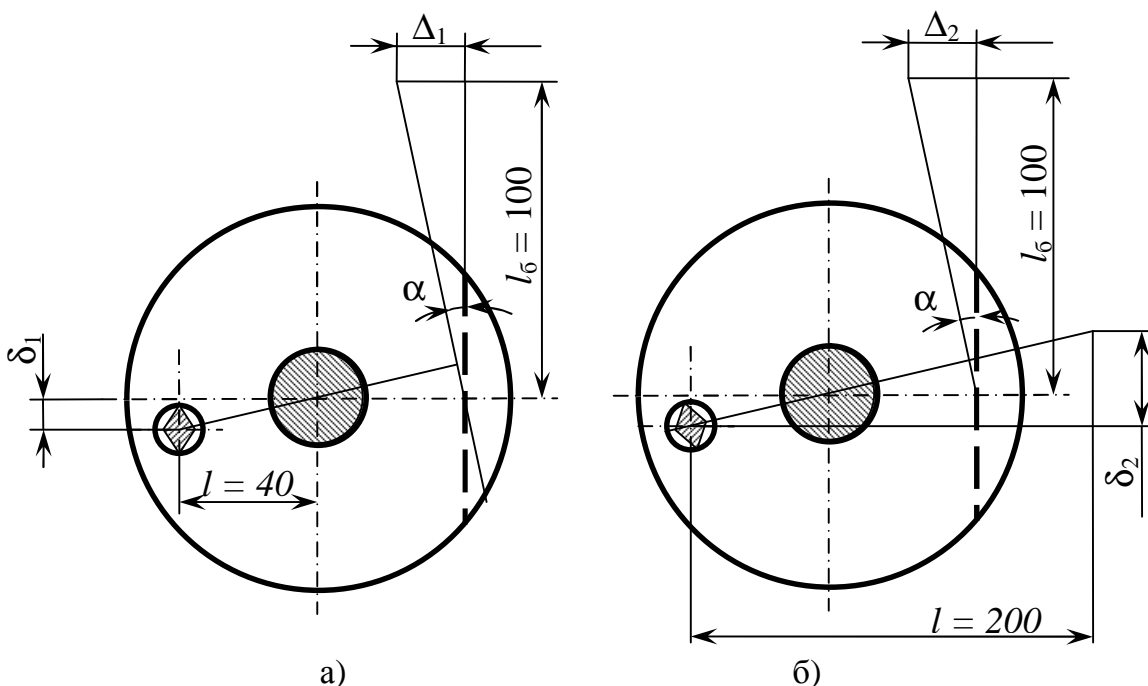


Рис. 2.36. Расчетные схемы для определения величин Δ_1 при несимметричности установочных пальцев (а) и Δ_2 при неперпендикулярности оси пальцев к оси шпонок (б)

Тогда, из расчетных схем, получаем:

$$\Delta_1 = \frac{l_6 \delta_1}{l} = \frac{100}{40} \delta_1 = 2,5\delta_1,$$

$$\Delta_2 = \frac{l_6 \delta_2}{l} = \frac{100}{200} \delta_2 = 0,5\delta_2.$$

Разделим значение погрешности изготовления между её составляющими Δ_1 и Δ_2 :

$$\varepsilon_{\text{изг}} = \Delta_1(\delta_1) + \Delta_2(\delta_2),$$

$$0,157 = 2,5\delta_1 + 0,5\delta_2.$$

С точки зрения сложности обеспечения в конструкции приспособления, требования к расположению установочных элементов δ_1 и δ_2 можно считать равнозначными, поэтому допуски на них назначаем одинаковыми, то есть $\delta_1 = \delta_2 = \delta$. В результате получим:

$$0,157 = 2,5\delta + 0,5\delta = 3\delta,$$

$$\delta = \frac{0,157}{3} = 0,052 \text{ мм.}$$

Полученные допуски округляем до значений стандартного ряда в меньшую сторону. Окончательно принимаем $\delta_1 = 0,05 \text{ мм}$, $\delta_2 = 0,05 \text{ мм}$.

2) Расчет приспособления на точность в направлении выдерживаемого операционного размера 35_{-0,16}.

Выполним проектный расчет по размеру 35_{-0,16}, результаты расчета позволят определить допуски T_1 и T_2 (рис. 2.35).

Расчет начинаем с определения допустимой погрешность положения заготовки в приспособлении $[\varepsilon_{\text{пр}}]$ в направлении выдерживаемого операционного размера 35_{-0,16} по формуле

$$[\varepsilon_{\text{пр}}] = T_A - \left(k_T \sqrt{\varepsilon_{\text{обр}}^2 + \varepsilon_{\text{др}}^2 + \varepsilon_{\text{н}}} \right).$$

Погрешность обработки $\varepsilon_{\text{обр}}$ в расчетном направлении определяем на основе данных из табл. 2.7.

Для рассматриваемой операции известен метод обработки – чистовое фрезерование, и операционный размер – 35 мм, принимаем $\epsilon_{\text{обр}} = 0,025$ мм. Другие погрешности определяем из рекомендуемого соотношения $\epsilon_{\text{др}} = (0,05 - 0,1) \cdot T_A$ (п. 2.5.1), на основании которого получаем $\epsilon_{\text{др}} = 0,1 \cdot 0,16 = 0,016$ мм. Погрешность настройки для указанного станка (станок с ЧПУ с цифровой индикацией, обработка в плоскости XOY) определяется по данным таблицы 2.9, принимаем $\epsilon_{\text{н}} = 0,04$ мм. На основе полученных данных определяем допустимую погрешность положения заготовки в приспособлении по размеру $35_{-0,16}$

$$[\epsilon_{\text{пр}}] = 0,16 - \left(\sqrt{0,025^2 + 0,016^2} + 0,04 \right) = 0,16 - 0,07 = 0,09 \text{ мм.}$$

Для определения допустимой погрешности изготовления приспособления $[\epsilon_{\text{изг}}]$ в расчетном направлении воспользуемся формулой (2.34)

$$[\epsilon_{\text{изг}}] = [\epsilon_{\text{пр}}] - \left(\sqrt{k_1 \epsilon_{\text{нб}}^2} + \epsilon_{\text{изн}} + \epsilon_{\text{ус}} \right)$$

Погрешность от смещения инструмента также как и в предыдущем случае не учитываем, поэтому $\epsilon_{\text{см}}$ из расчетной формулы исключена. Также из расчетной формулы исключена погрешность закрепления, так как заготовка достаточно жесткая, а силы закрепления действуют непосредственно на опору. Их действие не оказывает влияния на выдерживаемый операционный размер.

Производим расчет всех составляющих величин: $\epsilon_{\text{нб}}$, $\epsilon_{\text{з}}$, $\epsilon_{\text{изн}}$, $\epsilon_{\text{ус}}$, в соответствии с имеющейся компоновкой приспособления.

Погрешность несовмещения измерительной и технологической базы $\epsilon_{\text{нб}}$ возникает из-за того, что выдерживаемый размер измеряется от оси детали, а базирование на технологической операции осуществляется по поверхностям отверстий на пальцы по посадкам с зазором без центрирования. За счет зазора в сопряжении отверстия с цилиндрическим пальцем $s_{\text{ц}}$ заготовка может занимать различные положения в пределах этого зазора в направлении размера $35_{-0,16}$, что сказывается на его значении после обработки. То есть имеет место несовмещение измерительной и технологической базы, что приводит к возникновению погрешности $\epsilon_{\text{нб}}$ в направлении выдерживаемого размера.

Для определения погрешности $\epsilon_{\text{нб}}$ можно воспользоваться справочной таблицей 2.10, в которой для данной компоновки приспособления и выбранного расчетного направления приводится формула

$$\epsilon_{нб} = T_d,$$

где T_d – допуск на диаметр цилиндрического пальца.

Для выбранного ранее цилиндрического пальца $\varnothing 30f9\left(\begin{smallmatrix} -0,020 \\ -0,072 \end{smallmatrix}\right)$ допуск на диаметр его рабочей поверхности $T_d = 0,052$ мм, следовательно, погрешность из-за несовмещения баз $\epsilon_{нб} = 0,052$.

Погрешность из-за износа установочных элементов приспособления $\epsilon_{изн}$ определяется износом цилиндрического пальца, который увеличивает зазор в направлении размера $35_{-0,16}$. Величина этой погрешности определяется по формуле (2.27) следующим образом $\epsilon_{изн} = 2U$. При величине нормального износа $U = 0,002$ мм, получаем $\epsilon_{изн} = 0,004$ мм.

Погрешность установки приспособления на станке ϵ_{yc} в направлении выдерживаемого размера определяется по величине зазора между боковыми поверхностями шпонок корпуса приспособления и поверхностями продольного паза стола станка. Этот зазор был определен ранее $s = 0,045$ мм. Тогда погрешность установки приспособления на станке будет равна $\epsilon_{yc} = 0,045$ мм.

На основе полученных данных определяем допустимую погрешность изготовления приспособления в направлении размера $35_{-0,16}$.

$$\begin{aligned} [\epsilon_{изг}] &= 0,09 - \left(\sqrt{0,85 \cdot 0,052^2} + 0,004 + 0,045 \right) = \\ &= 0,09 - 0,10 = -0,01 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Полученное отрицательное значение говорит о том, что погрешность положения заготовки в приспособлении слишком большая, даже без учета конструкции приспособления. Для её уменьшения можно ужесточить требования к цилиндрическому пальцу, что позволит уменьшить погрешность от несовмещения баз. ГОСТ 12209–66 предусматривает изготовление пальцев с допуском $g6$, именно его и будем использовать в конструкции приспособления $\varnothing 30g6\left(\begin{smallmatrix} -0,007 \\ -0,020 \end{smallmatrix}\right)$, тогда $\epsilon_{нб} = 0,013$ мм.

$$\begin{aligned} [\epsilon_{изг}] &= 0,09 - \left(\sqrt{0,85 \cdot 0,013^2} + 0,004 + 0,045 \right) = \\ &= 0,09 - 0,061 = 0,029 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Расчетная погрешность изготовления приспособления $\epsilon_{изг}$ в рассматриваемом направлении

$$\epsilon_{изг} = \sum T_i = T_1.$$

Зазоры, эксцентриситеты и допуски формы в данном направлении отсутствуют в конструкции приспособления или их влияние незначительное. Из допусков учитывается лишь допуск на координирующий размер T_1 (рис. 2.35). Принимаем $T_1 = \epsilon_{изг} = 0,029 = \pm 0,014$ мм.

Допуск T_2 (рис. 1) можно определить, следуя рекомендациям из п. 5.2.8, в соответствии с которыми их следует назначать в несколько раз меньше допусков на размеры детали. Допуск T_2 задается на расстояние между пальцами. По чертежу детали (Приложение М) расстояние между отверстиями $40 \pm 0,05$ мм. Принимаем допуск $T_2 = \pm 0,02$ мм.

3) Расчет приспособления на точность в направлении выдерживаемого операционного размера $25_{-0,084}$.

Выполним проектный расчет по размеру $25_{-0,084}$, результаты расчета позволят определить допуски δ_3 и δ_4 (рис. 2.35).

Расчет начинаем с определения допустимой погрешности положения заготовки в приспособлении $[\epsilon_{пр}]$ в направлении выдерживаемого операционного размера $25_{-0,084}$ по формуле

$$[\epsilon_{пр}] = T_A - k_T \sqrt{\epsilon_{обр}^2 + \epsilon_{др}^2} + \epsilon_n^2.$$

Погрешность обработки $\epsilon_{обр}$ в расчетном направлении определяем на основе данных из таблицы 2.7. Для рассматриваемой операции известен метод обработки – чистовое фрезерование, и операционный размер – 25 мм, принимаем $\epsilon_{обр} = 0,020$ мм. Другие погрешности определяем из рекомендуемого соотношения $\epsilon_{др} = (0,05 - 0,1) \cdot T_A$ (п. 2.5.1), на основании которого получаем $\epsilon_{др} = 0,1 \cdot 0,084 = 0,0084$ мм. Погрешность настройки для указанного станка (станок с ЧПУ с цифровой индикацией, настройка в направлении оси Z) определяется по данным таблицы 2.9, принимаем $\epsilon_n = 0,02$ мм. На основе полученных данных определяем допустимую погрешность положения заготовки в приспособлении по размеру $25_{-0,084}$

$$[\epsilon_{пр}] = 0,084 - \left(1 \sqrt{0,02^2 + 0,0084^2} + 0,02\right) = 0,084 - 0,042 = 0,042 \text{ мм.}$$

Для определения допустимой погрешности изготовления приспособления $[\epsilon_{изг}]$ в расчетном направлении воспользуемся формулой (2.34)

$$[\epsilon_{изг}] = [\epsilon_{пр}] - \epsilon_{изн}$$

Погрешность от смещения инструмента также как и в предыдущих случаях не учитывается, поэтому $\epsilon_{см}$ из расчетной формулы исключена. Также из расчетной формулы исключена погрешность установки на станке и погрешность закрепления, так как заготовка достаточно жесткая, а силы закрепления действуют непосредственно на опору. Исключается и погрешность, связанная с несовмещением технологической и измерительной баз, так как при данной схеме базирования в направлении выдерживаемого размера эти базы совмещены (рис. 2.26). Указанные погрешности не оказывают влияния на выдерживаемый операционный размер.

Производим расчет $\epsilon_{изн}$, в соответствии с имеющейся компоновкой приспособления. Данная погрешность появляется из-за износа установочных пластин приспособления. Её величина определяется следующим образом $\epsilon_{изн} = U$. При величине нормального износа $U = 0,002$ мм, получаем $\epsilon_{изн} = 0,002$ мм.

На основе полученных данных определяем допустимую погрешность изготовления приспособления в направлении размера $25_{-0,084}$

$$[\epsilon_{изг}] = 0,042 - 0,002 = 0,04 \text{ мм.}$$

Расчетная погрешность в данном случае определяется как

$$\epsilon_{изг} = \Delta_3(\delta_3) + \delta_4,$$

$$0,04 = \frac{l_6 \delta_3}{l} + \delta_4,$$

$$\delta_3 + \delta_4 = \delta,$$

$$0,04 = \frac{300}{200} \delta_3 + \delta_4 = 1,5\delta + \delta = 2,5\delta,$$

$$\delta = \frac{0,04}{2,5} = 0,016.$$

Полученные допуски соответствуют значениям стандартного ряда, поэтому окончательно принимаем $\delta_3 = 0,016$ мм., $\delta_4 = 0,016$ мм.

Таким образом, по результатам трех проектных расчетов были определены следующие требования к точности изготовления и сборки приспособления (рис. 2.37).

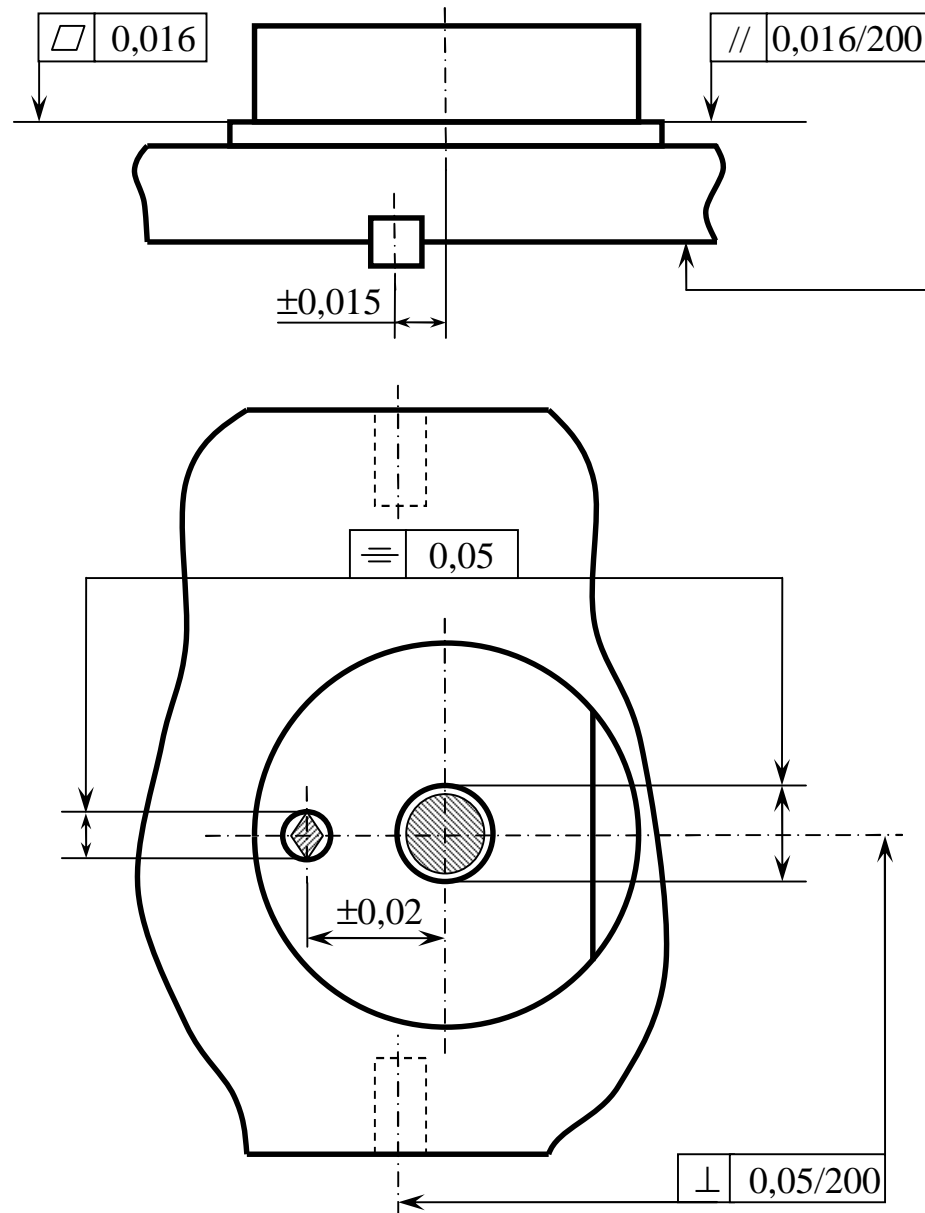


Рис. 2.37. Назначенные допуски формы и расположения в конструкции приспособления

Подтвердим полученные результаты проверочным расчетом, определив фактическую погрешность положения заготовки в приспособлении в направлении всех выдерживаемых операционных размеров. Расчет будем производить по формуле (2.24)

1) Погрешность положения заготовки в приспособлении в направлении выдерживаемого допуска перпендикулярности лыски к оси детали 0,5/100 мм. С учетом того что принятый размер цилиндрического пальца $\varnothing 30g6(-0,007/-0,020)$ ГОСТ 12209–66.

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\text{пр}} &= \sqrt{k_1 \varepsilon_{\text{нб}}^2 + \varepsilon_3^2} + \varepsilon_{\text{изн}} + \varepsilon_{\text{изг}} + \varepsilon_{\text{ус}} = \\ &= \sqrt{0,8 \cdot 0,188^2 + 0,06^2} + 0,01 + 2,5 \cdot 0,05 + 0,5 \cdot 0,05 + 0,014 = \\ &= 0,241 + 0,174 = 0,353 \text{ мм.}\end{aligned}$$

Полученное значение $\varepsilon_{\text{пр}} = 0,353$ мм не превышает максимально допустимого значения $[\varepsilon_{\text{пр}}] = 0,422$ мм. Следовательно, требование по перпендикулярности лыски к оси детали может быть выполнено в данном приспособлении.

2) Погрешность положения заготовки в приспособлении в направлении выдерживаемого операционного размера $35_{-0,16}$.

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\text{пр}} &= \sqrt{k_1 \varepsilon_{\text{нб}}^2} + \varepsilon_{\text{изн}} + \varepsilon_{\text{изг}} + \varepsilon_{\text{ус}} = \\ &= \sqrt{0,85 \cdot 0,013^2} + 0,004 + 0,028 + 0,045 = 0,011 + 0,077 = 0,088 \text{ мм.}\end{aligned}$$

Полученное значение $\varepsilon_{\text{пр}} = 0,088$ мм соответствует максимально допустимому значению $[\varepsilon_{\text{пр}}] = 0,09$ мм. Следовательно, требование к точности выполнения размера $35_{-0,16}$ может быть обеспечено в данном приспособлении.

3) Погрешность положения заготовки в приспособлении в направлении выдерживаемого операционного размера $25_{-0,084}$.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_{\text{изн}} + \varepsilon_{\text{изг}} = 0,002 + 1,5 \cdot 0,016 + 0,016 = 0,042 \text{ мм.}$$

Полученное значение $\varepsilon_{\text{пр}} = 0,042$ мм соответствует максимально допустимому значению $[\varepsilon_{\text{пр}}] = 0,042$ мм. Следовательно, требование к точности выполнения размера $25_{-0,084}$ может быть обеспечено в данном приспособлении.

По окончании расчета необходимо отметить полученные допуски и технические требования на сборочном чертеже приспособления.

2.9.6. Разработка конструкции корпуса приспособления

Так как приспособление проектируется для выполнения операции в условиях серийного производства, его корпус должен иметь такую конструкцию, которая позволяла бы осуществлять установку приспособления на станок без выверки основной базы корпуса. Для этого в корпусе приспособления предусмотрим базирующие элементы, которые должны соответствовать конструкции стола станка. В соответствии с рис. 2.27 на столе станка имеются только продольные пазы. Приспособление будет базироваться по центральному пазу посредством двух шпонок, и закрепляться болтами по боковым пазам (рис. 2.38). Опорная точка б реализуется за счет сил трения, которые препятствуют перемещению приспособления в продольном направлении. Приспособление может быть установлено в любом месте стола станка вдоль его пазов, при этом установка инструмента в исходную точку по высоте будет осуществляться касанием через щуп установочной пластины, а в установочной плоскости – отсчетом координаты от центрального паза.

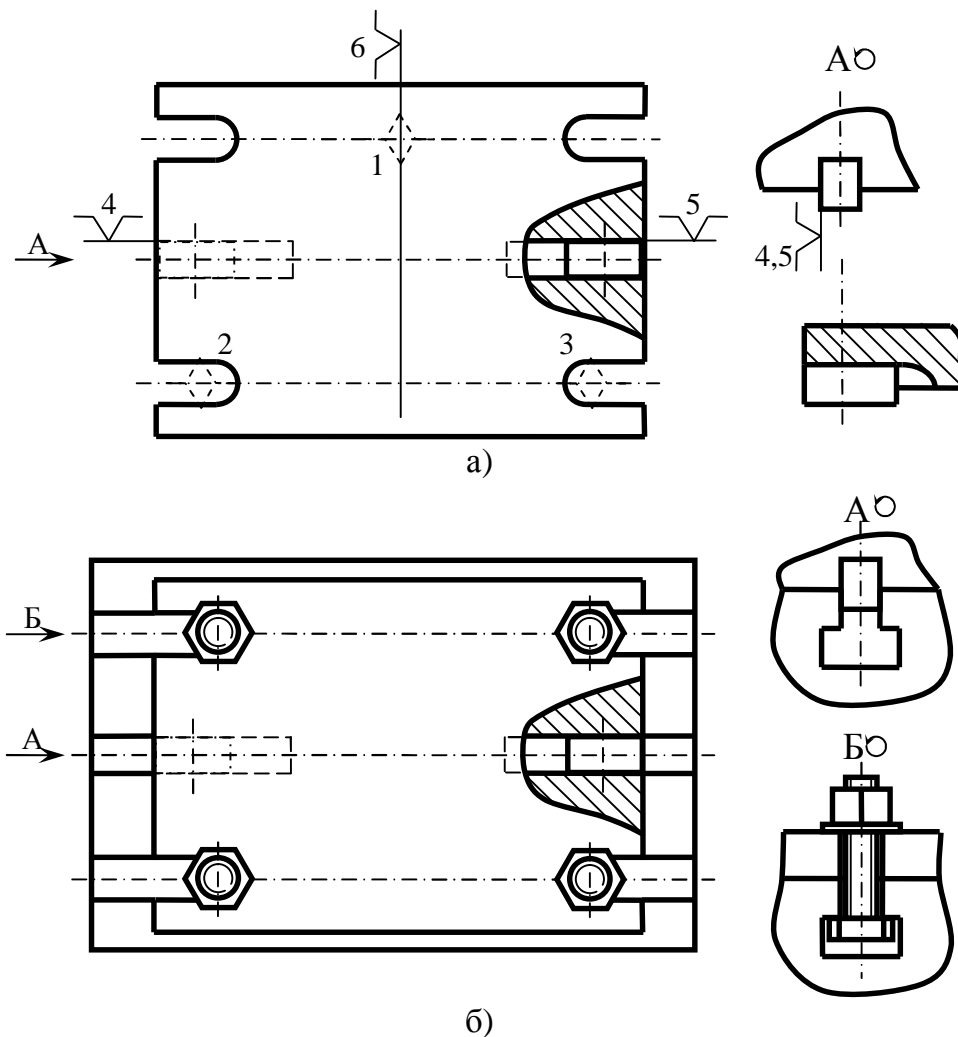


Рис. 2.38. Установка приспособления на столе станка: схема базирования приспособления (а) и схема его установки (б)

2.9.7. Описание принципа работы приспособления

Спроектированное приспособление, чертеж и спецификации которого приведены в Приложениях Н – Р, является станочным установочно-зажимным двухместным фрезерным приспособлением с механизированным зажимом заготовок. По конструкции приспособление относится к классу специальных приспособлений, так как предназначено для выполнения конкретной технологической операции – фрезерование лыски (рис. 2.26) для конкретной детали (Приложение М).

Заготовки в количестве двух штук при установке базируются по плоскостям установочных пластин 11, размещенных на крышке 8 корпуса приспособления 7. Отверстиями заготовки базируются на два пальца: цилиндрический 24 и срезанный 25, также установленные в крышке корпуса.

Зажимной механизм построен на основе силового привода в виде пневмоцилиндра 1 и зажимного рычага 9. Подача сжатого воздуха в пневмоцилиндр осуществляется поворотом рукоятки крана 2. При подаче сжатого воздуха шток пневмоцилиндра воздействует на рычажный зажим, к которому он прикреплен при помощи оси 22. Рычаг поворачивается вокруг оси 23, которая установлена в кронштейне 10 корпуса приспособления. При повороте рычажного зажима происходит закрепление заготовок прихватами 12, которые свободно установлены на оси 21.

Для открепления заготовки рукоятка крана поворачивается в другое положение, перекрывая доступ сжатого воздуха и соединяя поршневую полость цилиндра с атмосферой. Поршень и шток цилиндра под действием пружины в штоковой полости возвращаются в исходное положение. Рычажный зажим раскрепляет заготовки и отходит от них вверх. После чего заготовки могут быть свободно извлечены из приспособления.

Само приспособление базируется на столе станка плоскостью плиты 6 и поверхностями её шпонок 35, которые входят в центральный паз стола станка. Для закрепления приспособления на столе станка в его корпусе предусмотрены четыре проушины под крепежные болты, расположение которых соответствует боковым пазам стола станка. Для переноса и установки приспособления на станке оно имеет две ручки 3.

В конструкции приспособления предусмотрена возможность замены установочных пластин в случае их износа.

При необходимости можно выполнить переналадку приспособления на детали аналогичной конструкции за счет замены крышки корпуса с установочными элементами другой крышкой, рассчитанной под другие размеры заготовок и установочных элементов.

3. Проектирование и расчет контрольно-измерительных приспособлений

3.1. Подготовка исходных данных для проектирования

Проектированию специального контрольного приспособления должен обязательно предшествовать этап сбора, подготовки и анализа исходных данных. Поэтому к проектированию контрольного приспособления в курсовом и дипломном проекте следует приступать, выполнив их технологическую часть, так как конструкторская и технологическая документация является основным источником исходных данных. Используются следующие документы: чертеж контролируемого объекта (детали, узла), операционный эскиз контрольной операции, карта контроля и др. Кроме того необходимо иметь в наличии справочники или альбомы контрольных приспособлений для выбора вариантов компоновки и средств измерения.

При анализе исходных данных необходимо определить:

- вид объекта контроля (заготовка, деталь, сборочная единица);
- контролируемые параметры, их номинальные значения и допуски;
- необходимость задания конструктором на чертеже детали или узла этих параметров и требований к ним, как они влияют на работоспособность изделия в процессе эксплуатации;
- допустимую погрешность измерения;
- измерительные базы и способ обеспечения единства, конструкторских, технологических и измерительных баз;
- тип производства, который определяет степень универсальности, механизации или автоматизации контрольного приспособления;
- технологичность объекта контроля (конструктивные особенности: конфигурация поверхностей, повреждаемость или деформируемость при контроле, масса, габариты и транспортабельность, особые требования к объекту контроля, особые требования к рабочему месту контролера и т.д.);
- существующие перспективные методы и средства контроля, возможность и целесообразность их применения для заданного объекта.

Допустимую погрешность измерения можно определить по формуле

$$[\epsilon_{\text{изм}}] = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5} \right) \cdot T_K, \quad (3.1)$$

где $[\epsilon_{\text{изм}}]$ – допустимая погрешность измерения;

T_K – допуск на контролируемый параметр.

Так же определить допустимую погрешность измерения можно на основе справочных данных, например, в табл. 3.1 и 3.2 приводятся допустимые погрешности измерений в соответствии с ГОСТ 8.051–81 для разных размеров и допусков на них.

Таблица 3.1

Допустимые погрешности измерений для *IT5 – IT10*, мкм

Номинальные размеры, мм	Квалитеты											
	5		6		7		8		9		10	
	<i>IT</i>	$\epsilon_{\text{ИЗМ}}$	<i>IT</i>	$\epsilon_{\text{ИЗМ}}$	<i>IT</i>	$\epsilon_{\text{ИЗМ}}$	<i>IT</i>	$\epsilon_{\text{ИЗМ}}$	<i>IT</i>	$\epsilon_{\text{ИЗМ}}$	<i>IT</i>	$\epsilon_{\text{ИЗМ}}$
до 3	4	1,4	6	1,8	10	3	14	3	25	6	40	8
св. 3 до 6	5	1,6	8	2	12	3	18	4	30	8	48	10
св. 6 до 10	6	2	9	2	15	4	22	5	36	9	58	12
св. 10 до 18	8	2,8	11	3	18	5	27	7	43	10	70	14
св. 18 до 30	9	3	13	4	21	6	33	8	52	12	84	18
св. 30 до 50	11	4	16	5	25	7	39	10	62	16	100	20
св. 50 до 80	13	4	19	5	30	9	46	12	74	18	120	30
св. 80 до 120	15	5	22	6	35	10	54	12	87	20	140	30
св. 120 до 180	18	6	25	7	40	12	63	16	100	30	160	40
св. 180 до 250	20	7	29	8	46	12	72	18	115	30	185	40
св. 250 до 315	23	8	32	10	52	14	81	20	130	30	210	50
св. 315 до 400	25	9	36	10	57	16	89	24	140	40	230	50
св. 400 до 500	27	9	40	12	63	18	97	26	155	40	250	50

Таблица 3.2

Допустимые погрешности измерений для *IT11 – IT16*, мкм

Номинальные размеры, мм	Квалитеты											
	11		12		13		14		15		16	
	<i>IT</i>	$\epsilon_{\text{ИЗМ}}$	<i>IT</i>	$\epsilon_{\text{ИЗМ}}$	<i>IT</i>	$\epsilon_{\text{ИЗМ}}$	<i>IT</i>	$\epsilon_{\text{ИЗМ}}$	<i>IT</i>	$\epsilon_{\text{ИЗМ}}$	<i>IT</i>	$\epsilon_{\text{ИЗМ}}$
до 3	60	12	100	20	140	30	250	50	400	80	600	120
св. 3 до 6	75	16	120	30	180	40	300	60	480	100	750	160
св. 6 до 10	90	18	150	30	220	50	360	80	580	120	900	200
св. 10 до 18	110	30	180	40	270	60	430	90	700	140	1100	240
св. 18 до 30	130	30	210	50	330	70	520	120	840	180	1300	280
св. 30 до 50	160	40	250	50	390	80	620	140	1000	200	1600	320
св. 50 до 80	190	40	300	60	460	100	740	160	1200	240	1900	400
св. 80 до 120	220	50	350	70	540	120	870	180	1400	280	2200	440
св. 120 до 180	250	50	400	80	630	140	1000	200	1600	320	2500	500
св. 180 до 250	290	60	460	100	720	160	1150	240	1850	380	2900	600
св. 250 до 315	320	70	520	120	810	180	1300	260	2100	440	3200	700
св. 315 до 400	360	80	570	120	890	180	1400	280	2300	460	3600	800
св. 400 до 500	400	80	630	140	970	200	1550	320	2500	500	4000	800

3.2. Выбор или разработка принципиальной схемы контроля

Схема контроля для КИП имеет аналогичное назначение, что и принципиальная схема для станочного приспособления. На ней должен быть изображен полный состав элементов КИП и связи между ними, что позволяет получить полное представление о принципах его работы.

Таким образом, схема контроля – это совокупность схемы установки контролируемого объекта и связанных с его измерительными базами средств контроля. В любом случае на схеме контроля должны быть показаны: установочные элементы, зажимные механизмы, силовые приводы, передаточные элементы (рычаги, штыри), средства измерения (индикаторы), а также вспомогательные, подвижные и неподвижные элементы.

Различные схемы контроля параметров качества продукции широко представлены в технической справочной литературе, и задача определения схемы контроля чаще всего сводится к обоснованному выбору того или иного варианта схемы, который зависит от вида контролируемого параметра и конструкции контролируемого объекта. В табл. 3.3 данного пособия приведены наиболее распространенные схемы контроля различных параметров, остальные можно найти в [3] табл. 1.1, [24] с.764 – 779, [33].

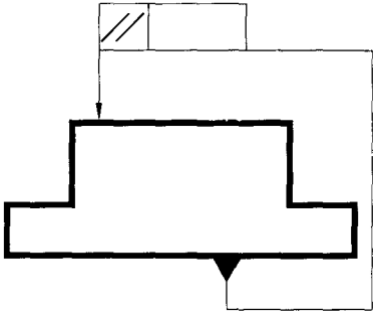
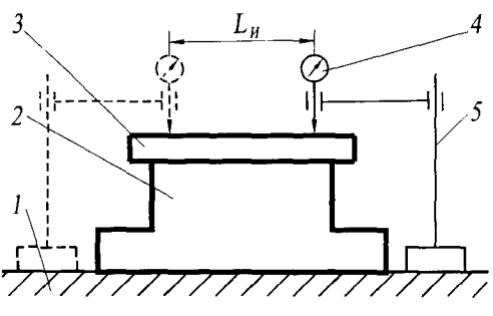
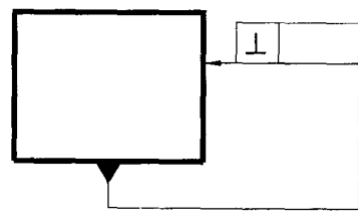
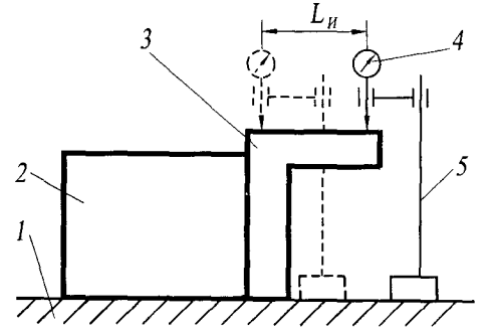
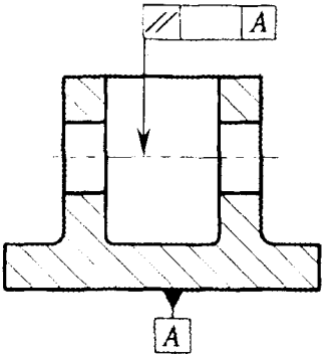
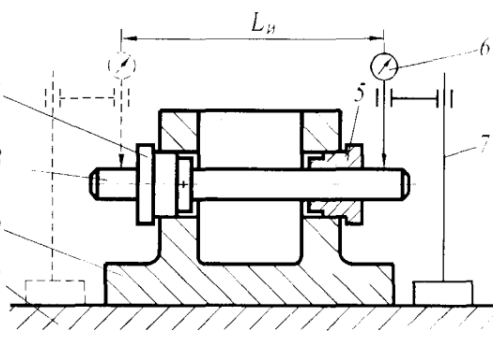
При отсутствии в справочной литературе схемы контроля под требуемый конкретный параметр или группу параметров, схема контроля разрабатывается путем доработки типовых схем под конкретные требования. Например, большинство схем контроля, которые приводятся в литературе, разработаны для измерения какого-либо одного параметра. Если требуется проконтролировать несколько параметров, например, биение по различным поверхностям, то рекомендуется применение таких схем, для которых возможна реализация комплексной проверки нескольких параметров с использованием одного средства измерения. Такие схемы получают на основе комбинирования нескольких типовых схем контроля.

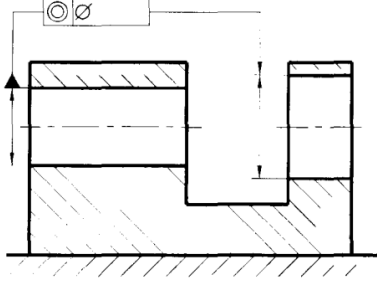
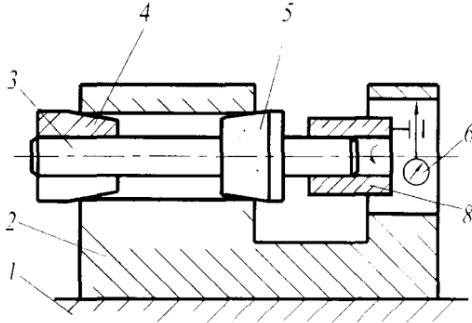
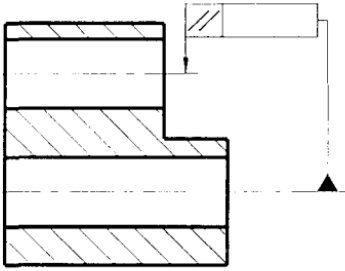
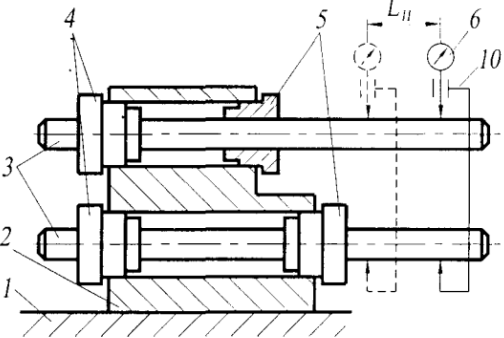
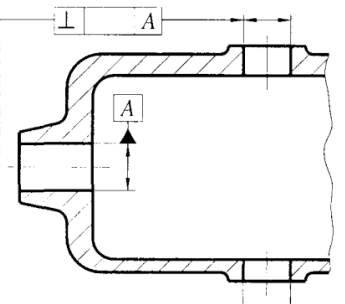
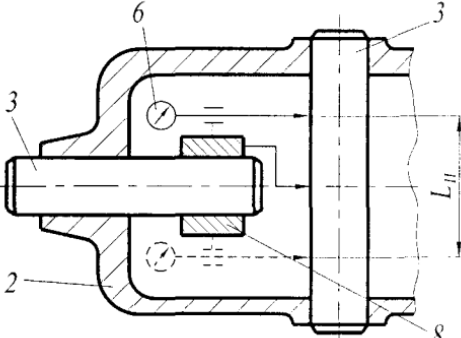
При выборе или разработке схемы контроля обязательно учитывают схему базирования, которую нужно реализовать в контрольном приспособлении. Схема базирования определяется комплектом измерительных баз контролируемого объекта, которые указаны на его чертеже в виде обозначенных базовых поверхностей или осей, относительно которых выполняются измерения. Например, если базой является ось отверстия, то выбирается схема установки на разжимную или коническую оправку, если плоскость, то на опоры и т. д. (табл. 2.2.).

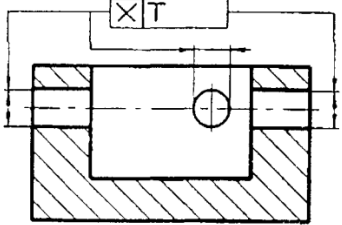
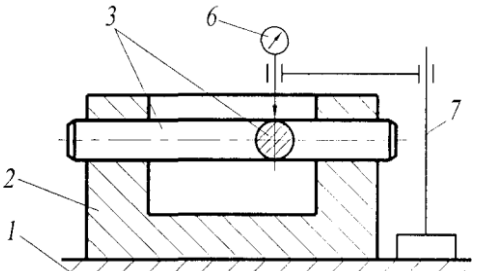
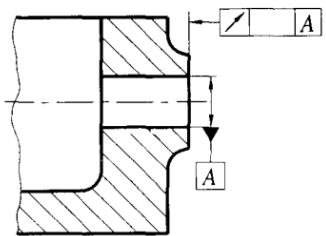
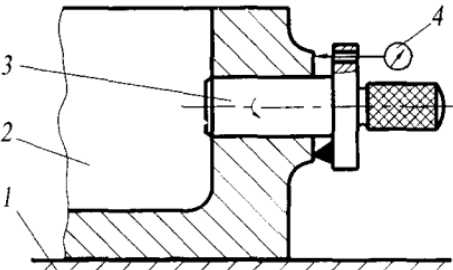
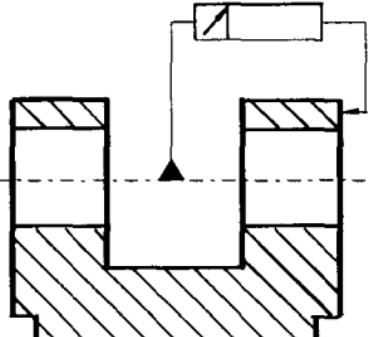
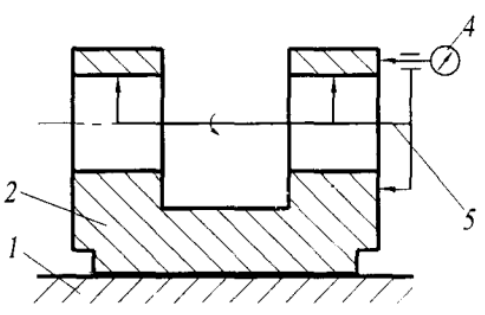
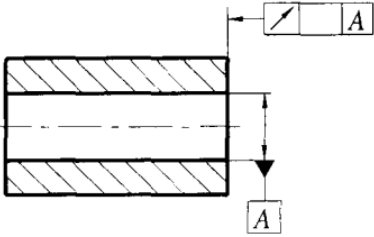
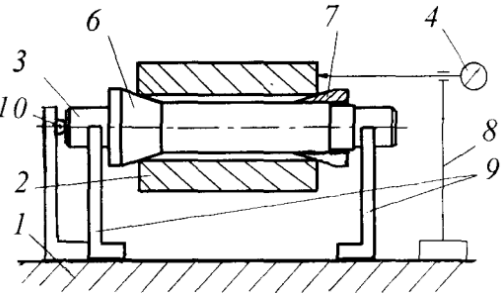
Если возможно применение нескольких альтернативных схем для контроля, то путем сравнения выбирается одна, наиболее подходящая.

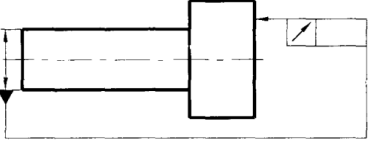
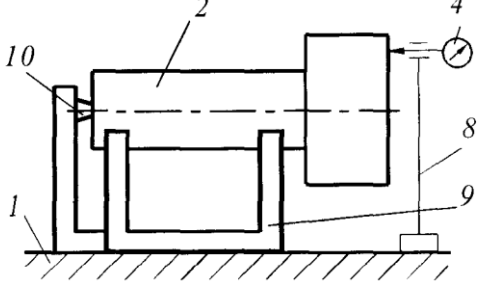
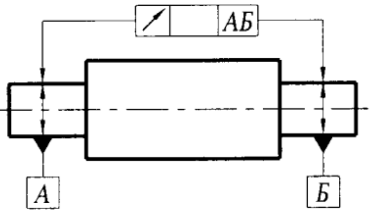
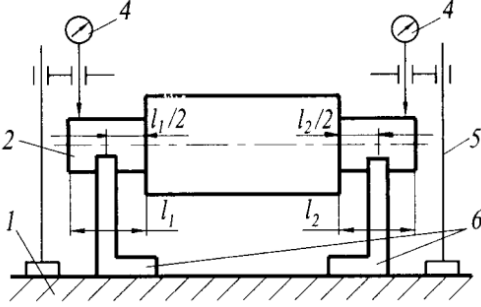
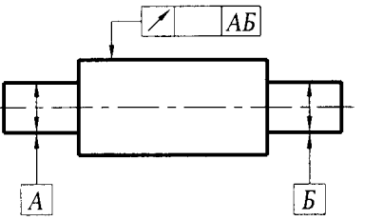
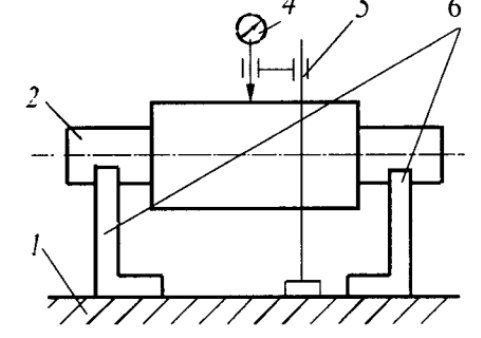
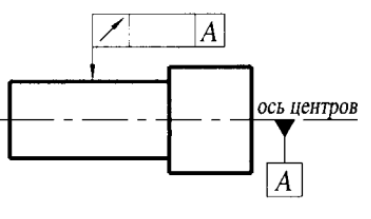
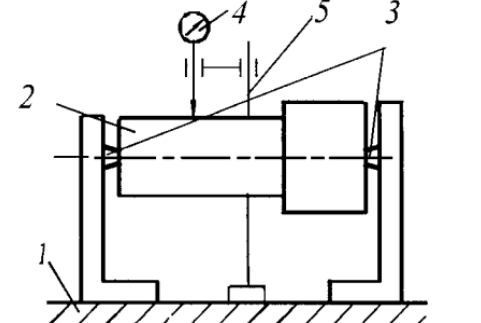
Таблица 3.3

Примеры выполнения схем контроля [25]

Условное обозначение на чертеже	Схема измерения	Перечень элементов
Отклонение от параллельности поверхности относительно базовой плоскости		
		<p>1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – плоскопараллельная пластина, 4 – измерительный прибор, 5 – стойка (штатив), L_m – длина измерения</p>
Отклонение от перпендикулярности поверхности относительно базовой плоскости		
		<p>1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – угольник, 4 – измерительный прибор, 5 – стойка (штатив), L_m – длина измерения</p>
Отклонение от параллельности общей оси отверстий относительно базовой плоскости		
		<p>1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 4 и 5 – соответственно неподвижный и подвижный ступенчатые (разжимные, конические) диски, 6 – измерительный прибор; 7 – стойка (штатив), L_m – длина измерения</p>

Условное обозначение на чертеже	Схема измерения	Перечень элементов
Отклонение от соосности отверстия относительно базовой оси		
		<p>1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 4 и 5 – соответственно неподвижный и подвижный ступенчатые (разжимные, конические) диски, 6 – измерительный прибор; 8 – вертушка</p>
Отклонение от параллельности осей отверстий		
		<p>1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 4 и 5 – соответственно неподвижный и подвижный ступенчатые (разжимные, конические) диски, 6 – измерительный прибор; 10 – индикаторная (рычажная) скоба, $L_{н}$ – длина измерения</p>
Отклонение от перпендикулярности осей отверстий		
		<p>2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 6 – измерительный прибор; 8 – вертушка, $L_{н}$ – длина измерения</p>

Условное обозначение на чертеже	Схема измерения	Перечень элементов
Отклонение от пересечения осей отверстий		
		<p>1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 6 – измерительный прибор; 7 – стойка (штатив)</p>
Торцовое биение плоскости относительно оси отверстия корпусной детали		
		<p>1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 4 – измерительный прибор</p>
Торцовое биение плоскости относительно общей оси отверстий корпусной детали		
		<p>1 – поверочная плита, 2 – деталь, 4 – измерительный прибор, 5 – специальное приспособление, оснащенное внутренними призмами</p>
Торцовое биение плоскости относительно оси отверстия втулки		
		<p>1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 4 – измерительный прибор, 6 и 7 – соответственно неподвижный и подвижный конические диски, 8 – стойка (штатив), 9 – призмы, 10 – упор (опора)</p>

Условное обозначение на чертеже	Схема измерения	Перечень элементов
Торцовое биение плоскости относительно оси шейки вала		
		<p>1 – поверочная плита, 2 – деталь, 4 – измерительный прибор, 8 – стойка (штатив), 9 – призмы, 10 – упор (опора)</p>
Биение шеек вала относительно их общей оси		
		<p>1 – поверочная плита, 2 – деталь, 4 – измерительный прибор, 5 – стойка (штатив), 6 – призмы, l1 и l2 – длина шеек</p>
Биение поверхности вала относительно общей оси шеек		
		<p>1 – поверочная плита, 2 – деталь, 4 – измерительный прибор, 5 – стойка (штатив), 6 – призмы</p>
Биение поверхности вала относительно оси центров отверстий		
		<p>1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – центры, 4 – измерительный прибор, 5 – стойка (штатив)</p>

3.3. Выбор элементов конструкции КИП

3.3.1. Установочные элементы КИП

Установочные (базирующие) элементы предназначены для правильной установки контролируемой детали на КИП относительно заданных координат. Точность контроля детали в первую очередь зависит от точности установки, то есть от конструкции и точности изготовления установочных элементов. При установке базовые поверхности контролируемого объекта находятся в контакте с установочными элементами, что приводит к износу их поверхностей, а, следовательно, к снижению точности измерения. Поэтому установочные элементы изготавливают из износостойких материалов, например из сталей 20 или 20Х с последующей цементацией и закалкой, или из высокоуглеродистых и легированных сталей с закалкой до твердости 58 – 62 НРС. Обычно базовыми поверхностями контролируемой детали являются плоскости, наружные и внутренние цилиндрические поверхности. Способ базирования определяет схему контроля, а она конструкцию установочных элементов и их размещение на корпусе КИП.

При базировании контролируемых деталей по плоской базовой поверхности установочные элементы оформляются в виде опорного кольца, секторов, пластины или опорных штырей, которые закрепляются на корпусе приспособления. Базирование по наружной цилиндрической поверхности контролируемой детали осуществляют с установкой в призму, жесткое кольцо, втулку и в самоцентрирующие устройства.

Способ *установки в призму* широко используется для контроля отклонений формы и расположения поверхностей, однако в этом случае на погрешность измерения влияют колебания размера базовой поверхности детали в пределах допуска (погрешность несовмещения баз) и погрешности, вызванные изготовлением призмы, её расположением на приспособлении и износом контактирующих поверхностей. Для повышения износостойкости в контрольных приспособлениях применяются призмы с вращающимися роликами (рис. 3.3а) и поворотными сухарями (рис. 3.3б).

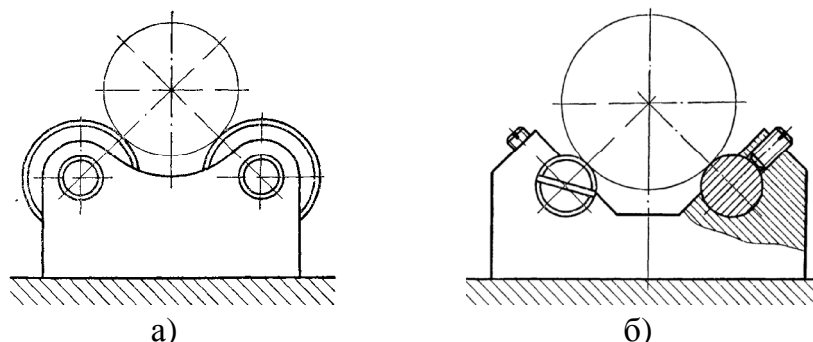


Рис. 3.1. Примеры призм повышенной износостойкости

Способ *установки в жесткое кольцо или втулку* применяется сравнительно *редко*, так для уменьшения погрешности зазор должен быть минимальным, а поместить контролируемую деталь в отверстие с малым зазором достаточно трудно.

Способ *установки контролируемых деталей по наружной цилиндрической базе* в самоцентрирующих устройствах (элементах) позволяет достичь высокой точности базирования. Установку производят в мембранные патроны или в патроны с гидропластом, в которых центрирование и зажим деталей осуществляются за счет упругой деформации мембраны и тонкостенной втулки. Может быть достигнута высокая точность центрирования деталей порядка 0,002 – 0,005 мм.

Широко распространено *базирование контролируемых деталей по базовому цилиндрическому отверстию*. Для этого используют цилиндрические пальцы и оправки (жесткие, разжимные, конические). При установке на жесткий цилиндрический палец или оправку, всегда возникает радиальный зазор, что снижает точность измерения. Для уменьшения радиального зазора используют ступенчатые оправки под разные размеры отверстия (рис. 3.2) и различные конструкции разжимных оправок. В контрольных приспособлениях широко применяются разжимные оправки и пальцы на основе подпружиненных шариков (рис. 3.3).

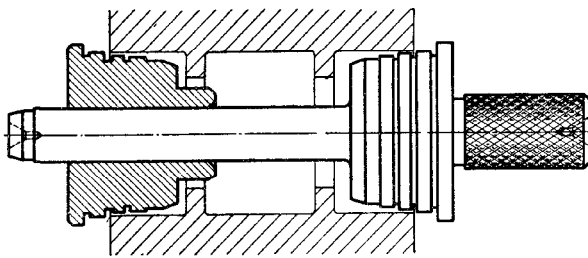


Рис. 3.2. Конструкция ступенчатой цилиндрической оправки

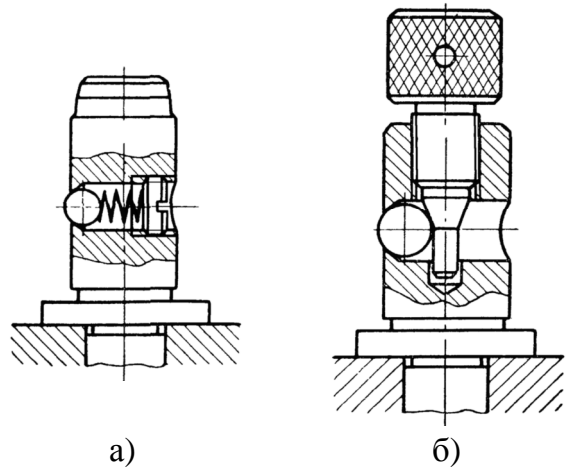


Рис. 3.3. Конструкция пальца с подпружиненным шариком (а) и разжимной шариковой оправки (б)

Установка на разжимные оправки позволяет исключить появление радикального зазора. Самую высокую точность центрирования (0,002 – 0,005 мм) обеспечивают разжимные оправки с гидропластом.

Центрирование на конических оправках является широко распространенным и удобным методом базирования деталей небольших размеров. Для длинных деталей применяются специальные (рис. 3.4а) или сборные конические контрольные оправки (рис. 3.4б).

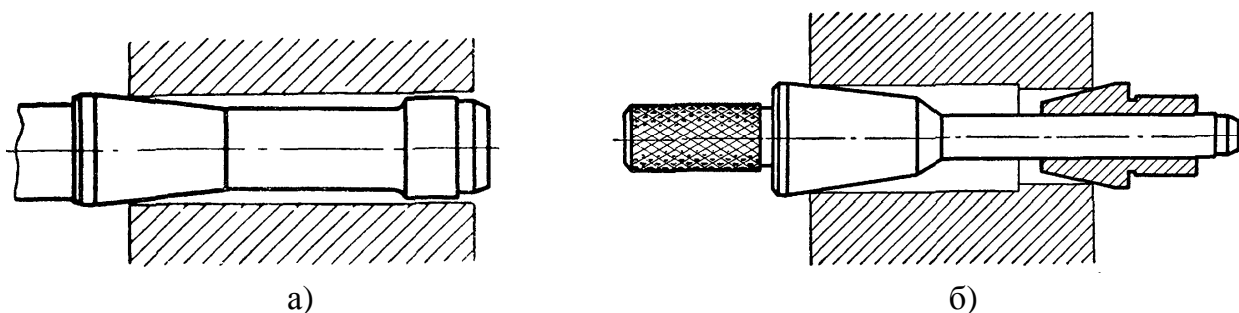


Рис. 3.4. Конструкция специальных конических контрольных оправок

Биение конусной части оправки относительно оси её центровых отверстий задают в диапазоне 0,003 – 0,015 мм.

Конструкцию и разновидности различных установочных элементов можно найти в справочной литературе по технологической оснастке, причем большинство установочных элементов являются стандартизованными. Рекомендуются следующие источники информации [9], [7], [8], [26].

3.3.2. Зажимные элементы КИП

Для надежной установки проверяемых деталей на контрольных приспособлениях служат зажимные элементы и устройства. Они должны закреплять деталь, не вызывая при этом её смещений и деформаций, и обеспечивать надежность установки проверяемой детали относительно измерительного устройства.

Таким образом, *условия работы зажимов контрольных приспособлений принципиально отличаются от условий работы зажимов в станочных приспособлениях*, которым приходится противодействовать значительным силам резания. В ряде случаев – при устойчивом базировании проверяемой детали на контрольном приспособлении, когда центр тяжести совпадает с геометрическим центром детали, а силы, создаваемые измерительным устройством, не нарушают положения детали – вообще отпадает необходимость в зажимном устройстве.

Необходимым требованием к зажимным устройствам является быстрота управления зажимом, что уменьшает вспомогательное время контрольной операции. Поэтому при проектировании контрольного приспособления рекомендуется пользоваться преимущественно быстродействующими рычажными, эксцентриковыми и байонетными зажимами (рис. 3.5), а при необходимости механизации приспособления – пневматическими.

Применение винтовых зажимов *не рекомендуется* вследствие их низкой производительности и малой чувствительности.

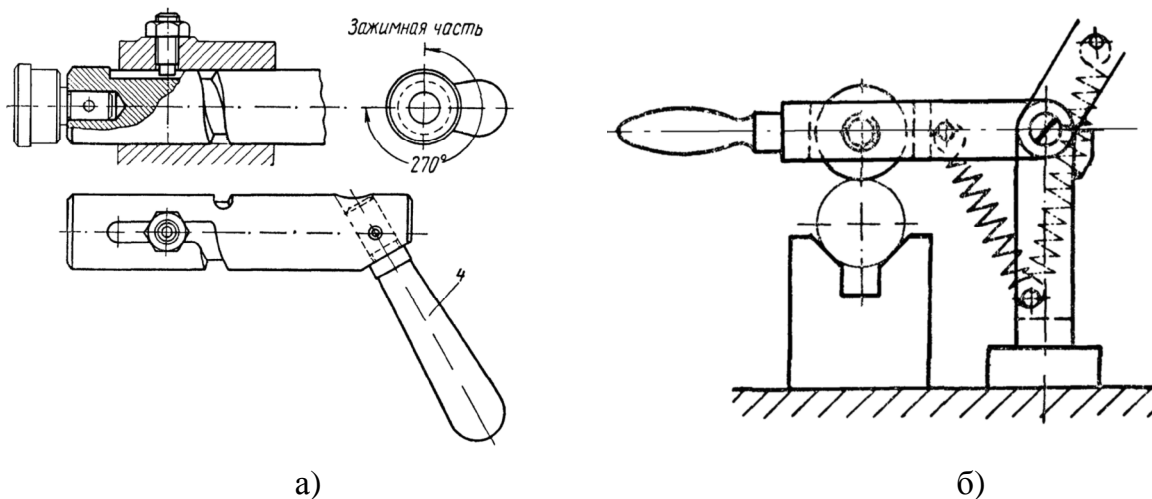


Рис. 3.5. Примеры конструкции байонетного (а) и рычажно-пружинного зажима (б)

Расчет требуемой силы закрепления детали в КИП производится исходя из требования обеспечения неподвижности детали при воздействии на неё измерительных сил, сил тяжести и инерции по методике, изложенной в п. 2.3. Если при закреплении детали она центрируется, то сила, действующая со стороны зажимного элемента должна быть достаточной для смещения детали. Особенно это касается КИП для тяжелых деталей.

3.3.3. Передаточные элементы КИП

Основное назначение передаточных устройств – передача измеренных величин на некоторое расстояние от измеряемой поверхности; изменение направления передаваемых величин; предохранение измерительного наконечника прибора от непосредственного контакта с контролируемой деталью. Передаточные устройства подразделяются на две основные группы: прямые и рычажные.

Прямые передаточные устройства рекомендуется применять в тех случаях, когда контактирующая с измерительным наконечником поверхность детали перемещается относительно индикатора (например, при проверке биения), причем промежуточный стержень, в случае износа, может быть легко заменен новым. Так же прямая передача позволяет контролировать поверхности, недоступные непосредственно для стержня индикатора (рис. 3.6.).

Рычажные передачи применяются для углового изменения направления передаваемых измеренных величин, для передачи их в направлении, параллельном исходному, но не находящемся с ним на одной прямой, и для преобразования (увеличения или уменьшения) передаваемой величины (рис. 3.7). При использовании увеличивающих рычагов рекомендуется принимать передаточные отношения равные 1,5:1, 2:1, 3:1 и реже 5:1.

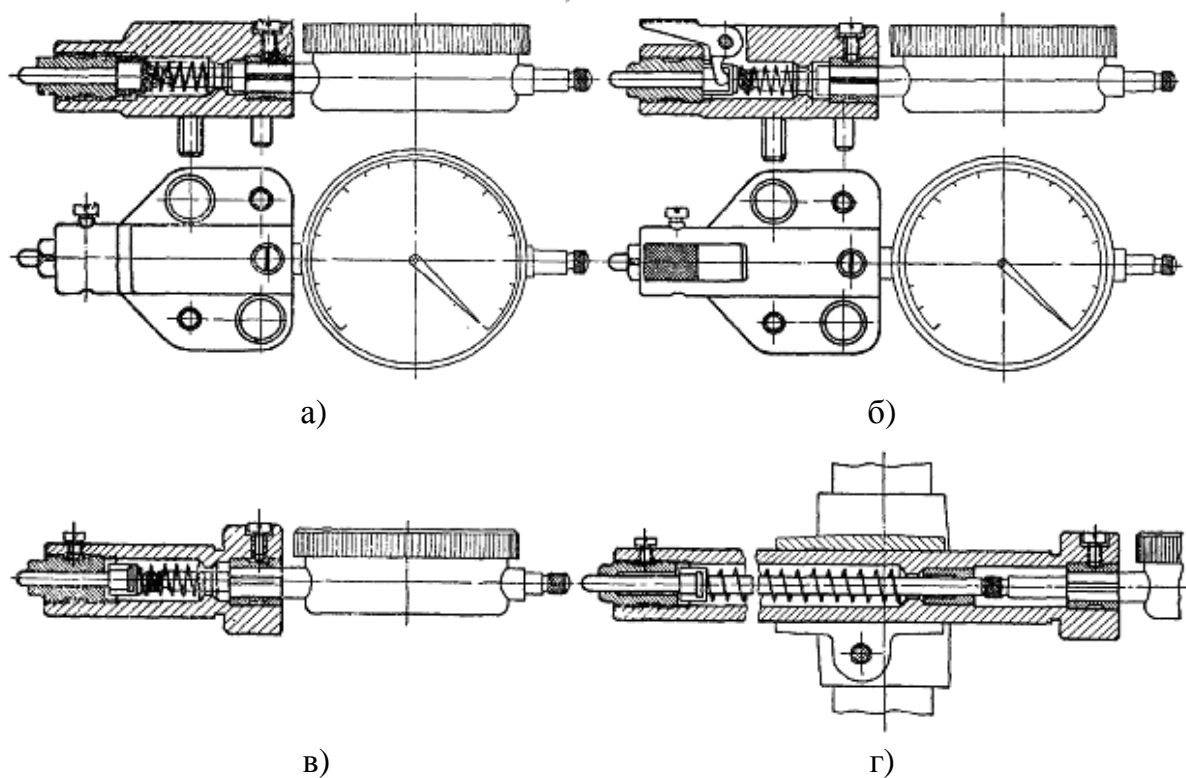


Рис. 3.6. Варианты исполнения прямых передаточных механизмов

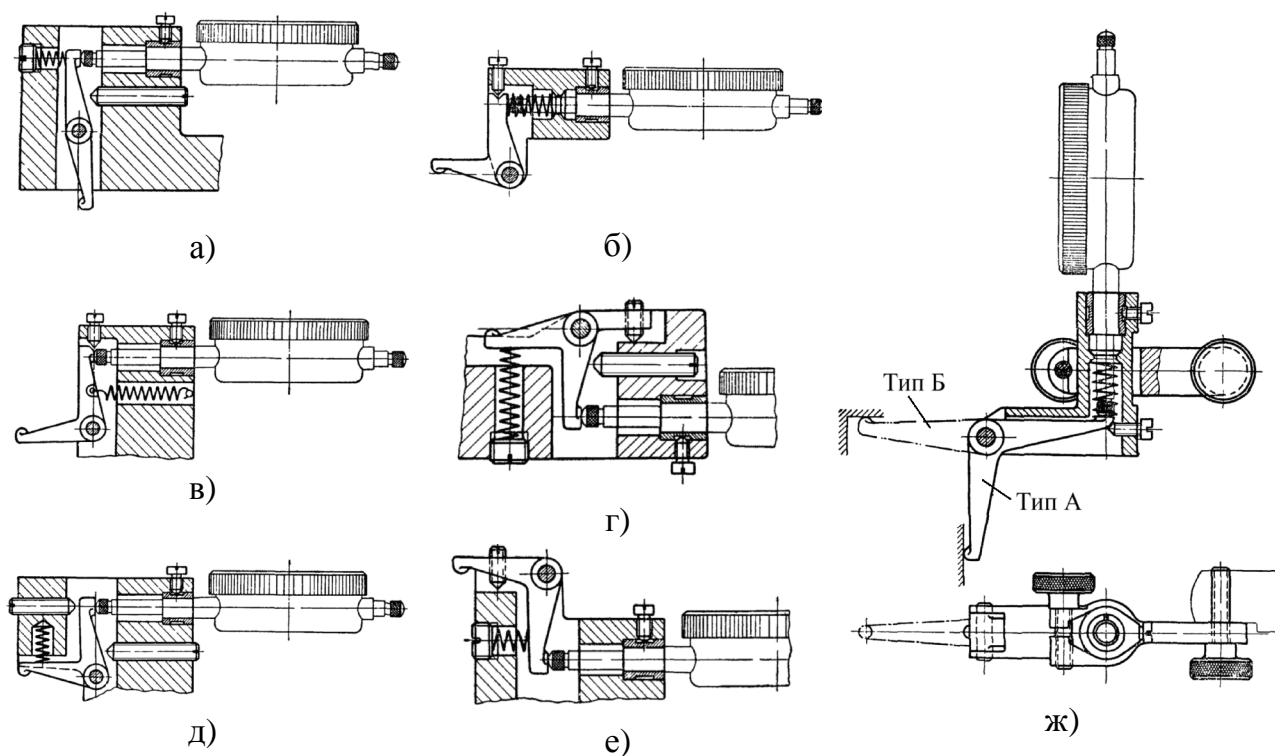


Рис. 3.7. Варианты исполнения рычажных передаточных механизмов

Более подробно конструкции передаточных устройств и индикаторные гнезда на их основе рассмотрены в [19], [21], [26]. Там же даны рекомендации по их применению в КИП.

3.4. Выбор средства измерения

Выбор средства измерения в первую очередь зависит от заданной точности контролируемого параметра детали, то есть от допуска на этот параметр. Любой вид измерительных средств создает соответствующую погрешность измерения, и чем меньше погрешность измерения, тем большая часть допуска остается на обработку контролируемого параметра, а, следовательно, упрощается процесс обработки детали. Однако применение высокоточных средств измерения при сравнительно больших допусках на обработку нецелесообразно, так как это увеличивает стоимость средств измерения. Поэтому для каждого качества точности контролируемого параметра должны быть выбраны оптимальные средства контроля с определенной допустимой погрешностью измерения.

При выборе средств измерения предпочтение отдают наиболее простым и дешевым средствам, к которым относятся различные стандартизованные калибры (скобы, пробки, шаблоны) и универсальные измерительные инструменты (штангенциркули, микрометры, нутромеры, глубиномеры и др.). Выбор и расчет универсальных средств измерения можно осуществить по материалам [19], [24] гл. 16 и др.

Однако часто эти средства не полностью удовлетворяют заданным метрологическим требованиям или требуемым экономическим показателям. Особенно это проявляется в двух случаях: при необходимости осуществлять контроль с высокой точностью и достоверностью, и при необходимости осуществлять контроль в труднодоступных местах детали, где прямые измерения невозможны, а косвенные приводят к увеличению погрешности измерения и к снижению достоверности контроля. Кроме того, в ряде случаев применение универсальных средств измерения не представляет возможным, например, при контроле биения, формы поверхностей или их взаимного расположения, особенно для деталей сложной конфигурации. Часто они не могут проконтролировать угловые или линейные размеры, относящиеся к группе прочих и др. Во всех этих случаях рекомендуют применять КИП и соответствующие средства измерения. Их применение позволяет значительно повысить производительность контроля и осуществлять комплексный контроль взаимосвязанных параметров детали. Их недостатком является то, что они не могут использоваться на рабочих местах станочников для контроля в процессе обработки.

Основным средством измерения в конструкции большинства специальных КИП являются измерительные головки или индикаторы различного вида.

Измерительные головки – это приборы, предназначенные для измерений линейных размеров деталей (как абсолютным, так и относительным методом), отклонений формы и расположения поверхностей. Их принцип действия основан на преобразовании малого линейного перемещения измерительного стержня, находящегося в контакте с объектом измерений, в большие перемещения – в виде отклонений стрелки отсчетного устройства относительно штрихов круговой шкалы.

В зависимости от конструкции преобразующего механизма, измерительные головки делят на зубчатые, рычажные, рычажно-зубчатые, рычажно-пружинные, пружинные и пружинно-оптические головки. В машиностроении наиболее широко применяются зубчатые и рычажно-зубчатые измерительные головки, первые называют индикаторами часового типа, а вторые – рычажно-зубчатыми индикаторами.

Индикаторы часового типа (ИЧ) – это приборы, являющиеся измерительными головками с зубчатым механизмом преобразования.

Индикаторы рычажно-зубчатые (ИР) – это приборы, являющиеся измерительными головками с рычажно-зубчатым механизмом преобразования.

Характеристики некоторых основных средств измерения в виде измерительных головок и индикаторов приведены в табл. 3.4, а их конструкция и размеры на рис. 3.8 – 3.13. Подробная информация об их конструкции и характеристиках приведена в [19], [24] гл. 15 и соответствующих стандартах. Вместо стандартных индикаторов ИЧ в последнее время стали широко применяться индикаторы типа ИЦ (цифровые). Эти индикаторы конструктивно являются аналогами ИЧ, но имеют цифровую индикацию показаний, что значительно облегчает их считывание.



Индикаторы ИР разделяют на два типа ИРБ и ИРТ. ИРБ – боковой тип, имеет шкалу индикатора, расположенную параллельно оси измерительного рычага в среднем положении и перпендикулярную к плоскости его поворота. ИРТ – торцевой тип, имеет шкалу, перпендикулярную оси измерительного рычага в среднем положении к плоскости её поворота.

При выборе средств измерения учитывают: цену деления, которая должна соответствовать точности контролируемого параметра; диапазон измерений, который должен превышать диапазон изменения контролируемого параметра; погрешность средства измерения.

Если допустимая погрешность измерения приспособления достаточно большая, то выбирают средства измерения нормальной точности, так как они более дешевые, если требования к точности КИП высокие, то выбирают средства измерения повышенной точности (например, класса 0).

Таблица 3.4

Основные характеристики измерительных головок и индикаторов

Головки измерительные рычажно-зубчатые					
	Обозначение	Цена деления, мм	Диапазон измерений, мм	Погрешность измерения, мкм*	Соответствие стандартам
	1ИГ	0,001	$\pm 0,05$	1,4	ГОСТ 18833-73
	2ИГ	0,002	$\pm 0,10$	2,4	
	1ИГМ	0,001	$\pm 0,05$	1,4	
	2ИГМ	0,002	$\pm 0,10$	2,4	
	Пример обозначения: <i>Головка измерительная 1ИГМ ГОСТ 18833-73</i> Головка рычажно-зубчатая малогабаритная с ценой деления 0,001 мм.				
Индикаторы часового типа					
	ИЧ02	0,01	0 – 2	10 для кл. 0 12 для кл. 1	ГОСТ 577–68
	ИЧ05	0,01	0 – 5	12 для кл. 0 16 для кл. 1	
	ИЧ10	0,01	0 – 10	15 для кл. 0 20 для кл. 1	
	ИЧ25	0,01	0 – 25	22 для кл. 0 30 для кл. 1	
	ИЧ50	0,01	0 – 50	25 для кл. 0 36 для кл. 1	–
	Пример обозначения: <i>Индикатор ИЧ10 кл. 0 ГОСТ 577-68</i> Индикатор часового типа с диапазоном измерений 0 – 10 мм нормальной точности с ценой деления 0,001 мм.				

Многооборотный индикатор часового типа высокой точности					
	Обозначение	Цена деления, мм	Диапазон измерений, мм	Погрешность измерения, мкм*	Соответствие стандартам
	ИЧ1	0,001	0 – 1	4 для кл. 0 8 для кл. 1	–
	Пример обозначения: <i>Индикатор ИЧ1</i> Многооборотный индикатор часового типа высокой точности с ценой деления 0,001 мм.				
Индикаторы часового типа цифровые					
	ИЦ5	0,001	0 – 5	12 для кл. 0 16 для кл. 1	ГОСТ 577–68
	ИЦ10	0,001	0 – 12,5	15 для кл. 0 20 для кл. 1	
	ИЦ20	0,001	0 – 25,4	22 для кл. 0 30 для кл. 1	
	ИЦ50	0,001	0 – 50	25 для кл. 0 36 для кл. 1	
	Пример обозначения: <i>Индикатор ИЦ10 кл. 0 ГОСТ 577-68</i> Индикатор часового типа цифровой с диапазоном измерений 0 – 10 мм нормальной точности с ценой деления 0,001 мм.				
Индикатор часового типа торцевой					
	ИТ	0,01	0 – 2	10 для кл. 0 12 для кл. 1	ГОСТ 577–68
	Пример обозначения: <i>Индикатор ИТ кл. 0 ГОСТ 577-68</i> Индикатор торцевой часового типа с диапазоном измерений 0 – 2 мм нормальной точности.				

Индикаторы многооборотные					
	Обозначение	Цена деления, мм	Диапазон измерений, мм	Погрешность измерения, мкм*	Соответствие стандартам
	1 МИГ	0,001	0 – 1	2 для кл. 0 2,5 для кл. 1	ГОСТ 9696–82
	2 МИГ	0,002	0 – 2	4 для кл. 0 5 для кл. 1	
	Пример обозначения: <i>Индикатор 2 МИГ–1 ГОСТ 9696-82</i> Индикатор типа 2 МИГ класса точности 1 с ценой деления 0,002.				
Индикаторы рычажно-зубчатые боковые					
	ИРБ	0,001	0 – 0,12	4	–
	ИРБ	0,002	0 – 0,2	10	–
	ИРБ	0,01	0 – 0,8	10	ГОСТ 5584-75
	Пример обозначения: <i>Индикатор ИРБ ГОСТ 5584-75</i> Индикатор рычажно-зубчатый боковой с ценой деления 0,01 и диапазоном 0 – 0,8 мм.				
Индикаторы рычажно-зубчатые торцевые					
	ИРТ	0,01	0 – 0,8	10	ГОСТ 5584-75
	Пример обозначения: <i>Индикатор ИРТ ГОСТ 5584-75</i> Индикатор рычажно-зубчатый торцевой с ценой деления 0,01 и диапазоном 0 – 0,8 мм.				
* Погрешность измерения указана для всего диапазона измерений. Если используется не весь диапазон, а лишь его часть, то погрешность измерения следует уменьшить пропорционально величине диапазона измерений.					

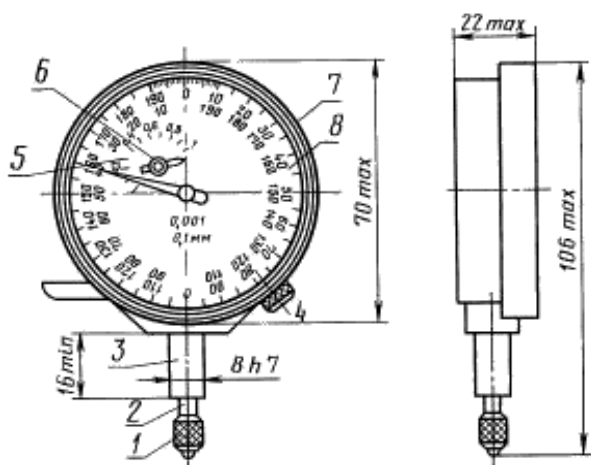


Рис. 3.8. Внешний вид и основные размеры индикаторов типа МИГ:

- 1 – измерительный наконечник,
- 2 – измерительный стержень,
- 3 – присоединительная гильза,
- 4 – винт для установки механизма в нулевое положение, 5 – стрелка,
- 6 – указатель перемещения измерительного стержня, 7 – корпус,
- 8 – циферблат

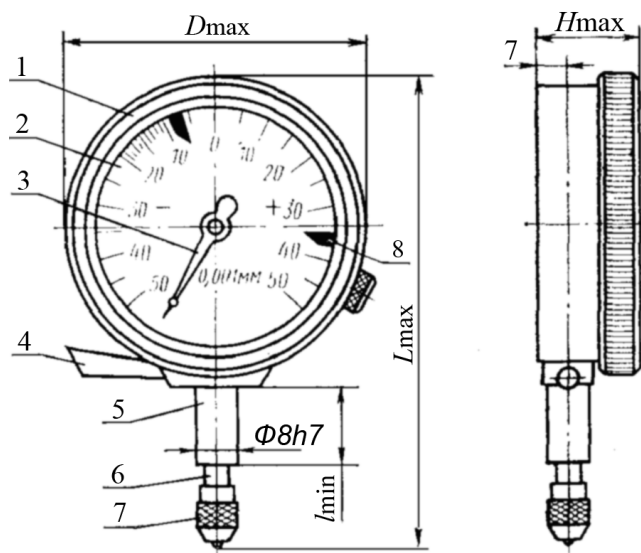


Рис. 3.9. Внешний вид и основные размеры измерительных головок типа ИГ:

- 1 – корпус, 2 – шкала, 3 – стрелка,
 - 4 – арретир (отвод), 5 – гильза,
 - 6 – измерительный стержень,
 - 7 – наконечник, 8 – указатель поля допуска
- $D_{\max} = 60$ мм (для ИГМ 45 мм),
 $H_{\max} = 22$ мм (для ИГМ 21 мм),
 $L_{\max} = 95$ мм (для ИГМ 70 мм),
 $l_{\min} = 16$ мм (для ИГМ 10 мм)

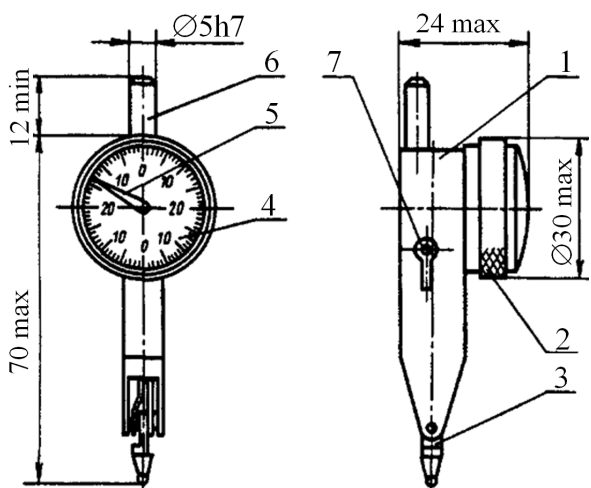


Рис. 3.10. Внешний вид и основные размеры рычажно-зубчатых индикаторов типа ИРБ:

- 1 – корпус, 2 – ободок,
- 3 – измерительный рычаг,
- 4 – циферблат, 5 – стрелка,
- 6 – присоединительный штифт,
- 7 – переключатель

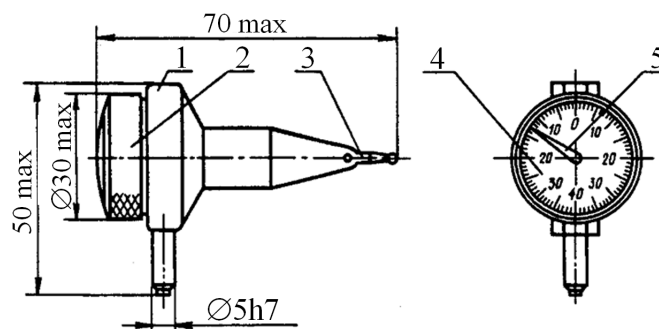


Рис. 3.11. Внешний вид и основные размеры рычажно-зубчатых индикаторов типа ИРТ:

- 1 – корпус, 2 – ободок,
- 3 – измерительный рычаг,
- 4 – циферблат, 5 – стрелка

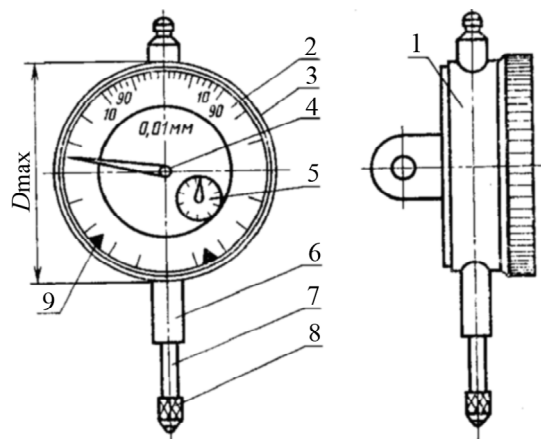


Рис. 3.12. Внешний вид и основные размеры индикаторов типа ИЧ:

- 1 – корпус, 2 – циферблат, 3 – ободок,
4 – стрелка, 5 – указатель, 6 – гильза,
7 – измерительный стержень,
8 – измерительный наконечник,
9 – указатель поля допуска

Наибольший диаметр индикатора D_{max} :

Ø42 мм для ИЧ02,

Ø60 мм ИЧ05 и ИЧ10,

Ø100 мм для ИЧ25 и ИЧ50.

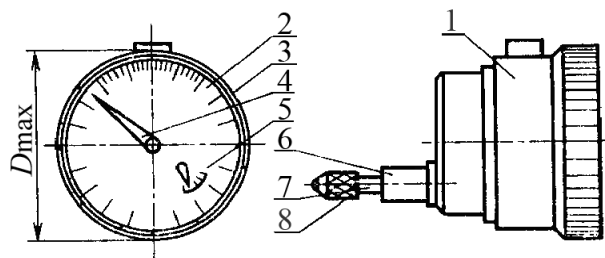


Рис. 3.13. Внешний вид и основные размеры индикатора типа ИТ:

- 1 – корпус, 2 – циферблат, 3 – ободок,
4 – стрелка, 5 – указатель, 6 – гильза,
7 – измерительный стержень,
8 – измерительный наконечник,
9 – указатель поля допуска

Наибольший диаметр индикатора

$D_{max} = \text{Ø}42 \text{ мм}$

3.5. Выбор вспомогательных устройств

Вспомогательными элементами контрольных приспособлений называются детали, узлы и устройства, в которых закрепляются измерительные головки, устройства, с помощью которых измерительные головки подводятся в зону измерения или перемещаются относительно измеряемого объекта. Во многих контрольных приспособлениях вспомогательными элементами являются стойки и штативы. Штативы не имеют предметных столиков, они служат только для крепления измерительных головок и применяются при измерениях на поверочных плитах, в центрах и различных специальных приспособлениях (рис. 3.14 и 3.15). Стойки имеют устройство для зажима измерительной головки и столик для установки, контролируемой детали (рис. 3.16). Размеры универсальных штативов приведены в Приложении Т.

Для крепления индикаторов в стойках или посадочных местах измерительных приборов предназначена присоединительная гильза диаметром Ø8h7, входящая в отверстие индикаторного гнезда стойки (рис. 3.17) или ушко толщиной 5 мм с отверстием Ø6,5 мм, прикрепляемое к заднему торцу индикатора, оно съёмное и поставляется с индикатором (рис. 3.14б).

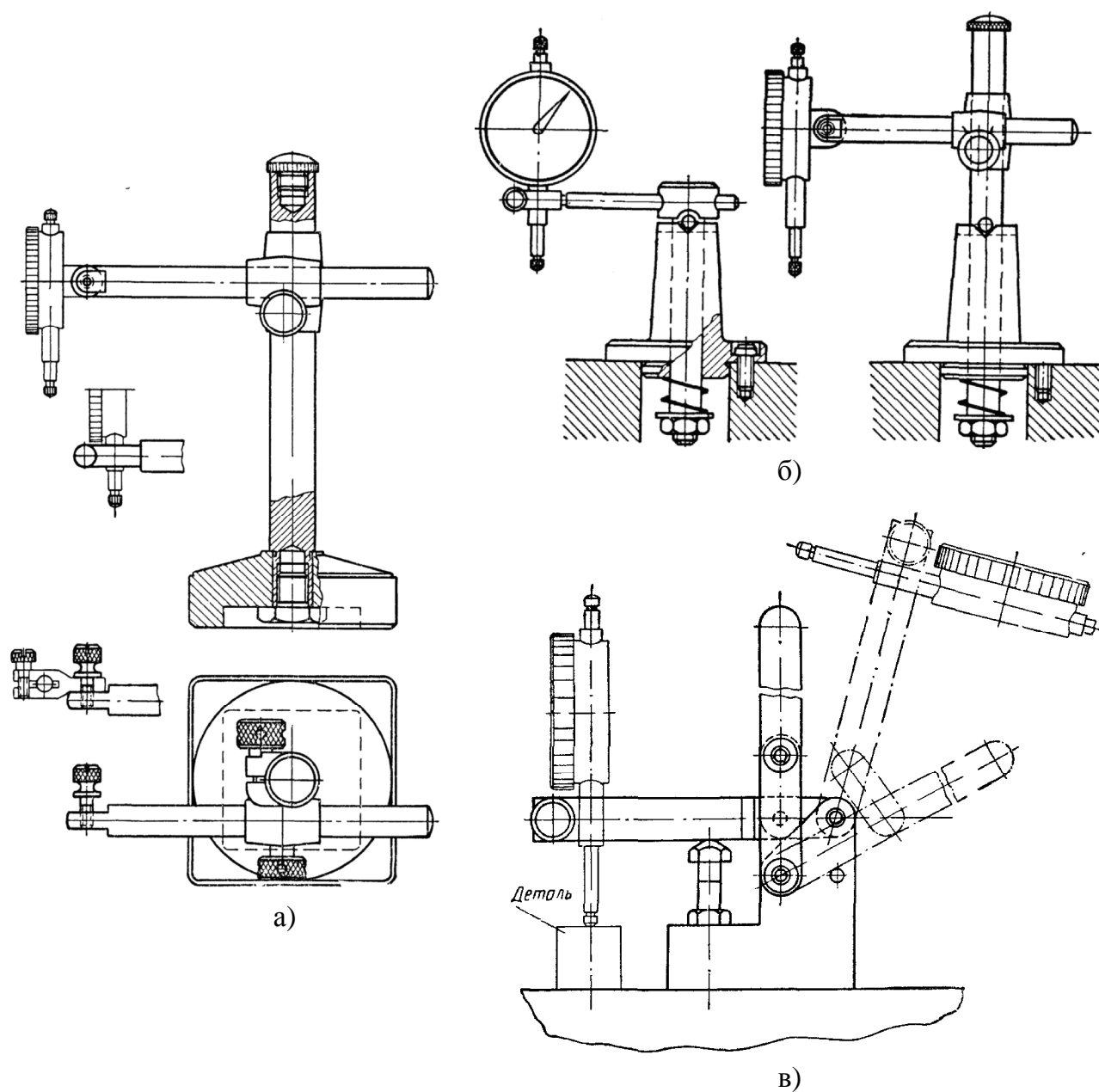


Рис. 3.14. Варианты конструкции штативов для установки индикаторов и измерительных головок: универсальный штатив для индикатора (а), поворотный штатив (б), откидной штатив (в)

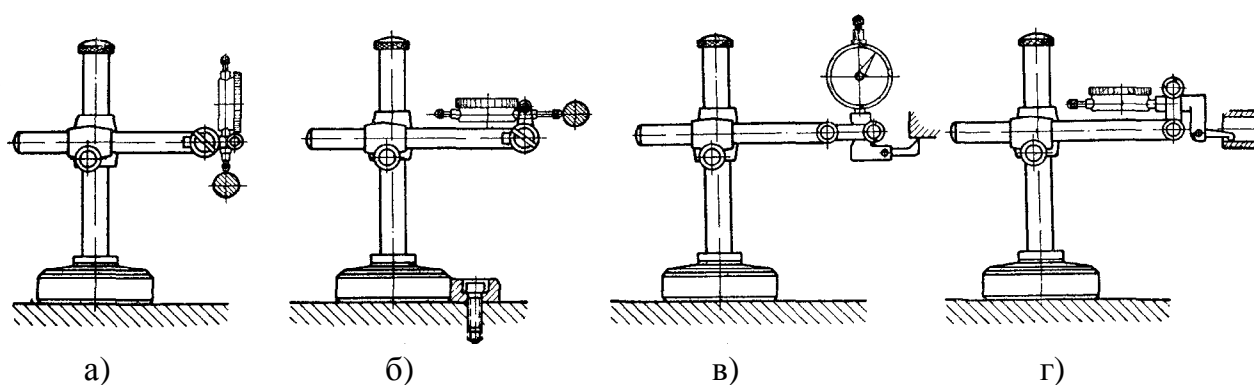


Рис. 3.15. Варианты установки индикаторов на универсальном штативе

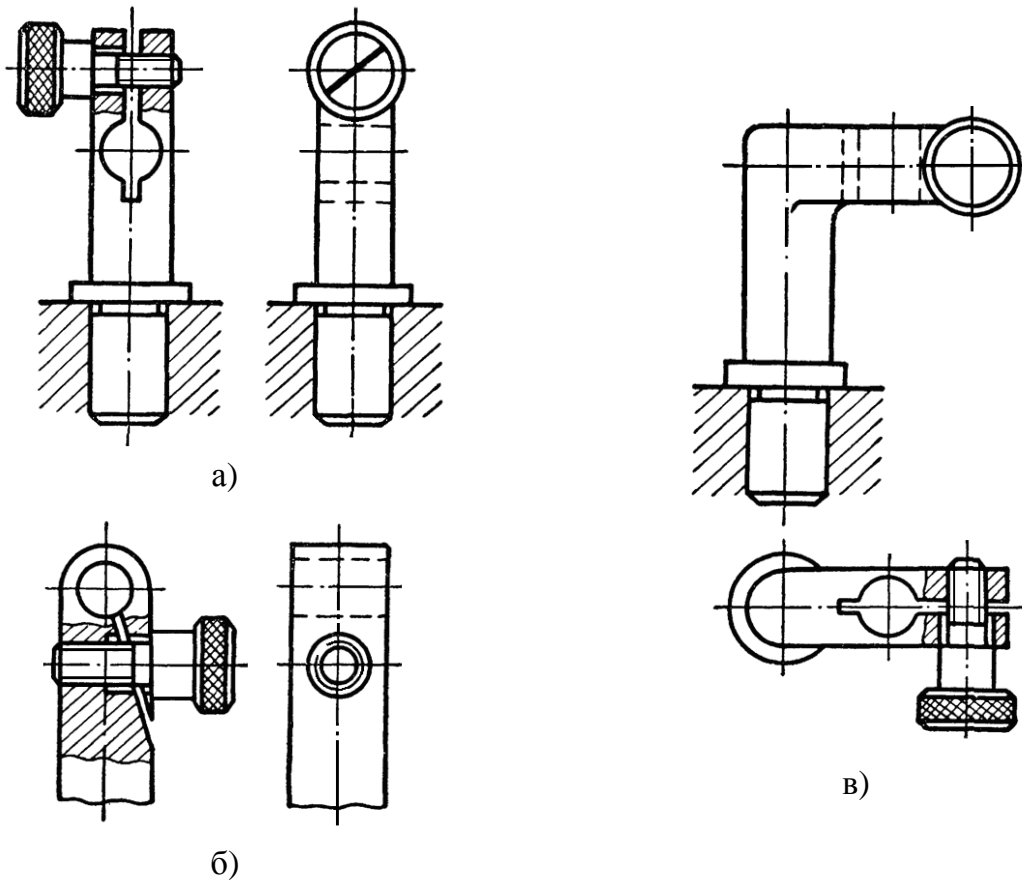


Рис. 3.16. Варианты конструкции разрезных индикаторных стоек

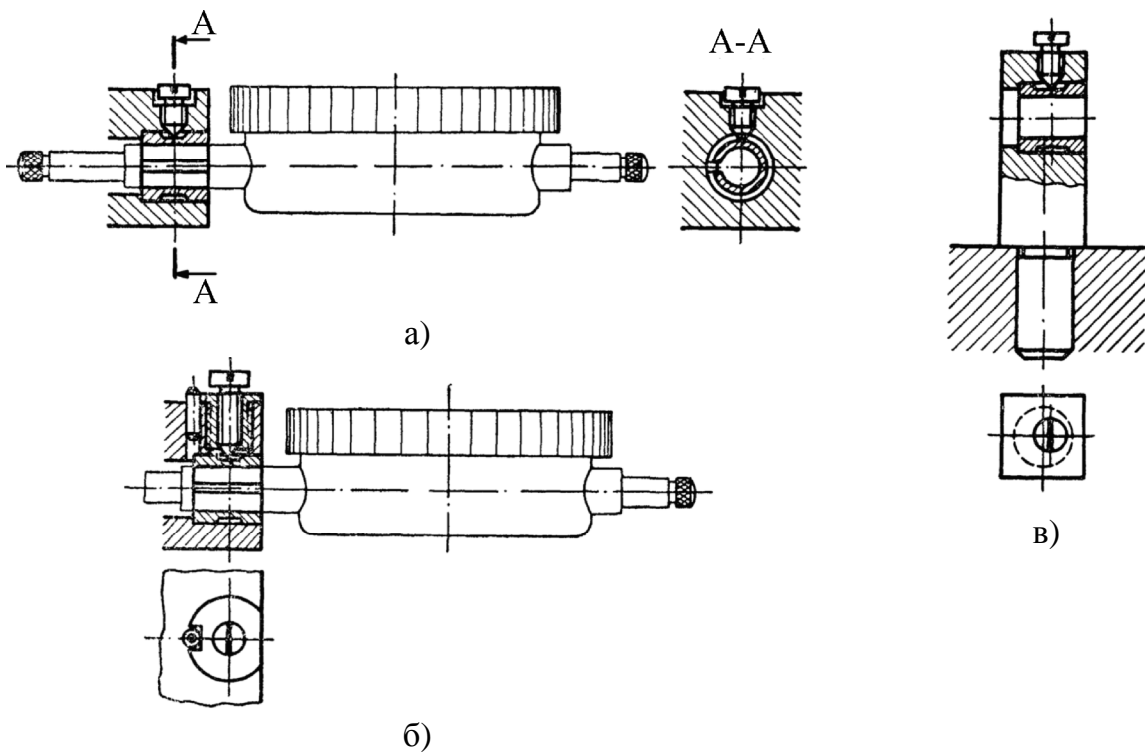


Рис. 3.17. Варианты крепления гильзы индикатора во втулке стойки с помощью винта

Очень часто контрольные операции выполняются в центрах, которые устанавливаются в центровых бабках (рис. 3.18). В этом случае центровые бабки играют роль вспомогательных приспособлений [21].

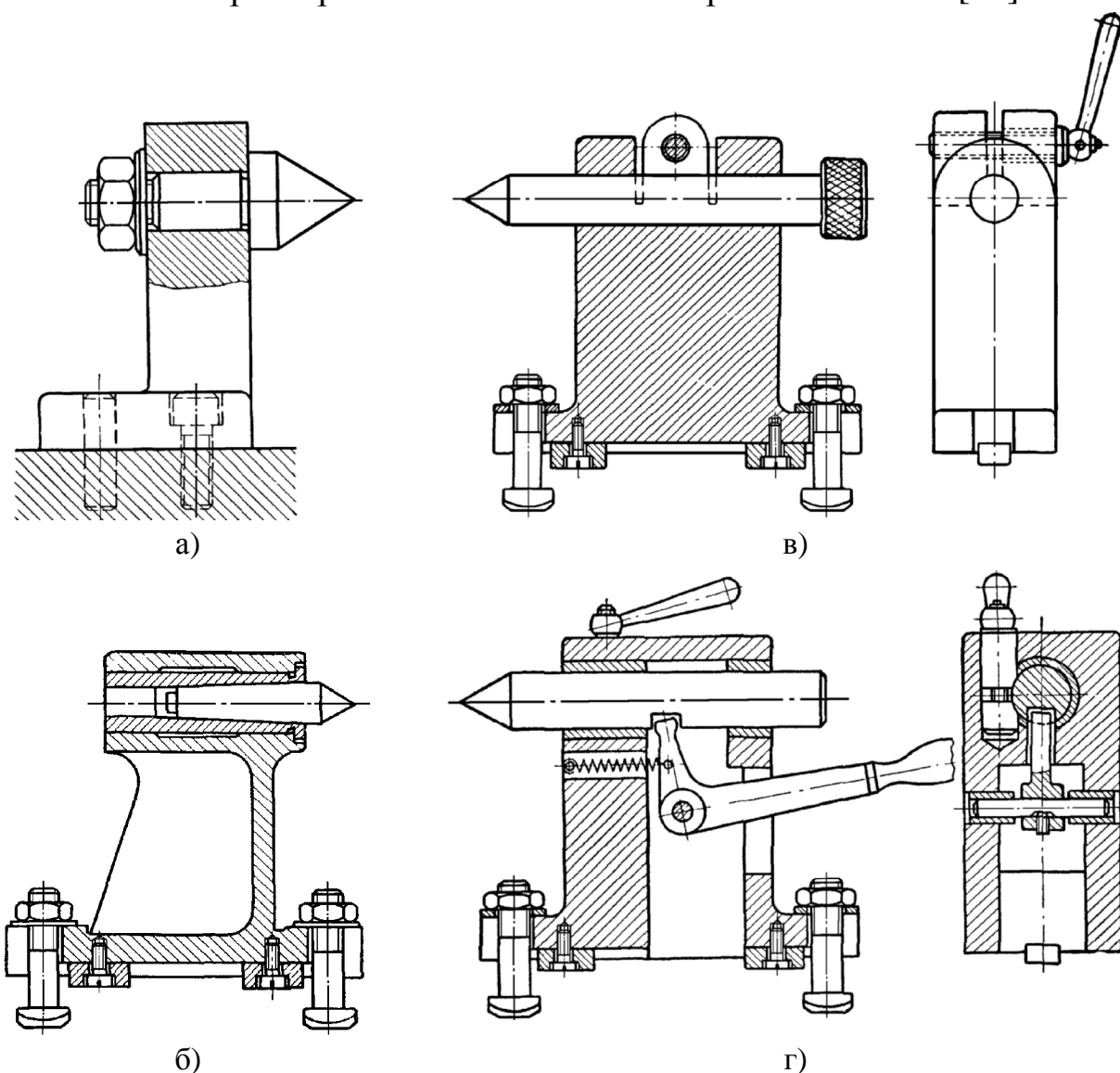


Рис. 3.18. Варианты исполнения центровых бабок для неподвижных жестких центров (а), (б) и подвижных центров (в), (г)

Большинство контрольных приспособлений имеет различные подвижные элементы. Это могут быть элементы, в которых осуществляется вращение контролируемого объекта (шпиндели, центры, поворотные столы и др.) или выполняется продольное перемещение (каретки, салазки, направляющие). Подвижные детали в зависимости от необходимой точности и чувствительности могут перемещаться с трением скольжения или с трением качения. Перемещение деталей в условиях трения скольжения обеспечивает более высокую точность из-за отсутствия зазоров в стыках, но детали более подвержены износу и требуют больших сил для перемещения, чем детали, работающие в условиях трения качения. И те и другие нуждаются в смазке для уменьшения износа и более плавного хода.

В конструкции КИП наиболее распространены цилиндрические (рис. 3.19) и конические (рис. 3.20) шпиндели, а также различные линейные направляющие закрытого, открытого и полузакрытого типа [26].

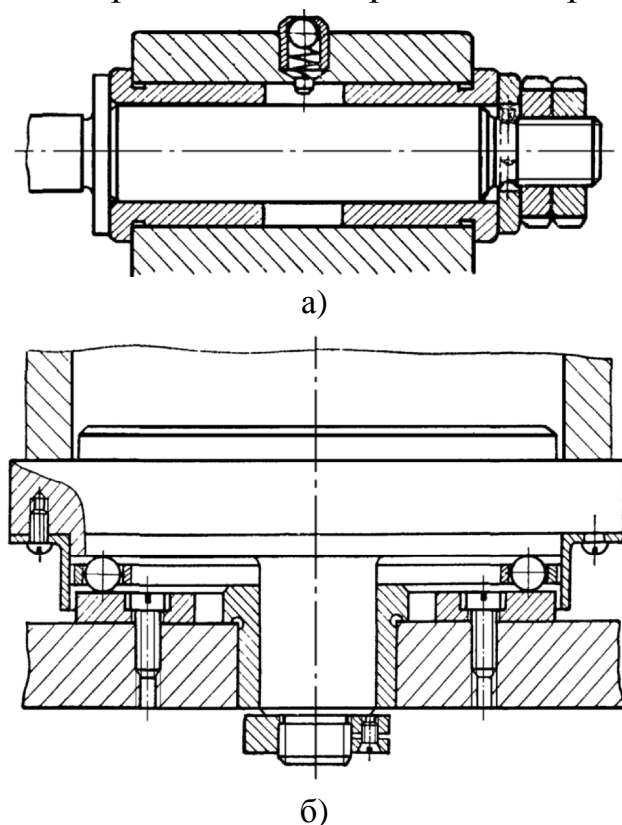


Рис. 3.19. Цилиндрические шпиндели

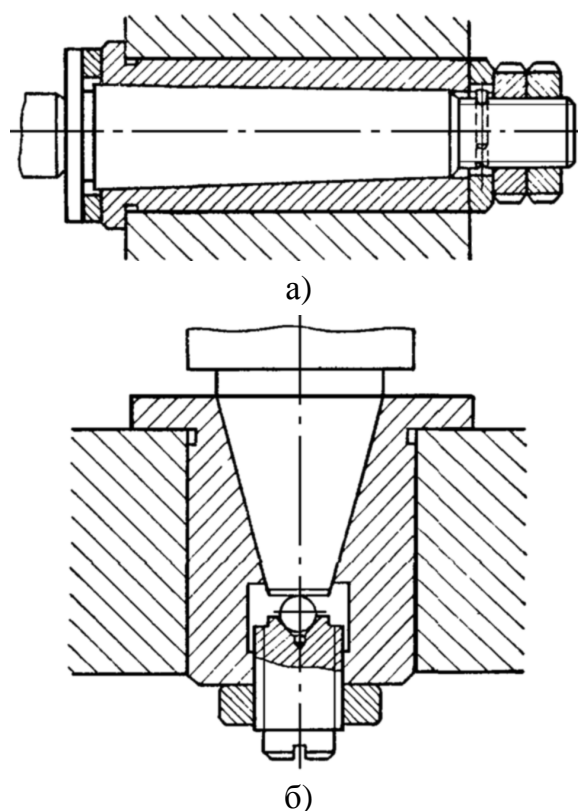


Рис. 3.20. Конические шпиндели

3.6. Разработка компоновки КИП

Компоновка КИП выполняется на основе имеющейся принципиальной схемы, отличается от неё большей детализацией и является упрощенным вариантом сборочного чертежа КИП. Основная цель её разработки – подобрать элементы конструкции приспособления в соответствии с принципиальной схемой и связать их в цельный наиболее целесообразный механизм. Разработка компоновки сводится к последовательному вычерчиванию элементов контрольного приспособления и измерительных устройств вокруг контура контролируемой детали. Вначале вычерчиваются установочные элементы, далее наносят детали зажимных устройств, затем идут измерительные и вспомогательные устройства. Последним изображается корпус, обычно в виде плиты (Приложение У), на которой закрепляются все остальные детали КИП, и которая имеет элементы для установки на контрольном столе (ножки) и элементы для переноса приспособления (ручки). При вычерчивании общего вида контрольного приспособления необходимо задать посадки во всех сопряжениях и различные технические требования к конструкции (табл. 3.5 и гл. 4).

Таблица 3.5

Требования к точности изготовления некоторых элементов КИП

Типы установочных или установочно-зажимных элементов	Параметр точности контрольных приспособлений	Допустимое отклонение, мм	
		для нового приспособления	в условиях эксплуатации
Центры жесткие	Отклонение от соосности	$\frac{0,003 - 0,005}{150}$	$\frac{0,008}{150}$
Центры вращающиеся	Отклонение от соосности	$\frac{0,005 - 0,008}{150}$	$\frac{0,01}{150}$
Оправки центровые	Радиальное биение посадочной поверхности относительно оси центров	0,003 – 0,007	0,010 – 0,015
	Торцевое биение относительно оси центров	$\frac{0,005 - 0,008}{R}$	$\frac{0,010 - 0,020}{R}$
Мембранные патроны	Радиальное биение	0,005 – 0,01	0,015
	Торцевое биение	$\frac{0,01 - 0,015}{R}$	$\frac{0,020 - 0,025}{R}$
Цанговые патроны и оправки	Радиальное биение	0,010 – 0,015	0,02
Оправки с тарельчатыми пружинами	Радиальное биение	0,010 – 0,020	0,03
Гидропластовые оправки	Радиальное биение	0,005 – 0,010	0,015
Оправки с гофрированными втулками	Радиальное биение	0,003	0,005
Оправки с шариками	Радиальное биение	0,010 – 0,015	0,02
	Торцевое биение	0,015 – 0,020	0,025

3.7. Расчет на точность контрольного приспособления

3.7.1. Суммарная погрешность измерения и её составляющие

При расчете КИП на точность определяют его суммарную погрешность измерения $\epsilon_{\text{изм}}$, состоящую из систематических и случайных погрешностей, по следующей формуле:

$$\epsilon_{\text{изм}} = \epsilon_{\text{иу}} + \epsilon_{\text{ип}} + \epsilon_{\text{им}} + \sqrt{\epsilon_{\text{нб}}^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{\text{ис}}^2 + \epsilon_{\text{зп}}^2 + \epsilon_{\text{си}}^2 + \epsilon_{\text{др}}^2}, \quad (3.2)$$

где $\epsilon_{\text{иу}}$ – систематическая погрешность, вызванная неточностью изготовления установочных элементов и неточностью их расположения на корпусе контрольно-измерительного приспособления при его сборке;

$\epsilon_{\text{ип}}$ – систематическая погрешность, вызванная неточностью изготовления передаточных элементов, рычагов, штифтов, стержней и др.;

$\epsilon_{\text{им}}$ – систематическая погрешность, вызванная неточностью изготовления установочных мер и эталонных деталей, используемых для настройки средств измерения на контролируемый параметр (при их использовании);

$\epsilon_{\text{нб}}$ – погрешность, вызванная несовмещением измерительной базы с технологической базой (в приспособлениях для межоперационного контроля) или конструкторской базой (в приспособлениях для окончательного контроля);

ϵ_3 – погрешность, возникающая в результате закрепления контролируемого объекта, вследствие его возможной деформации (не учитывается, если деталь жесткая, а силы закрепления небольшие или отсутствуют);

$\epsilon_{\text{ис}}$ – погрешность, зависящая от измерительной силы, возникает в результате смещения измерительной базы детали от заданного положения в процессе измерения, имеет случайный характер (учитывается только для высокоточных измерений или при контроле нежестких деталей);

$\epsilon_{\text{зп}}$ – погрешность, возникающая по причине зазоров между осями рычагов передаточных устройств (при их наличии);

$\epsilon_{\text{си}}$ – погрешность используемого средства измерений;

$\epsilon_{\text{др}}$ – другие погрешности, вызванные действием случайных факторов при выполнении контроля. К ним относятся: погрешность базирования детали, погрешность из-за износа элементов приспособления и их температурных деформаций, погрешность, связанная с квалификацией контролера, погрешность отклонения деталей или эталонов от правильной

геометрической формы (при их использовании) и др. Вклад этих погрешностей по отдельности незначителен, однако в сумме они могут повлиять на точность контроля. В учебных целях в расчетах для данной категории погрешностей выделяют часть допуска на контролируемый параметр, так для контрольных приспособлений можно принять $\epsilon_{др} = (0,03 - 0,05)T_K$.

Для того чтобы контрольно-измерительное приспособление было признано годным для контроля некоторого параметра (размера, формы, отклонения от перпендикулярности, параллельности и т. д.), необходимо, чтобы соблюдалось следующее условие $\epsilon_{изм} \leq [\epsilon_{изм}]$.

При несоблюдении данного условия следует изменить конструкцию приспособления с целью уменьшения отдельных составляющих суммарной погрешности измерения. Можно ужесточить требования к изготовлению деталей и к сборке КИП, ужесточить требования к изготовлению эталонов, выбрать другое средство измерений или отказаться от выбранной схемы контроля в пользу другой. Последнее особенно актуально, если в приспособлении измерительная база не совмещена с требуемой базой (конструкторской или технологической).

Если в приспособлении выполняется контроль нескольких параметров, то расчет с проверкой пригодности должен выполняться по каждому из них.

3.7.2. Погрешность из-за неточности установочных элементов и их расположения на корпусе КИП при сборке

Погрешностей взаимного расположения поверхностей, контролируемых деталей составляет 0,01 – 0,03 мм. Нередко даже малые погрешности изготовления установочных узлов контрольных приспособлений имеют существенное значение, поэтому рабочие поверхности установочных узлов изготавливают с допусками 0,001 – 0,005 мм, а по расположению поверхностей выдерживают следующие требования: непараллельность и неперпендикулярность не выше 0,01 мм на длине 100 мм, смещение от номинального положения не выше $\pm 0,003$ мм (п. 3.6).

Эти требования должны быть отмечены на компоновке КИП, а впоследствии на его сборочном чертеже в виде технических требований (Приложение Л). Действительные отклонения в размерах установочных элементов являются величинами постоянными и могут быть определены после изготовления и аттестации контрольного приспособления.

3.7.3. Расчет погрешности передаточных устройств

В контрольных приспособлениях измерительные наконечники стержней индикаторов и других измерительных средств часто не соприкасаются с поверхностями контролируемых деталей, так как не всегда можно подвести стержень индикатора непосредственно к детали. В этих случаях между ними используются передаточные устройства в виде рычажной или прямой передачи. Передачи играют роль буферов, предохраняя механизмы индикаторов от быстрого износа и резких толчков при работе.

В контрольных приспособлениях разнообразие рычажных и прямых передач обусловлено конструктивной необходимостью, а также рядом других причин:

- необходимостью обеспечения в передачах удовлетворительного порога чувствительности;
- стремлением уменьшить погрешность передаточных звеньев и предельную погрешность передачи;
- повышением износостойкости передачи.

Вследствие неточности линейных и угловых размеров рычагов могут возникать погрешности в запроектированном передаточном отношении рычажных передач. Такие погрешности связаны с допусками на выполнение длин плеч и на их угловое расположение. Погрешности в передачах возникают также вследствие непропорциональности между линейным перемещением измерительного стержня индикатора и угловым перемещением рычага.

В общем случае погрешность передаточных устройств контрольного приспособления состоит из погрешности $\epsilon_{ип}$, вызванной неточностью изготовления передаточных элементов, и погрешности $\epsilon_{зп}$, возникающей по причине зазоров между осями рычагов.

Погрешность, вызванная неточностью изготовления передаточных элементов (рычагов) равна сумме составляющих погрешностей

$$\epsilon_{ип} = \Delta_{рд} + \Delta_{ру} + \Delta_{рн} + \Delta_{рк} + \Delta_{рп}, \quad (3.3)$$

- где $\Delta_{рд}$ – погрешность от неточности изготовления длин плеч рычагов;
 $\Delta_{ру}$ – погрешность от неточности изготовления угла плеч рычагов;
 $\Delta_{рн}$ – погрешность от непропорциональности перемещения рычагов;
 $\Delta_{рк}$ – погрешность от смещения точки контакта рычагов;
 $\Delta_{рп}$ – погрешность в прямых передачах (при их наличии).

Погрешность от неточности изготовления длин плеч рычагов

Погрешность $\Delta_{рд}$ возникает из-за того, что длины плеч рычагов выполняются с определенными погрешностями, в результате чего перемещения концов плеч рычагов будут различными, то есть один конец плеча перемещается на величину a_2 (в соответствии с величиной контролируемого параметра), а другой – на a_1 (в позиции индикатора) (рис. 3.21).

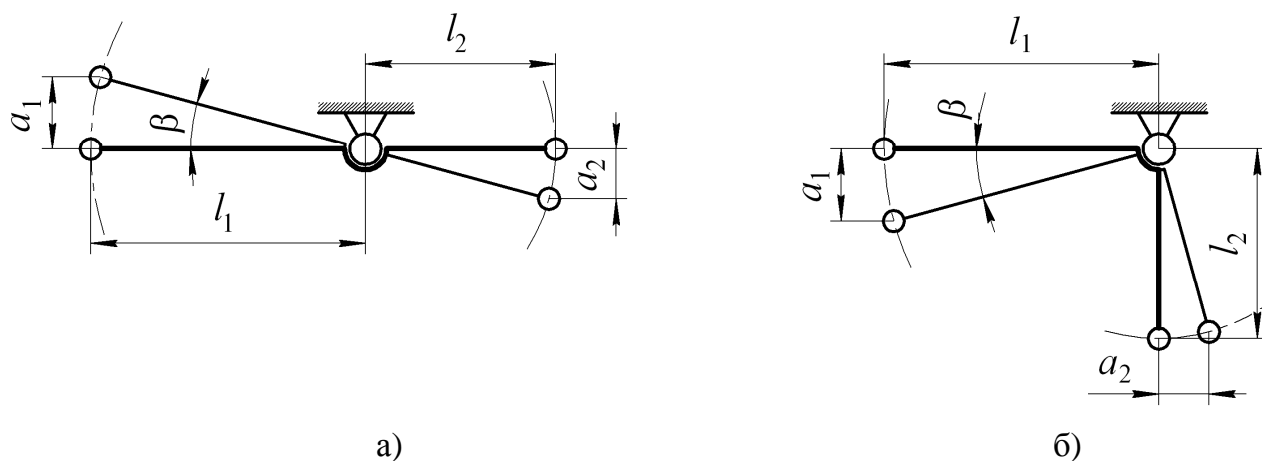


Рис. 3.21. Схема перемещения прямых (а) и угловых (б) рычагов при неточном изготовлении длины их плеч

Тогда погрешность $\Delta_{рд}$, в соответствии с рис. 3.7 будет определяться

$$\Delta_{рд} = a_1 - a_2 = (l_1 - l_2) \cdot \sin \beta = (l_1 - l_2) \cdot \frac{a_1}{l_1} = \left(1 - \frac{l_2}{l_1}\right) \cdot a_1.$$

Очевидно, что наибольшая погрешность будет при изготовлении одного плеча по наибольшему размеру, а другого по наименьшему

$$\Delta_{рд}^{\max} = \left(1 - \frac{l_2^{\min}}{l_1^{\max}}\right) \cdot a_1. \quad (3.4)$$

Погрешность от неточности изготовления угла плеч рычагов

В ряде случаев имеет место погрешность углового расположения плеч рычагов $\Delta_{ру}$ на величину γ (рис. 3.22). Погрешность передачи $\Delta_{ру}$ в этом случае определяется следующим образом

$$\Delta_{ру} = a_1 - a_2 = l_1 \sin \beta - [l_2 \sin(\beta + \gamma) - l_2 \sin \gamma]. \quad (3.5)$$

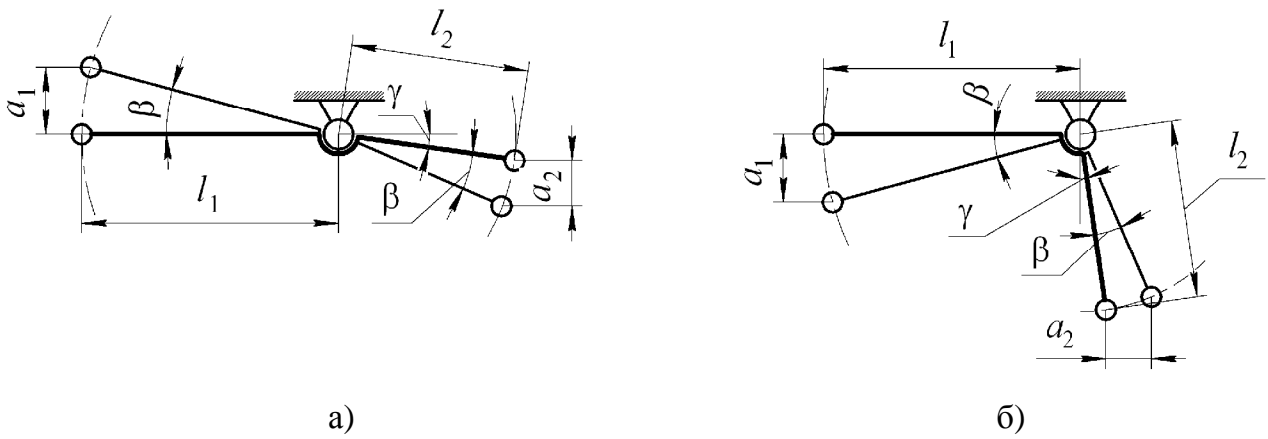


Рис. 3.22. Схема перемещения прямых (а) и угловых (б) рычагов при неточном угловом расположении их плеч между собой

В случае равенства длин рычагов ($l_1 = l_2 = l$) и с учетом малости углов β ($0,2 - 1^\circ$) и γ ($1 - 2^\circ$) получим следующую расчетную формулу для определения погрешности вследствие неточности углового расположения плеч рычагов относительно друг друга

$$\Delta_{\text{py}} = l \sin \gamma \cdot [1 - \cos \beta]. \quad (3.6)$$

Погрешность от непропорциональности перемещений рычагов

Погрешность непропорциональности перемещения рычагов $\Delta_{\text{рн}}$ возникает в передачах контрольных приспособлений в том случае, когда плечо рычага передает движение измерительному стержню индикатора, который перемещается линейно, в то время как плечо рычага имеет угловое перемещение (рис. 3.23).

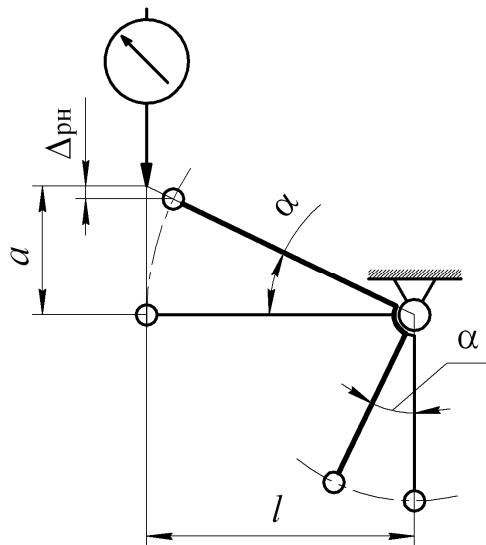


Рис. 3.23. Схема непропорционального перемещения плеча рычага и измерительного стержня индикатора

Погрешность передачи $\Delta_{рн}$ будет определяться

$$\Delta_{рн} = \frac{l\alpha^3}{3}. \quad (3.7)$$

Погрешность от перемещения точки контакта рычагов

Рабочие концы плеч рычагов выполняют обычно таким образом, чтобы обеспечивался точечный контакт с поверхностью измеряемой детали и концом стержня измерительного прибора. Для этой цели один, а иногда и оба конца плеч у рычагов выполняют в виде сферы с радиусом $r = 2 - 3$ мм или плоскими, контактирующими со сферическими поверхностями. При таких схемах рычажных передач неизбежна погрешность, так как при повороте рычага точка контакта перемещается (рис. 3.24). Концы обоих плеч рычага плоские и имеют контакт со сферическими поверхностями с радиусом закругления r .

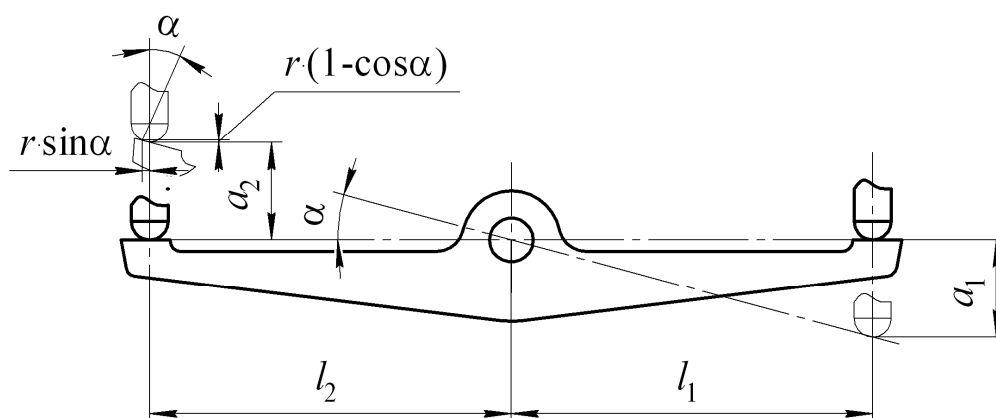


Рис. 3.24. Схема контакта плоских концов рычага со сферическими наконечниками

При этих условиях в передаточном отношении возникает погрешность $\Delta_{рк}$ для равноплечих рычагов её можно определить следующим образом

$$\Delta_{рк} = \frac{a_2}{a_1} - 1 = \frac{l \cdot \operatorname{tg} \alpha + r \left(\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1 \right)}{l \cdot \operatorname{tg} \alpha - r \left(\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1 \right)} - 1. \quad (3.8)$$

Погрешность в прямых передачах

Прямые передачи являются промежуточным звеном между индикатором и поверхностью контролируемой детали. Их наличие вносит в измерения незначительные погрешности, что объясняется рядом причин. Диаметры стержня и втулки в передаче, выполняются по посадке $H7/g6$ (при диаметре 4 – 5 мм), их притирают совместно, вследствие чего максимальный зазор в сопряжении не превышает 0,01 мм, и перекос стержня будет минимальным, а его влияние на результат измерения будет еще меньше. Более значимое, хотя и небольшое, влияние будет оказывать смещение оси измерительного стержня индикатора относительно оси стержня или штифта прямого передаточного устройства в горизонтальной плоскости и поворот последнего во втулке на определенный угол в пределах зазора. Тогда погрешность $\Delta_{\text{рп}}$ можно определить по формуле

$$\Delta_{\text{рп}} = e \cdot \frac{s}{h}, \quad (3.9)$$

где e – величина смещения оси стержня индикатора ($e = 0,2 - 0,3$ мм);
 s – зазор между втулкой и стержнем в передаче ($s = 0,02 - 0,03$ мм);
 h – длина направляющей части втулки под подвижный стержень.

Расчетами установлено, что величина погрешности $\Delta_{\text{рп}}$ обычно не превышает 0,001 – 0,003 мм, что при определении точности работы передачи можно не учитывать.

Погрешность от зазоров между осями рычагов

Большинство контрольных приспособлений имеют рычажные передачи, которые могут поворачиваться вокруг осей. Для обеспечения надежного контакта с контролируемой деталью рычаги передач подпираются пружинами. Давление пружин должно быть тщательно подобрано и отрегулировано с учетом давления измерительных средств контрольного приспособления.

Оси могут быть цилиндрическими (рис. 3.25), коническими (рис. 3.27) или реализованными в виде пластинчатых пружин (рис. 3.26). В соединении рычага с осью всегда имеется зазор, который приводит к погрешности $\varepsilon_{\text{зп}}$ являющейся величиной случайной и зависящей от колебания зазора в соединении рычага с осью и силы, создаваемой пружиной.

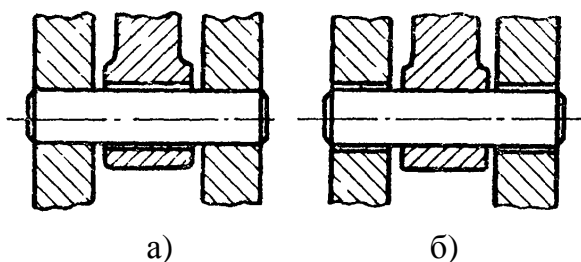


Рис. 3.25. Установка рычага на цилиндрической оси

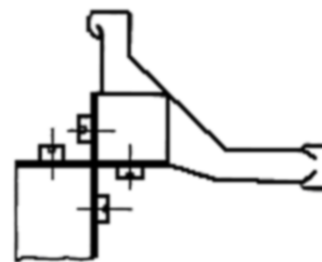
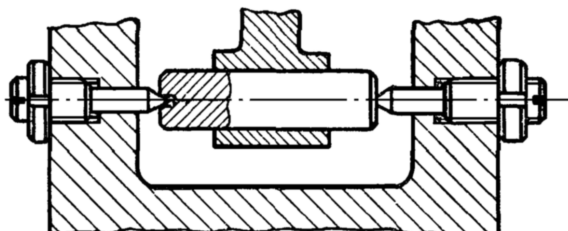
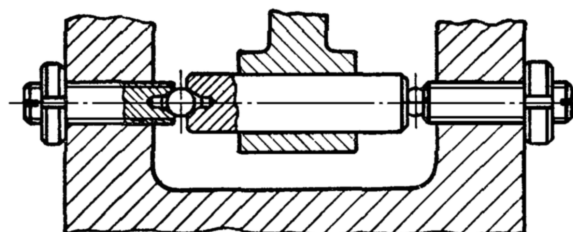


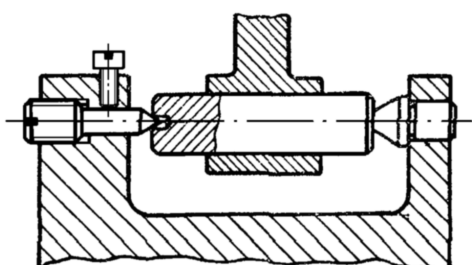
Рис. 3.26. Установка углового рычага на пластинчатых пружинах



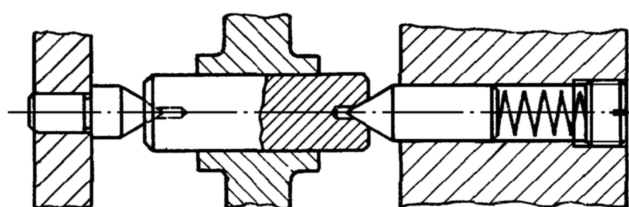
а)



б)



б)



г)

Рис. 3.27. Установка рычага в центрах

Величину погрешности $\epsilon_{зп}$ можно определить на основе справочных данных по табл. 3.6.

Таблица 3.6

Предельные значения погрешности $\epsilon_{зп}$

Тип передачи	Погрешность $\epsilon_{зп}$, мм
С рычагом на цилиндрической оси	0,006 – 0,010
Прямая передача в сочетании с рычажной	0,004 – 0,006
С рычагом в центрах	0,006 – 0,008
С рычагом на пластинчатых пружинах	0,003 – 0,005
Сложная передача с рычагами на осях	0,010 – 0,030

При отсутствии в конструкции контрольно-измерительного приспособления передаточных устройств, составляющие $\epsilon_{ип}$ и $\epsilon_{зп}$ из расчетной формулы (3.1) исключаются.

3.7.4. Погрешность, вызванная неточностью изготовления установочных мер и эталонных деталей

Возникновение погрешности $\epsilon_{\text{им}}$ обусловлено тем, что установочные меры, эталоны или образцы вносят ошибку в результаты измерения, когда определяют размер детали относительным методом.

Одной из основных частей погрешности, вносимой при пользовании концевыми мерами длины, является погрешность их аттестации (т.е. когда действительный размер принимается с определенной достоверностью). Могут возникнуть также погрешности от притирки, которые для некоторых концевых мер превышают погрешность аттестации.

Для размеров до 500 мм погрешность от притирки составляет до 0,5 мкм. Для некоторых измерений такие ошибки являются существенными. Для малых размеров погрешность притирки в несколько раз больше погрешности аттестации. В связи с этим концевые меры первого и второго разрядов должны применяться только в виде отдельных мер, например, для аттестации относительным методом более грубых разрядов, а также для настройки приборов, но без сборки их в блок. В табл. 3.7 приведены значения погрешности $\epsilon_{\text{им}}$ при использовании концевых мер.

Если вместо установочных мер используются *эталонные детали*, то погрешности $\epsilon_{\text{им}}$ может быть определена как погрешность изготовления эталона, в соответствии с таблицами экономической точности методов обработки (по финишным операциям) в направлении параметра участвующего в настройке средства измерения. Например, для *валиков* (оправок) отклонения диаметральных размеров составляют порядка 0,004 – 0,015 мм, радиальное биение 0,005 – 0,01 мм, для *плоских эталонов* отклонение размеров составляют 0,01 – 0,02 мм, отклонение от параллельности плоскостей 0,004 – 0,008 мм по длине эталона. Для *плоскопараллельных плиток* погрешность изготовления размеров 0,0001 – 0,0005 мм.

3.7.5. Погрешность средства измерения

Погрешность средства измерения $\epsilon_{\text{си}}$ свойственна любому методу измерения и является его основной характеристикой. Она является случайной величиной, наибольшее возможное значение которой указывается в технических характеристиках выбранного средства измерения, в зависимости от его класса точности и диапазона измерений. В табл. 3.4 приведены погрешности наиболее часто применяемых в конструкции КИП средств измерения.

Таблица 3.7

Погрешность, связанная с изготовлением мер и их блоков $\epsilon_{им}$

Интервалы размеров, мм	Состав блока наименее благо- приятных размеров, мм	Погрешность, мкм				
		Разряд концевых мер				
		1	2	3	4	5
от 1 до 10	Две меры до 10	0,21	0,22	0,25	0,35	0,60
от 10 до 30	Две меры до 10, одна мера 10 – 18	0,22	0,24	0,27	0,43	0,78
от 30 до 50	Две меры до 10, одна мера 30 – 50, две до 10	0,22	0,25	0,32	0,46	0,78
от 50 до 80	Одна мера 50 – 80, две меры до 10	0,27	0,30	0,38	0,55	0,86
от 80 до 120	Одна мера 10, одна мера 100, две меры до 10	0,33	0,36	0,46	0,68	1,10
от 120 до 180	Одна мера 50 – 80, одна мера 100, две меры до 10	0,33	0,37	0,51	0,76	1,19
от 180 до 260	Одна мера 30 – 50, одна мера 180 – 250, две до 10	0,35	0,45	0,63	1,13	1,70
от 260 до 360	Одна мера 80 – 50, одна мера 300, две меры до 10	0,46	0,55	0,76	1,38	2,18
от 360 до 500	Одна мера 80 – 120, одна мера 400, две меры до 10	9,57	0,70	1,00	1,69	2,72

3.7.6. Расчет погрешности несовмещения баз

Погрешность несовмещения баз $\epsilon_{нб}$ в КИП возникает при несовмещении измерительной базы с технологической или конструкторской базой, в зависимости от места контрольной операции для КИП в технологическом маршруте. То есть при установке контролируемых объектов в приспособление, положение их измерительных баз будет различным для всех объектов контролируемой партии.

Математически погрешность $\epsilon_{нб}$ для КИП определяется аналогично станочным приспособлениям как разность между наибольшей и наименьшей величинами проекций положения измерительной базы в направлении выполняемого размера. Её величина не является абстрактной, а относится к конкретному контролируемому параметру при имеющейся схеме контроля, что следует обязательно указывать в расчетах (п. 2.5).

Рассмотрим пример определения погрешности из-за несовмещения баз при базировании контролируемой детали на цилиндрической оправке с зазором по двум соосным отверстиям контролируемой детали (рис. 3.28).

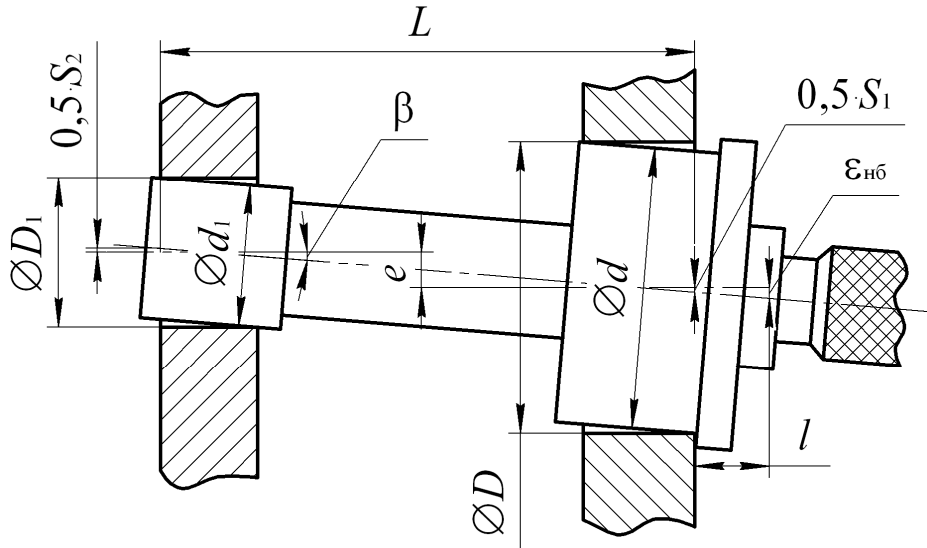


Рис. 3.28. Расчетная схема по определению погрешности несовмещения баз при контроле соосных отверстий оправкой

Данная схема контроля широко применяется для измерения параллельности и перпендикулярности торцов детали к осям этих отверстий, величины смещения оси одного отверстия относительно другого. Существенным недостатком данной схемы является зазор между отверстиями и оправкой, без которого невозможно установить оправку в точные соосные отверстия. Зазор будет тем больше, чем шире допуск на диаметры отверстий, которые служат измерительными базами, в то время как конструкторской базой является обычно общая ось отверстий. В результате чего возникает погрешность несовмещения баз, которая зависит от угла поворота оправки в отверстиях. Этот угол можно определить следующим образом:

$$\beta = \frac{e + \frac{1}{2}(s_1 + s_2)}{L},$$

где e – отклонение от соосности отверстий детали; L – расстояние между торцами отверстий; s_1 и s_2 – максимальные зазоры в сопряжении оправки с соответствующими отверстиями детали.

Если оправка используется для проверки межосевого расстояния и его измерение производится с помощью индикатора на расстоянии l от торца детали, то погрешность несовмещения баз будет определяться как

$$\varepsilon_{\text{нб}} = l \cdot \operatorname{tg}\beta + \frac{s_1}{2}. \quad (3.10)$$

Для уменьшения данной погрешности можно оправке по первому отверстию придать коническую форму, тогда

$$\beta = \frac{e + \frac{1}{2}s_2}{L},$$

$$\varepsilon_{\text{нб}} = l \cdot \operatorname{tg}\beta. \quad (3.11)$$

Если оправка будет конической по первому и второму отверстию, то погрешность будет зависеть от их межосевого расстояния, тогда

$$\beta = \frac{e}{L},$$

$$\varepsilon_{\text{нб}} = l \cdot \operatorname{tg}\beta. \quad (3.12)$$

Аналогичные расчетные формулы получены для большинства типовых схем базирования деталей (в центрах, на пальцах, на призмах, на различных оправках, во втулках т. п.). Их можно найти в любой справочной литературе по технологической оснастке (п. 2.5 и указанные в нем источники).

Погрешность несовмещения баз $\varepsilon_{\text{нб}}$ может отсутствовать (в случае если имеется их совмещение). Также погрешность $\varepsilon_{\text{нб}}$ исключается из расчетных формул, в том случае, когда несовмещение баз не влияет на точность контроля в заданном направлении.

3.7.7. Погрешность, зависящая от измерительной силы

Погрешность $\varepsilon_{\text{ис}}$ является случайной и возникает в результате смещения измерительной базы детали от заданного положения в процессе измерения при воздействии измерительной силы. Это смещение происхо-

дуть из-за деформации стыковых поверхностей установочных элементов и контролируемой детали.

Погрешности от измерительной силы бывают трех видов: возникающие в результате упругих деформаций в зоне контакта измерительного наконечника приспособления с контролируемой деталью; вызванные упругими деформациями детали, исключая зону контакта; появляющиеся в результате упругих деформаций установочного узла и деталей приспособления.

При измерениях первые два вида погрешностей определяются величиной действующей в момент измерения силы, а третий – разностью этой силы и силы, действовавшей при установке показывающего прибора приспособления на нуль.

Контактная деформация в месте соприкосновения измерительного наконечника с поверхностью детали зависит от материала наконечника и детали, их формы и измерительной силы. Для наконечника из твердого сплава с радиусом 2,0 мм при значении измерительной силы 5 – 10 Н деформация по закаленной стали, не превышает 0,0009 – 0,0012 мм.

При измерении деталей небольшого поперечного сечения, расположенных на двух опорах или консольно, а также при контроле тонкостенных деталей возможен их прогиб под действием измерительной силы. Если имеются опасения, что величина прогиба может быть сопоставима с допустимой погрешностью измерения, необходимо произвести расчет прогиба по формулам сопротивления материалов.

Под деформацией установочных элементов приспособления от измерительной силы понимают деформацию стоек или штативов, где установлен показывающий прибор, при нагрузке в 2 Н эта деформация не превышает 0,0002 – 0,0005 мм. Таким образом, при расчетах погрешность $e_{ис}$ может принимать значения 0,001 – 0,002 мм.

3.7.8. Погрешность закрепления

В отдельных конструкциях контрольных приспособлений, когда требуется обеспечить неизменность положения проверяемой детали, применяют ручные, пневматические, гидравлические и другие зажимные устройства. Чтобы не нарушать постоянства установки деталей относительно измерительных средств, зажимные устройства в контрольных приспособлениях должны развивать небольшие силы.

Погрешность ε_3 имеет случайный характер и определяется колебаниями прилагаемой силы, изменением места ее приложения, конструкцией зажимного устройства.

В табл. 3.8 приведены предельные значения погрешности ε_3 в зависимости от типа зажимного устройства.

Таблица 3.8

Предельные значения погрешности закрепления для КИП

Тип зажимного устройства	Погрешность закрепления ε_3 , мм
С байонетным зажимом	0,004 – 0,006
С двумя неподвижными и одним подвижным кулачком	0,015 – 0,090
С цангой	0,007 – 0,020
Закрепление на оправке и призме	0,005 – 0,010
С прижимным зажимом и неподвижной опорой	0,006 – 0,010
С двумя плоскими взаимно перпендикулярными поверхностями	0,008 – 0,015

3.7.9. Пример расчета на точность КИП

Требуется рассчитать на точность контрольное приспособление, компоновка которого представлена на рис. 3.29. Приспособление применяется для контроля радиального биения двух внутренних цилиндрических поверхностей детали друг относительно друга, которое по техническим требованиям чертежа детали не должно превышать 0,05 мм.

На плите 1 приспособления (рис. 3.29) установлены два цилиндрических штифта 2, предназначенные для базирования контролируемой детали *Д*. К контролируемой поверхности детали подходит рычаг 3, перемещение которого через палец 4 передается на индикатор 5. Индикатор закреплен на стойке 6, которая установлена на плите 1. Палец 4 перемещается в стакане 9, в котором находится пружина 8, создающая измерительную силу. Рычаг 3 поворачивается на цилиндрической оси 11, запрессованной в отверстия кронштейнов 10. Кронштейны крепятся к плите 1 с помощью винтов 12. В плите 1 снизу установлены две ножки 7, создающие её наклон в рабочем положении. За счет этого наклона деталь под собственным весом базируется на штифтах 2.

При контроле деталь проворачивается вручную вокруг своей оси, и по показаниям индикатора судят о величине радиального биения одной внутренней поверхности относительно другой.

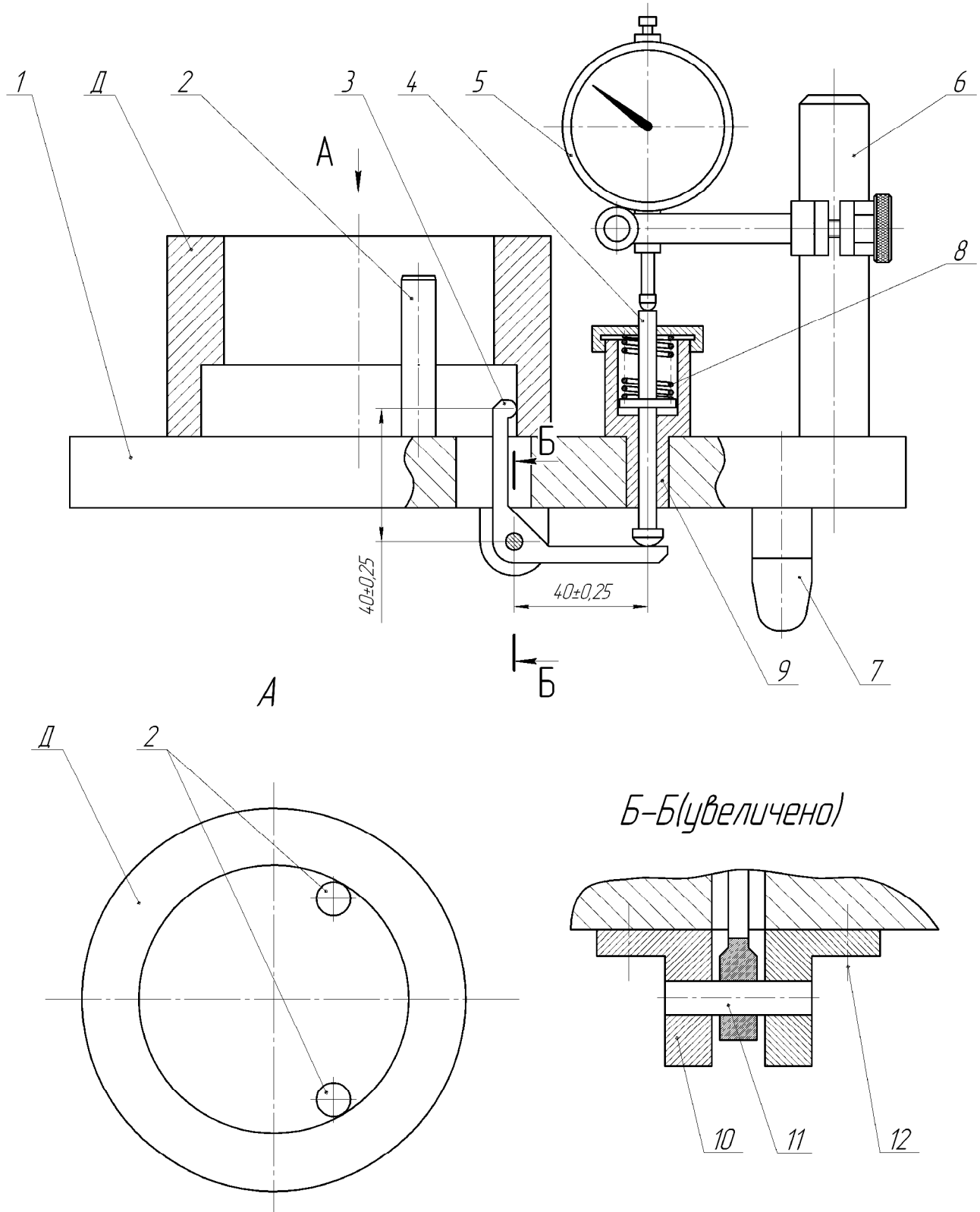


Рис. 3.29. Приспособление для контроля радиального биения внутренних цилиндрических поверхностей детали:

1 – плита, 2 – штифты, 3 – рычаг, 4 – палец, 5 – индикатор, 6 – стойка, 7 – ножки, 8 – пружина, 9 – стакан, 10 – кронштейны, 11 – ось, 12 – винты, Д – деталь

Для начала определяем допустимую погрешность измерения $[\epsilon_{\text{изм}}]$ для данного приспособления по указанному контролируемому параметру – радиальное биение с допуском 0,05 мм. На основе данных табл. 3.1 принимаем $[\epsilon_{\text{изм}}] = 0,012$ мм.

Далее определяем фактическую погрешность измерения для рассматриваемого контрольного приспособления $\epsilon_{\text{изм}}$, которая должна быть меньше или равна указанной допустимой погрешности.

Расчет будем производить на основе формулы (3.2)

$$\epsilon_{\text{изм}} = \epsilon_{\text{иу}} + \epsilon_{\text{ип}} + \epsilon_{\text{им}} + \sqrt{\epsilon_{\text{нб}}^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{\text{ис}}^2 + \epsilon_{\text{зп}}^2 + \epsilon_{\text{си}}^2 + \epsilon_{\text{др}}^2}.$$

Определим составляющие суммарной погрешности измерения, которые можно исключить из расчетной формулы в связи с особенностями конструкции приспособления и используемой схемы измерения.

Погрешность изготовления установочных элементов приспособления (в данном случае штифтов) не влияет на процесс измерения, поэтому составляющая $\epsilon_{\text{уз}}$ из расчетной формулы исключается.

Приспособление служит для контроля биения одной поверхности относительно другой, то есть конструкторской базой является отверстие в детали меньшего диаметра, что и реализовано в конструкции приспособления с помощью установочных элементов в виде штифтов. То есть имеет место совмещение измерительной и конструкторской баз, поэтому составляющую $\epsilon_{\text{нб}}$, также можно исключить из расчетной формулы.

Так же очевидно, что при контроле не произойдет смещения измерительной базы детали от заданного положения под действием измерительных сил, так как контролер всегда поджимает внутреннюю базовую поверхность к установочным элементам. Поэтому составляющая $\epsilon_{\text{уз}}$ тоже исключается.

В конструкции приспособления отсутствуют зажимные элементы, и не используются меры и эталоны, следовательно, исключаем погрешности ϵ_3 и $\epsilon_{\text{им}}$.

Окончательно получаем следующую расчетную формулу

$$\epsilon_{\text{изм}} = \epsilon_{\text{ип}} + \sqrt{\epsilon_{\text{зп}}^2 + \epsilon_{\text{си}}^2 + \epsilon_{\text{др}}^2},$$

составляющие которой и необходимо рассчитать.

Определим погрешность изготовления передаточных устройств $\epsilon_{ип}$, к которым относятся рычаг 3 и палец 4, по формуле (3.3).

$$\epsilon_{ип} = \Delta_{рд} + \Delta_{ру} + \Delta_{рн} + \Delta_{рк} + \Delta_{рп}.$$

Погрешность от неточности изготовления длин плеч рычагов определяются по формуле (3.11):

$$\Delta_{рд} = \left(1 - \frac{39,75}{40,25}\right) \cdot 0,05 = 0,0006 \text{ мм.}$$

Погрешность $\Delta_{ру}$ для равноплечего рычага и малых перемещениях находится по формуле (3.6)

$$\Delta_{ру} = 40 \cdot \sin 1^\circ \cdot (1 - \cos 2^\circ) = 0,0004 \text{ мм.}$$

Погрешность от непропорционального перемещения рычагов согласно формулы (3.7).

Для рассматриваемого случая: $l = 40$ мм, $\alpha = 3^\circ = 0,052$ рад.

$$\Delta_{рн} = \frac{40 \cdot 0,052^3}{3} = 0,0018 \text{ мм.}$$

Погрешность от перемещения точки контакта рычагов определяем по формуле (3.8):

Для рассматриваемого случая: $l = 40$ мм, $\alpha = 3^\circ = 0,052$ рад, $r = 2$ мм.

$$\Delta_{рк} = \frac{40 \cdot 0,052 + 2 \left(\sqrt{1 + 0,052^2} - 1 \right)}{40 \cdot 0,052 - 2 \left(\sqrt{1 + 0,052^2} - 1 \right)} - 1 = 0,0026 \text{ мм.}$$

Найдем погрешность прямой передачи пальца 4, который перемещается в направляющей втулке высотой 30 мм. Зазор между втулкой и пальцем 0,02 – 0,03 мм, смещение оси индикатора относительно оси пальца не превышает 0,2 – 0,3 мм. Погрешность прямой передачи определяем согласно формуле (3.9)

$$\Delta_{рп} = e \cdot \frac{s}{h} = 0,2 \frac{0,03}{30} = 0,0002 \text{ мм.}$$

Таким образом, суммарная погрешность передаточного устройства равна

$$\epsilon_{ип} = 0,0006 + 0,0004 + 0,0018 + 0,0026 + 0,0002 = 0,0056 \text{ мм.}$$

В приспособлении рычаг 3 поворачивается на цилиндрической оси 11 (рис. 3.3). По табл. 3.3 погрешность от зазоров между осью и рычагом примем $\varepsilon_{зп} = 0,006$ мм.

Средством измерения в контрольном приспособлении является индикатор часового типа 2ИГ с ценой деления 0,002 мм и диапазоном измерения $\pm 0,1$ мм. По табл. 3.3 погрешность средства измерения $\varepsilon_{си} = 0,0024$ мм.

Другие погрешности, вызванные действием случайных факторов, определим как часть допуска на контролируемый параметр в соответствии с п. 3.7.1 $\varepsilon_{др} = 0,03 \cdot 0,05 = 0,0015$ мм.

Определяем суммарную погрешность измерения специального приспособления в направлении контролируемого параметра – радиальное биение отверстия, по полученной ранее формуле

$$\begin{aligned} \varepsilon_{изм} &= \varepsilon_{ип} + \sqrt{\varepsilon_{зп}^2 + \varepsilon_{си}^2 + \varepsilon_{др}^2} = \\ &= 0,0056 + \sqrt{0,006^2 + 0,0024^2 + 0,0015^2} = 0,012 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Проверяем условие пригодности данного приспособления, сравнивая полученное значение фактической погрешности измерения с наибольшим допустимым значением. Фактическое значение должно быть меньше или равно допустимому значению:

$$\varepsilon_{изм} \leq [\varepsilon_{изм}],$$

$$0,012 \text{ мм} \leq 0,012 \text{ мм.}$$

Условие выполняется. Следовательно, данное контрольно-измерительное приспособление полностью удовлетворяет требованиям точности измерительной оснастки и может использоваться для выполнения контрольной операции. Однако полученное значение находится на границе допустимого диапазона. Для уменьшения погрешности измерения можно рекомендовать использовать схему контроля без передаточного устройства, которое вносит наибольший вклад в суммарную погрешность.

Другие примеры по проектированию и расчету КИП можно найти в учебном пособии [31].

3.8. Принцип работы спроектированного КИП

После того как выполнены все этапы по проектированию и расчету контрольно-измерительного приспособления и подготовлена необходимая конструкторская документация необходимо привести технические характеристики полученной конструкции и описать принцип работы приспособления.

В описании принципа работы контрольно-измерительного приспособления необходимо отразить следующую информацию:

- классификацию приспособления,
- для каких объектов используется приспособление,
- какие параметры контролируются с помощью приспособления,
- как осуществить базирование и закрепление контролируемого объекта в приспособлении для выполнения контроля,
- как работает зажимной механизм приспособления, его конструкция и воздействие на контролируемый объект,
- какие средства измерений применены в приспособлении, какой метод измерения используется (абсолютный или относительный), как выполнить настройку средств измерения на контролируемый параметр,
- как производятся измерения и считываются показания, как определить соответствие контролируемого параметра установленным требованиям, как признать объект годным или бракованным,
- как снять объект после выполнения контроля,
- как работают вспомогательные элементы конструкции приспособления (подвижные и неподвижные),
- как осуществить настройку, регулировку и ремонт приспособления с целью замены изношенных деталей,
- как осуществить транспортировку приспособления.

Также в описании необходимо отразить другие особенности конструкции приспособления, особые детали и узлы, применённые технические решения и т. п. Текст описания конструкции и принципа работы приспособления следует формулировать таким образом, что бы в нем были указания на конкретные детали и узлы приспособления в виде ссылок на соответствующие позиции сборочного чертежа и спецификации на приспособление. Если в пояснительной записке имеется рисунок, иллюстрирующий конструкцию приспособления, то допустимо ссылаться на позиции, указанные на этом рисунке.

Рекомендации по оформлению сборочных чертежей контрольных приспособлений приведены в главе 4 данного пособия.

4. Требования и рекомендации по выполнению сборочных чертежей станочных и контрольных приспособлений

4.1. Общие требования к сборочным чертежам станочных и контрольных приспособлений.

Сборочный чертеж технологической оснастки, как и любой сборочный чертеж, представляет собой документ, который содержит изображение сборочной единицы и информацию, необходимую для её сборки и контроля. Требования к сборочным чертежам регламентированы ГОСТ 2.109-73, в соответствии с которым сборочный чертеж должен содержать:

1) Изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи её составных частей;

2) Сведения, обеспечивающие возможность сборки и контроля сборочной единицы;

3) Размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть проконтролированы или выполнены по сборочному чертежу;

4) Указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается при сборке (подбор деталей, их пригонка, регулировка и т. д.;

5) Указания о способе выполнения неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);

6) Основные характеристики изделия.

Изображения основных видов на сборочном чертеже следует располагать в проекционной связи, что облегчает чтение чертежа. Помимо основных видов могут применяться дополнительные виды, разрезы и сечения, поясняющие форму и расположение деталей, входящих в изделие. Их изображения могут размещаться на свободном месте поля чертежа с соответствующей ссылкой на них с основных видов. Если изображения размещаются на нескольких листах, то рядом с их названием в скобках указывается ссылка на номер листа, где находится исходный вид, а на исходной ссылке номер листа, где приведено соответствующее обозначение.

Основная надпись сборочного чертежа выполняется по ГОСТ 2.104–2006. Она должна содержать обозначение чертежа (то же что и на спецификации) с добавлением в конце шифра «СБ» (сборочный). В графе названия основной надписи приводится название изделия с добавлением «Сборочный чертеж» меньшим шрифтом (рис. 4.1 и 4.2).

					<i>ДП151001.ТИ.05.12.03</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Приспособление станочное</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Алексеев</i>					<i>У</i>	<i>Д</i>	<i>П</i>
<i>Пров.</i>	<i>Максимов</i>							1
<i>Н.контр.</i>	<i>Агапова</i>					<i>РГАТА имени П. А. Соловьёва</i>		
<i>Утв.</i>								

а)

					<i>ДП151001.ТИ.05.12.04</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Приспособление контрольное</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Алексеев</i>					<i>У</i>	<i>Д</i>	<i>П</i>
<i>Пров.</i>	<i>Максимов</i>							1
<i>Н.контр.</i>	<i>Агапова</i>					<i>РГАТА имени П. А. Соловьёва</i>		
<i>Утв.</i>								

б)

Рис. 4.1. Пример выполнения основной надписи на первых листах спецификаций станочных (а) и контрольных (б) приспособлений

					<i>ДП151001.ТИ.05.12.03СБ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Приспособление станочное Сборочный чертёж</i>	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Алексеев</i>					<i>У</i>	<i>Д</i>	<i>П</i>
<i>Пров.</i>	<i>Максимов</i>						12	1:1
<i>Т.контр.</i>						<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	1
<i>Н.контр.</i>	<i>Агапова</i>				<i>РГАТА имени П. А. Соловьёва</i>			
<i>Утв.</i>								

а)

					<i>ДП151001.ТИ.05.12.04СБ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Приспособление контрольное Сборочный чертёж</i>	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Алексеев</i>					<i>У</i>	<i>Д</i>	<i>П</i>
<i>Пров.</i>	<i>Максимов</i>						8,5	1:1
<i>Т.контр.</i>						<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	1
<i>Н.контр.</i>	<i>Агапова</i>				<i>РГАТА имени П. А. Соловьёва</i>			
<i>Утв.</i>								

б)

Рис. 4.2. Пример выполнения основной надписи на первых листах сборочных чертежей станочных (а) и контрольных (б) приспособлений

В графе «Лит.» основной надписи приводится обозначение «УДП» для дипломных проектов или «УКП» для курсовых проектов. В графе масса приводится ориентировочная масса приспособления в килограммах *без добавления* «кг». Сборочные чертежи станочных и контрольных приспособлений рекомендуется выполнять на листах формата А1. Допустимо как горизонтальное, так и вертикальное их расположение. Другие требования к сборочным чертежам, а также правила выполнения буквенно-цифровых обозначений листов приведены в [1] и СТП 2.02 – 2002.

В учебных целях на сборочных чертежах не рекомендуется чрезмерно упрощать изображения элементов конструкции, избегать условных и схематичных изображений. Такие элементы как подшипники, пружины, манжеты, детали резьбовых соединений рекомендуется изображать полностью. Также следует показать радиусы скруглений литых деталей.

На сборочных чертежах должны быть указаны следующие группы размеров:

- *габаритные размеры*, определяющие предельные внешние или внутренние очертания изделия,
- *установочные размеры*, по которым изделие устанавливается на месте монтажа,
- *присоединительные размеры*, по которым изделие присоединяется к другим изделиям,
- *справочные размеры*, поясняющие особенность конструкции или сборки.

Для каждой составной части изделия на сборочном чертеже должен быть указан номер позиции. Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей. Линии-выноски пересекают контур изображения составной части и заканчиваются точкой. Номера позиций указывают на том изображении, на котором нумеруемая составная часть является видимой. Линии-выноски не должны пересекаться между собой, не должны быть параллельны линиям штриховки и по возможности не должны пересекать изображение других составных частей, а также размерных линий чертежа. Номера позиций наносят на чертеже один раз, располагают параллельно основной надписи чертежа и группируют в колонку или строчку. Рекомендуемый размер полки 10 - 12 мм, размер шрифта номеров позиций больше размера шрифта размерных чисел в 1,5 раза. Для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления, допускается проводить общую линию-выноску. В этом случае полки для номеров позиций должны распола-

гаться колонкой и соединяться тонкой линией. Номера позиций проставляют в соответствии с номерами, указанными в спецификации.

Спецификация представляет собой текстовый документ, определяющий состав изделия, и её наличие является обязательным при разработке любого сборочного чертежа. Она выполняется на отдельных листах формата А4 в соответствии с требованиями ГОСТ 2.106–96. Спецификации на станочные и контрольные приспособления помещаются в приложение к пояснительной записке курсового или дипломного проекта.

В учебных проектах спецификация обычно состоит из разделов: «Документация», «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия» и «Материалы». Более подробную информацию о выполнении спецификаций можно найти в СТП 2.02 – 2002 или ГОСТ 2.105–95.

При использовании в процессе проектирования приспособления типовых компоновок из справочной технической литературы следует помнить, что разновидности приспособлений и их компоновки в ней представлены упрощенно и *не пригодны* для непосредственного переноса на сборочные чертежи. Они, как правило, лишь поясняют принцип действия приспособления, отличаются недостаточной конструкторской проработкой, отсутствием некоторых элементов конструкции, отдельных видов, размеров и *требуют доработки* с соответствующими дополнениями.

4.2. Рекомендации по выполнению сборочных чертежей станочных приспособлений

Сборочные чертежи станочных приспособлений должны соответствовать всем требованиям, предъявляемым к сборочным чертежам, основные из которых рассмотрены в п. 4.1. Однако имеется ряд дополнительных рекомендаций и требований, учитывающих особенности станочных приспособлений. Рассмотрим основные:

1) Количество проекций и видов на сборочном чертеже приспособления должно быть достаточным для понимания конструкции приспособления, формы и размеров всех его деталей и принципа его работы. Как минимум должны быть представлены два вида, а также все необходимые разрезы и сечения.

2) Приспособление на сборочном чертеже представляют в рабочем положении на станке с закрепленной заготовкой.

3) Заготовка показывается условным контуром тонкими линиями, она считается прозрачной и не штрихуется на разрезах и сечениях. Допустимо выделять заготовку цветом (рекомендуется синим).

4) Зажимные механизмы (винты, прихваты и т. д.), а также силовые приводы необходимо показывать в положении, которое соответствует моменту закрепления.

5) Станочное приспособление рекомендуется изображать в масштабе 1:1. Только в случае крупногабаритного приспособления допускается применение масштаба с уменьшающим коэффициентом.

6) Как и на любом сборочном чертеже, на чертеже станочного приспособления должны быть показаны габаритные, установочные, соединительные и справочные размеры. Для станочных приспособлений также требуется приводить *контрольные* и *координирующие* размеры с допусками, характеризующие точность взаимного расположения тех элементов приспособления, которые определяют точность расположения поверхностей обрабатываемых в приспособлении деталей. Точность этих размеров проверяется после сборки приспособления. Так, например, у кондукторов контрольными размерами являются расстояния между осями кондукторных втулок и расстояния от этих осей до поверхностей установочных элементов приспособления. У фрезерных приспособлений – расстояния от поверхностей установов до поверхностей соответствующих установочных элементов.

8) Должны быть заданы допуски и посадки на основные сопряжения деталей приспособления (например, размеры сопряжений зажимных устройств, выталкивателей и других вспомогательных механизмов). Допуски на эти размеры определяют в зависимости от назначения механизма, а также характера и условий работы рассматриваемого сопряжения. Обычно допуски берут по 7 – 9-му квалитетам точности.

Обязательно указываются посадки, размеры и технические требования, участвующие в проектных расчетах приспособления на точность.

7) Должны быть заданы допуски на взаимную непараллельность, перпендикулярность, неплоскостность установочных поверхностей и осей центрирующих элементов приспособления. Эти допуски указываются на поле чертежа текстом и не должны превышать половины соответствующих допусков на расположение сопрягаемых с ними базовых поверхностей детали. При отсутствии на рабочем чертеже детали этих допусков допуски для приспособления назначаются в пределах 0,02 – 0,05 мм на 100 мм длины, т.е. угловые смещения не должны быть больше $1 - 2^\circ$ [6].

9) Должны быть указаны диаметры отверстий под рабочую часть режущего инструмента в кондукторных втулках (при их наличии).

10) Рекомендуется на сборочном чертеже приспособления тонкими сплошными линиями схематично изображать место станка, на котором базируется и закрепляется приспособление. Например, на чертежах патронов и оправок – контур головки шпинделя станка, переходной планшайбы; на чертежах фрезерных приспособлений – часть контура стола с пазами под установочные шпонки и болты для закрепления приспособления.

11) Над основной надписью сборочного чертежа приводят описание служебного назначения приспособления, его технические характеристики и, *при необходимости*, технические требования (рис. 4.3).

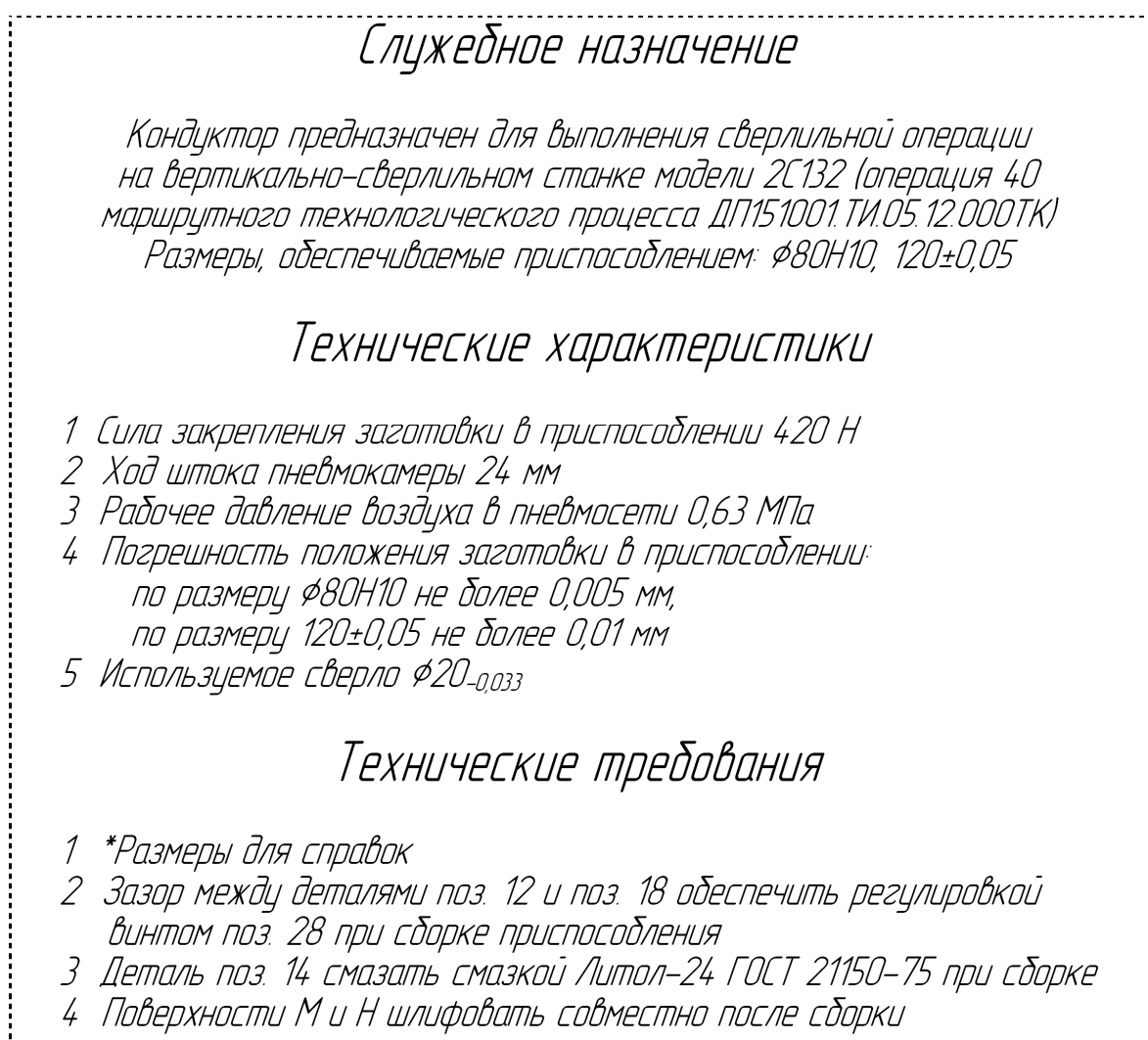


Рис. 4.3. Пример выполнения раздела «Служебное назначение», «Технические характеристики» и «Технические требования» сборочного чертежа станочного приспособления

В разделе «Служебное назначение» следует указать, какая технологическая операция осуществляется с использованием приспособления и на каком станке. Также рекомендуется привести номер операции и кодовое обозначение технологических карт соответствующего маршрутного технологического процесса. Указываются операционные размеры и допуски, обеспечиваемые приспособлением на операции.

В разделе «Технические характеристики» приводятся силовые характеристики приспособления (сила закрепления, давление рабочей среды, ход штока и т. п.), точностные характеристики приспособления (погрешность положения заготовки в приспособлении в направлении выдерживаемых операционных размеров и допусков).

В разделе «Технические требования» приводятся требования по настройке, регулировке и сборке приспособления, параметры, участвующие в точностных расчетах и другие требования (рис. 4.3).

Если над основной надписью недостаточно места для размещения всей необходимой информации, можно использовать место слева от неё.

4.3. Рекомендации по выполнению сборочных чертежей контрольных приспособлений

Сборочные чертежи контрольных приспособлений также как и сборочные чертежи станочных приспособлений должны соответствовать всем требованиям, предъявляемым к сборочным чертежам (п. 4.1 и 4.2). Однако имеется ряд дополнительных рекомендаций и требований, учитывающих специфику контрольных приспособлений:

1) Контрольное приспособление на сборочном чертеже представляют в рабочем положении в процессе контроля с закрепленной деталью. Его рекомендуется изображать в масштабе 1:1. Только в случае крупногабаритного приспособления допускается применение масштаба с уменьшающим коэффициентом.

2) Деталь показывается условным контуром тонкими линиями, она считается прозрачной и не штрихуется на разрезах и сечениях. Допустимо выделять деталь цветом (рекомендуется синим).

3) На сборочном чертеже контрольного приспособления обязательно показывается используемое средство измерения в рабочем положении в момент измерения.

4) Должны быть показаны габаритные, установочные, присоединительные и справочные размеры. Обязательно показываются *контрольные* и

координирующие размеры с допусками, характеризующие точность взаимного расположения тех элементов приспособления, которые определяют точность измерения. Также показывают размеры тех сопряжений, от которых точность измерения не зависит. Допуски на эти размеры определяют в зависимости от назначения механизма, а также характера и условий работы рассматриваемого сопряжения.

5) Аналогично станочному приспособлению (п. 4.2) показывают допуски на взаимную непараллельность, перпендикулярность, неплоскостность установочных поверхностей и осей центрирующих элементов приспособления. Приводят посадки, размеры и технические требования, участвующие в расчетах приспособления на точность.

6) Над основной надписью сборочного чертежа контрольного приспособления приводят описание его служебного назначения, технические характеристики и, *при необходимости*, технические требования (рис. 4.4).

Служебное назначение

Приспособление предназначено для контроля торцевого и радиального биения детали относительно поверхности шлиц
Допуск на торцевое биение 0,05 мм, на радиальное биение 0,02 мм

Технические характеристики

- 1 Сила закрепления детали в приспособлении 24 Н*
- 2 Погрешность измерения приспособления:
по радиальному биению не более 0,010 мм,
по торцевому биению не более 0,018 мм*
- 3 Погрешность измерения индикаторов 0,0072 мм*

Технические требования

- 1 *Размеры для справок*
- 2 **Размер 140_{-0,04} выдержать при помощи прокладок поз. 25*
- 3 Соосность деталей поз. 6 и 7 проверить эталонной деталью*
- 4 Полости подшипников заполнить смазкой Литол-24 ГОСТ 21150-75*
- 5 Окончательное стопорение гаек поз. 19 и 22 шайбами поз. 23 и 24 производить после сборки*
- 6 Момент на ключе при затяжке болтов поз. 16 – 45 Н/м*

Рис. 4.4. Пример выполнения раздела «Служебное назначение», «Технические характеристики» и «Технические требования» сборочного чертежа контрольного приспособления

В разделе «Служебное назначение» следует указать, какие параметры детали контролируются с помощью приспособления и их значения с допусками.

В разделе «Технические характеристики» приводится сила закрепления детали в приспособлении (при использовании зажимных механизмов), его точностные характеристики (погрешность измерения приспособления в направлении контролируемых параметров), а также характеристики, обусловленные конструкцией контрольного приспособления.

В разделе «Технические требования» указываются требования по настройке, регулировке и сборке приспособления, параметры, участвующие в точностных расчетах и другие требования (рис. 4.4).

Рекомендуется следующий порядок вычерчивания элементов контрольно-измерительных приспособлений: вначале вычерчиваются в необходимом количестве базирующие элементы (опорные плиты, опоры, пальцы, оправки, центры, призмы и т. д.), затем изображают детали зажимных устройств (при их наличии), далее идут измерительные устройства и вспомогательные элементы (передаточные механизмы, узлы крепления измерительных устройств, механизмы для вращения контролируемых деталей, стойки, бабки и т. д.), последними вычерчиваются контуры корпуса приспособления.

4.4. Наиболее часто встречающиеся ошибки в конструкции и сборочных чертежах станочных и контрольных приспособлений

После разработки сборочных чертежей станочных и контрольных приспособлений необходимо убедиться в отсутствии ошибок, тщательно проверив полученные чертежи. Все наиболее часто встречающиеся ошибки можно условно разделить на две группы – ошибки в конструкции и ошибки в выполнении сборочных чертежей приспособлений.

Среди ошибок в конструкции станочных приспособлений можно выделить следующие наиболее распространенные:

- 1) Схема базирования заготовки в пояснительной записке, маршруте и операционной карте не соответствует схеме установки, реализованной в конструкции приспособления.

- 2) В конструкции приспособления отсутствуют элементы для его транспортировки (ручки, окна, выступы, рым-болты и т. п.).

- 3) Отсутствуют элементы для базирования и закрепления приспособления на станке (шпонки, пальцы, проушины, отверстия и т. п.).

4) Конструкция приспособления не позволяет обеспечить подвод рабочей среды (воздух, масло) к соответствующим силовым приводам (мешает корпус приспособления, стол станка, прихваты, заготовка и т. д.).

5) Конструкция приспособления не обеспечивает беспрепятственную и удобную установку заготовки в приспособление и её последующее снятие. Неудобное расположение органов управления, зажимов, рукояток, кранов и т. д.

6) Необоснованно сложная конструкция корпуса и элементов приспособления. Ограничено применение стандартных изделий или их слишком большой разброс по номиналам.

7) Конструкция приспособления и его деталей нетехнологична и не обеспечивает удобство изготовления, сборки и ремонта. Недостаточно жесткая и устойчивая конструкция.

8) Конструкция приспособления не соответствует заданному типу производства.

9) Не предусмотрена возможность ремонта или замены деталей приспособления при их износе, особенно в условиях серийного производства (сменные опоры, пальцы, пластины, втулки и т. д.).

10) Габаритные и установочные размеры приспособления не соответствуют размерам стола станка.

11) Положение заготовки в приспособлении не соответствует расположению инструмента в процессе обработки.

12) Установка заготовки производится непосредственно на корпус приспособления без использования установочных элементов.

13) Отсутствуют конструктивные элементы в корпусе приспособления для «выхода инструмента» при обработке «напроход» (сверление сквозного отверстия, долбление, фрезерование зубьев и т. д.).

14) Отсутствуют направляющие элементы для инструмента (втулки, установы, копиры) при необходимости их использования.

15) В приспособлении не обеспечивается определенность базирования, когда установка осуществляется одновременно по нескольким поверхностям.

16) Расположение зажимных механизмов и их количество не обеспечивает надежное закрепление заготовки.

К ошибкам в выполнении сборочных чертежей станочных приспособлений можно отнести следующие ошибки:

1) Не соблюдены требования СТП 1.02-2002 и ЕСКД.

2) Приспособление и заготовка на сборочном чертеже показаны не в рабочем положении. Отсутствует или не выделена обрабатываемая заготовка.

3) Количество проекций, видов и разрезов недостаточно для понимания особенностей конструкции, сборки и работы приспособления.

4) Выбранный масштаб не соответствует рекомендуемому масштабу (1:1) при возможности его использования.

5) При использовании силовых приводов на чертеже отсутствует гарантированный запас хода зажимного элемента, штока, прихвата и т. д.

6) Не указаны гарантированные зазоры, предусмотренные конструкцией приспособления.

7) Отсутствуют требования к форме и расположению установочных и направляющих элементов приспособления.

8) Отсутствуют размеры какой-либо группы (п. 4.1, 4.2 и 4.3).

9) Требуемое давление рабочей среды силового привода не соответствует стандартному давлению.

10) Не указано служебное назначение, технические характеристики и технические требования к приспособлению.

11) В основной надписи не указана ориентировочная масса приспособления.

12) Выбранные посадки не соответствуют условиям сборки и работы приспособления или отсутствуют вовсе.

13) При изображении разъемных соединений не показаны шайбы, пружинные шайбы, штифты, гайки, шплинты, стопорные кольца и т. д.

14) Неправильно выбран главный вид чертежа.

15) Отсутствуют названия видов чертежа, значки «повернуто», и масштаб при необходимости их указания. Проставленные размеры не соответствуют выбранному масштабу.

16) Отсутствуют осевые линии и линии штриховки.

17) Номера позиций в спецификации не соответствуют позициям сборочного чертежа.

Для контрольных приспособлений в дополнение к вышперечисленным ошибкам можно добавить следующие наиболее часто встречающиеся ошибки, свойственные конструкции КИП и их сборочным чертежам:

1) Схема установки контролируемого объекта в приспособлении не соответствует требуемой (выбранной) схеме контроля.

2) Выбранное средство измерения не позволяет проконтролировать требуемый параметр (не соответствует цена деления, диапазон измерений, принцип работы и т. д.)

3) Средство измерения (измерительная головка, индикатор) изображено слишком условно или отсутствует вовсе.

4) Отсутствуют вспомогательные элементы конструкции для закрепления индикаторов и регулировки их положения.

5) Невозможно установить деталь в приспособление, так как в конструкции приспособления не предусмотрена возможность отвода индикаторов и штативов в сторону от детали.

6) Выбранный тип подшипников в конструкции узлов с вращающимися деталями не соответствует условиям их работы. Подшипники установлены неправильно или изображены слишком упрощенно.

7) При контроле какого-либо параметра по отношению к базовой оси, эта ось не ловится в приспособлении.

8) Не указаны посадки в сопряжениях деталей приспособления. Посадки не соответствуют условиям взаимодействия сопрягаемых деталей в процессе работы приспособления.

9) В качестве передаточного устройства необоснованно используется рычаг с разной длиной плеч.

10) Крепление передаточного рычага не обеспечивает точности измерения.

11) При установке контролируемых деталей в отверстие установочной втулки указана посадка с натягом или очень маленьким зазором, что сильно затрудняет установку деталей, а для крупногабаритных деталей делает её невозможной.

Многие из перечисленных ошибок могут и должны быть устранены ещё в процессе проектирования приспособлений до выполнения их сборочных чертежей.

Успех получения работоспособного приспособления во многом определяется правильностью выполнения, рассмотренных в данном пособии, методик, которые требуют четкого соблюдения требований к последовательности отдельных этапов и их содержанию. Также неотъемлемым условием разработки эффективного приспособления, оптимального с точки зрения затрат на его изготовление и эксплуатацию является применение типовых и апробированных решений. В машиностроении и авиадвигателестроении накоплен огромный опыт по вопросам проектирования технологической оснастки, разработано множество компоновок различных приспособлений, большинство из которых можно найти в соответствующей учебной и справочной литературе. Изучение этой литературы является обязательным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Аверьянов, И. Н.,** Агапова О. Б. Общие требования к структуре, нормоконтролю, оформлению, рецензированию и защите выпускных квалификационных работ [Текст] : учеб. пособие / И. Н. Аверьянов, О. Б. Агапова. / 2-е изд., перераб. и доп.; – Рыбинск : РГАТА, 2010. – 77 с.
2. **Аверьянов, И. Н.,** Болотеин А. Н. Практические занятия по дисциплинам: Технологическая оснастка, Проектирование станочной и контрольно-измерительной оснастки [Текст] : учеб. пособие/ И. Н. Аверьянов, А. Н. Болотеин ; – Рыбинск : РГАТА, 2009. – 192 с.
3. **Альбом** контрольно-измерительных приспособлений [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. С. Степанов, Б. И. Афанасьев, А. Г. Схиртладзе, А. Е. Щукин, А. С. Ямников. / Под общ. ред. Ю. С. Степанова ; – М. : Машиностроение, 1998. – 184 с.
4. **Альбом** по проектированию приспособлений [Текст] : учеб. пособие / Б. М. Базров, А. И. Сорокин, В. А. Губарь и др. ; – М. : Машиностроение, 1991. – 121 с.
5. **Альбом** технологической оснастки для станков с ЧПУ в авиадвигателестроении [Текст]: учеб. пособие / Под общ. ред. Безъязычного В. Ф ; – М. : Машиностроение, 2000. – 124 с.
6. **Андреев, Г. Н.** и др. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства [Текст] : учеб. пособие / Г. Н. Андреев, В. Ю. Новиков, А. Г. Схиртладзе ; – М. : Высшая школа, 2001. – 415 с.
7. **Ансеров, М. А.** Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции [Текст] / М. А. Ансеров ; – Л. : МАШГИЗ, 1975. – 624 с.
8. **Антонюк, В. Е.** Справочник конструктора по расчёту и проектированию станочных приспособлений [Текст] / В. Е. Антонюк, В. А. Королев, С. М. Башеев ; – Минск : «Беларусь», 1969. – 392 с.
9. **Безъязычный, В. Ф.** Технологическая оснастка в авиадвигателестроении [Текст] : учеб. пособие / В. Ф. Безъязычный ; – Рыбинск : РГАТА, 2007. – 426 с.
10. **Болотин, Х. А.,** Костромин Ф. П. Станочные приспособления [Текст] / Х. А. Болотин, Ф. П. Костромин ; – М. : Машиностроение, 1973. – 433 с.
11. **Горохов, В. А.** Проектирование и расчет приспособлений [Текст] : учеб. пособие / В. А. Горохов ; – Мн. : Выш. шк., 1986. – 238 с.
12. **Горошкин, А. К.** Приспособления для металлорежущих стан-

- ков. Справочник [Текст] / А. К. Горошкин ; – М. : Машиностроение, 1979. – 303 с.
13. **Гусев, А. А.** Технологическая оснастка [Текст] : учеб. пособие / А. А. Гусев, И. А. Гусева ; – М. : ИЦ МГТУ «Станкин», 2007. – 372 с.
14. **Дунаев, П. Ф.** Допуски и посадки. Обоснование выбора [Текст] : учеб. пособие / П. Ф. Дунаев ; – М. : Высшая школа, 1984. – 112 с.
15. **Коваленко, А. В.** Станочные приспособления [Текст] : справочник / А. В. Коваленко, Р. Н. Подшивалов ; – М. : Машиностроение, 1986. – 152 с.
16. **Корсаков, В. С.** Основы конструирования приспособлений в машиностроении [Текст] / В. С. Корсаков ; – М. : Машиностроение, 1971. – 288 с.
17. **Косилова, А. Г.** и др. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога [Текст] : справочник / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, М. А. Калинин ; – М. : Машиностроение, 1976. – 288 с.
18. **Кузнецов, Ю. И.** и др. Оснастка для станков с ЧПУ [Текст] : справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков ; – М. : Машиностроение, 1983. – 359 с.
19. **Кутай, А. К.** Справочник контрольного мастера [Текст] / А. К. Кутай, А. Б. Романов, А. Д. Рубинов / Под ред. А. К. Кутая ; – Л. : Лениздат, 1980. – 304 с.
20. **Левенсон, Е. М.** Конструирование измерительных приспособлений и инструментов в машиностроении [Текст] / Е. М. Левенсон, Ю. М. Гоникберг, Т. А. Введенский ; – М. : МАШГИЗ, 1956. – 196 с.
21. **Левенсон, Е. М.** Контрольно-измерительные приспособления в машиностроении [Текст] / Е. М. Левенсон ; – М. : Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной литературы, 1952. – 82 с.
22. **Микитянский, В. В.** Точность приспособлений в машиностроении [Текст] : учеб. пособие / В. В. Микитянский ; – М. : Машиностроение, 1984. – 128 с.
23. **Нестеренко, Л. М.** Расчет зажимных устройств приспособлений [Текст] : методические указания / Л. М. Нестеренко ; – Рыбинск : РГАТА, 2007. – 28 с.
24. **Обработка** металлов резанием: Справочник технолога [Текст] / А. А. Панов, В. В. Аникин, Н. Г. Бойм и др. ; Под общ. ред. А. А. Панова. 2-е изд. перераб. и доп. ; – М. : Машиностроение, 2004. – 784 с.
25. **Правиков, Ю. М., Муслина Г. Р.** Нормирование отклонений формы, расположения и шероховатости поверхностей деталей машин

[Текст] : учеб. пособие / Ю. М. Правиков, Г. Р. Муслина : - 2-е изд., перераб. и доп. ; – Ульяновск: УлГТУ, 2002. – 100 с.

26. **Прогрессивные** средства контроля размеров в машиностроении: Контрольные приспособления [Текст] : учебник / Б. А. Гипп, Ю. М. Гоникберг, М. М. Каплун, Е. М. Левенсон, Н. Н. Марков, П. М. Полянский, Г. С. Шлезингер ; – М. : ГНТИ Машиностроительной литературы, 1960. – 342 с.

27. **Справочник** технолога-машиностроителя т. 1, т. 2 [Текст] / Под ред. Косиловой А. Г., Мещерякова Р. К. – М. : Машиностроение, 2000. – 684 с. т. 1 ; – 486 с. т. 2.

28. **Станочные** приспособления [Текст] : справочник в 2-х т. / Под ред. Вардашкина Б. Н., Шатилова А. А. ; – М. : Машиностроение, 1984. – 592 с. т. 1 ; – 656 с. т. 2.

29. **Станочные** приспособления для станков с ЧПУ [Текст] : учеб. пособие / В. Ф. Безъязычный, В. Д. Корнеев, В. Н. Ливанов, Т. Д. Кожина, В. Н. Юрин, И. Н. Аверьянов ; Под. общ. ред. В. Ф. Безъязычного ; – Рыбинск : РГАТА, 2004. – 147 с.

30. **Технология** машиностроения. Учебное пособие по выполнению курсового проекта [Текст] : учеб. пособие / В. Ф. Безъязычный, В. Д. Корнеев, Ю. П. Чистяков, И. Н. Аверьянов ; – Рыбинск : РГАТА, 2005. – 141 с.

31. **Шарова, Т. В.** Методы и средства метрологического обеспечения [Текст] : учеб. пособие / Т. В. Шарова ; – Рыбинск : РГАТА, 2006. – 95 с.

32. **Шманев, В. А.** и др. Приспособления для производства двигателей летательных аппаратов [Текст] / В. А. Шманев, А. П. Шулепов, Л. Б. Косычев ; – М. : Машиностроение, 1990. – 256 с.

33. **Шманев, В. А.** и др. Контрольно-измерительные приспособления для производства деталей авиационных двигателей [Текст] : учебное пособие / В. А. Шманев, А. П. Шулепов, Л. Б. Косычев ; Под ред. А. П. Шулепова ; – М.: Изд-во МАИ, 1992. – 208 с. ; ил.

34. **ГОСТ 21495 – 76** Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения [Текст] : – Введ. 1977–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 38 с.

35. **ГОСТ 3.1109 – 82** Единая система технологической документации. Требования и определения основных понятий [Текст] : – Введ. 1983–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 14 с.

36. **ГОСТ 31.010.01 – 84** Приспособления станочные. Термины и определения [Текст] : – Введ. 1985–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 4 с.














ПРИЛОЖЕНИЯ

Допуски размеров по ЕСДП

Величина допусков, мкм											
Интервалы размеров, мм	Квалитет										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
до 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400
св. 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480
св. 6 до 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580
св. 10 до 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700
св. 18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840
св. 30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000
св. 50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200
св. 80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400
св. 120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600
св. 180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850
св. 250 до 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100
св. 315 до 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300
св. 400 до 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Обозначение допусков формы и расположения поверхностей
по ГОСТ 2.308-79

<i>Допуск формы</i>	
Допуск прямолинейности	—
Допуск плоскостности	
Допуск круглости	
Допуск цилиндричности	
Допуск профиля продольного сечения	
<i>Допуск расположения</i>	
Допуск параллельности	//
Допуск перпендикулярности	
Допуск наклона	
Допуск соосности	
Допуск симметричности	
Позиционный допуск	
Допуск пересечения осей	×
<i>Суммарные допуски формы и расположения</i>	
Допуск радиального биения Допуск торцевого биения Допуск биения в заданном направлении	
Допуск полного радиального биения Допуск полного торцевого биения	
Допуск формы заданного профиля	
Допуск формы заданной поверхности	

Предпочтительные посадки и их применение

<i>Предпочтительные посадки с зазором по ЕСДП</i>	
H8/d9 H9/d9 H11/d11 H7/e8 H8/e8 H7/f7 H7/g6 H7/h6 H8/h7 H8/h8 H11/h11	
<i>Предпочтительные посадки с натягом ЕСДП</i>	
H7/js6, H7/k6, H7/n6, H7/p6, H7/r6, H7/s6, H8/s7, H8/u8,	
<i>Рекомендации по выбору посадок</i>	
H7/h6	Применяют в неподвижных соединениях при их частой разборке. Обеспечивают центрирование.
H8/h7	Используют для центрирующих поверхностей при пониженных требованиях к соосности.
H7/p6	Применяют при сравнительно небольших нагрузках
H7/r6 H7/s6 H8/s7	Используют в соединениях без крепежных деталей при небольших нагрузках и с крепежными деталями при больших нагрузках.
H7/u7 H8/u8	Используют в соединениях без крепежных деталей при значительных нагрузках и с крепежными деталями при очень больших нагрузках.
H7/js6	Применяется для сопряжения стаканов подшипников с корпусами, небольших шкивов и ручных маховичков с валами.
H7/k6	Применяется для сопряжения зубчатых колес, шкивов, маховиков, муфт с валами.
H7/n6	Посадка применяется для сопряжения тяжело нагруженных зубчатых колес, муфт, кривошипов с валами, для установки постоянных кондукторных втулок, штифтов и т. п.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Рекомендуемые посадки в конструкции приспособлений

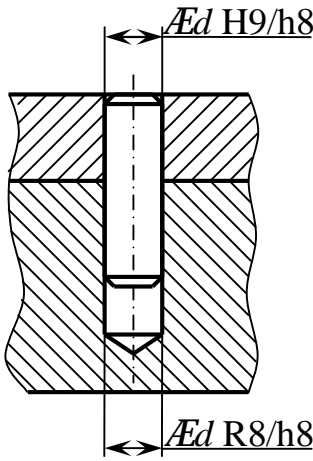
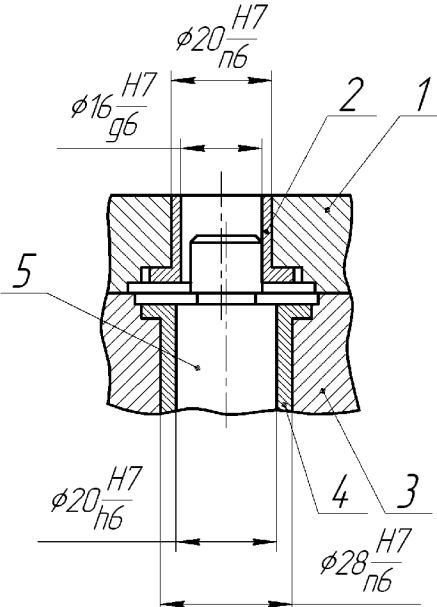
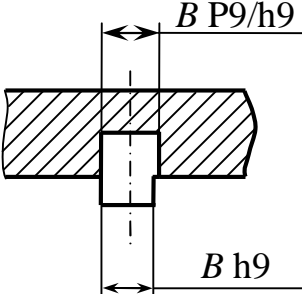
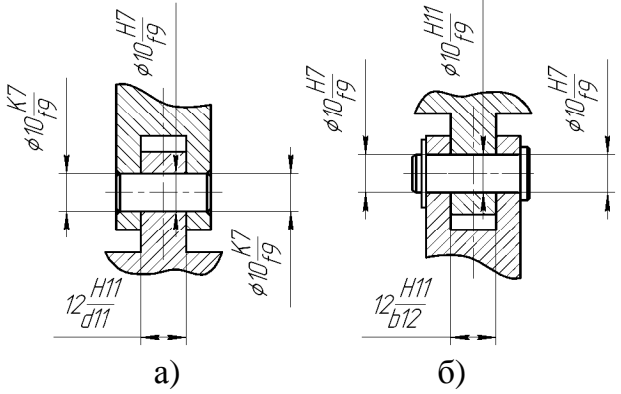
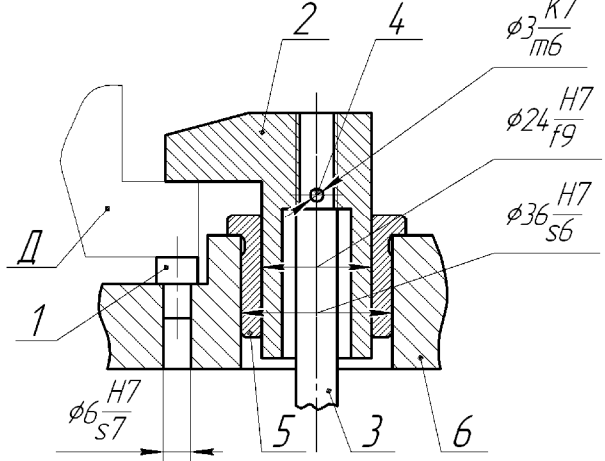
<i>Назначение посадки</i>	<i>Посадка</i>
Установка постоянных опор в отверстия корпуса приспособления	H7/s7
Установка постоянных пальцев в отверстия корпуса приспособления	H7/p6 H7/r6
Установка промежуточных втулок в отверстия корпуса	H7/n6
Установка сменных опор и пальцев в промежуточные втулки	H7/h6
Установка сменных опор в отверстия корпуса приспособления	H7/p6 H7/r6
Установка постоянных кондукторных втулок в отверстия корпуса приспособления	H7/n6
Установка сменных кондукторных втулок в промежуточные втулки корпуса приспособления	H7/m6
Установка быстросменных кондукторных втулок в промежуточные втулки корпуса приспособления	H7/h6
Установка быстросменных кондукторных втулок, подверженных интенсивному нагреву	H7/g6
Сопряжение отверстия кондукторной втулки со сверлом или зенкером	F7/n6
Сопряжение отверстия кондукторной втулки с разверткой	G7/n6
Сопряжение отверстия кондукторной втулки со сверлом, при высоких требованиях к точности расположения изготавливаемых отверстий (0,05 мм и точнее)	H7/n6
Сопряжение цилиндрического фиксатора с втулкой в поворотной части делительного устройства обычной точности	H7/g6
Сопряжение цилиндрического фиксатора с втулкой в поворотной части делительного устройства повышенной точности (в особо точных конструкциях зазор не более 0,01 мм)	H6/n5
Сопряжение цилиндрической части фиксатора с отверстием направляющей втулки	H7/g6 H7/h6
Сопряжение отверстия фиксатора с рабочим штифтом рукоятки делительного устройства	H7/h9
Установка направляющей втулки фиксатора в корпус приспособления	H7/n6
Установка втулок под фиксатор в поворотной части делительных устройств	H7/r6
Сопряжение рабочей поверхности установочных пальцев с отверстиями в заготовках	H7/g6 H7/f7 H8/f7

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Г

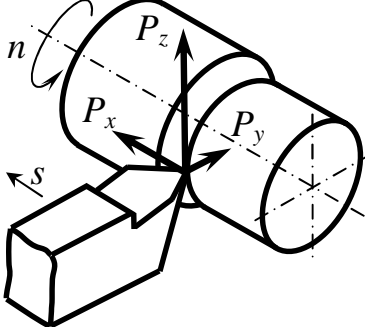
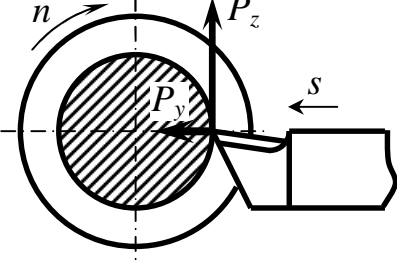
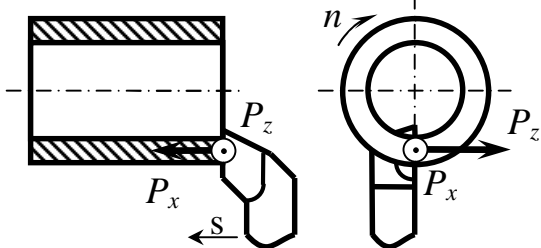
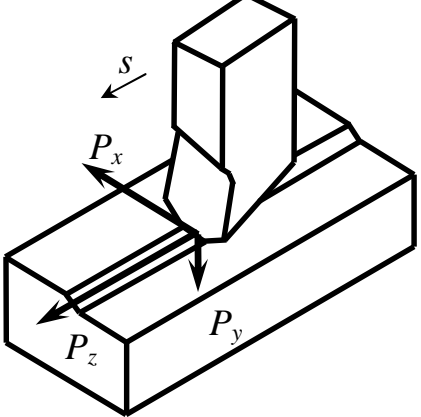
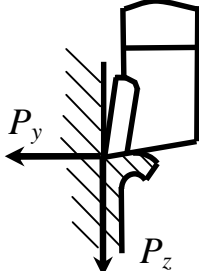
<i>Назначение посадки</i>	<i>Посадка</i>
Установка подвижных пальцев или опор в направляющие отверстия корпуса приспособления	H7/f7 H7/d8
Установка фиксирующего штифта в корпус	R8/h8 H7/m6
Установка деталей на фиксирующий штифт	H9/h8 H9/h9
Установка направляющих штифтов при сборке	K7/h6
Установка центрирующего пальца (для базирования на столе станка) в корпус приспособления	H7/s6 H8/s7
Сопряжение центрирующего пальца с отверстием стола станка при базировании приспособления	H8/h12
Установка круглых шпонок в отверстия корпуса	H7/p6
Сопряжение круглых шпонок с центральным пазом стола станка	H8/h6
Установка базирующих шпонок в пазы корпуса	P9/h9
Установка ручек и рукояток в корпусах и деталях зажимов	H7/p6
Установка деталей на вращающийся вал со шпонкой	H9/h7
Установка откидной шайбы на ось	H11/f9
Установка оси в отверстия откидных прихватов и рычагов	H7/f9
Установка неподвижных осей в опоры, ушки или вилки	K7/f9
Установка подвижных осей в опоры, ушки или вилки	H7/f9 H11/f9
Сопряжение поворотных рычагов (планок, прихватов) с прорезью вилок вдоль оси вращения	H11/b12
Сопряжение поворотных рычагов (планок, прихватов) со стенкой опорных ушек вдоль оси вращения	H11/d11 D11/d11
Установка направляющих втулок для подвижных деталей в корпус приспособления	H7/n6
Установка подвижных деталей (прихватов, штоков, тяг, толкателей и др.) в направляющие втулки корпуса	H7/g6 H8/h6 H8/h7
Установка плунжеров в отверстия корпусов	H7/f9 H7/h6
Установка вращающихся роликов на оси	E8/f9 H11/f9

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

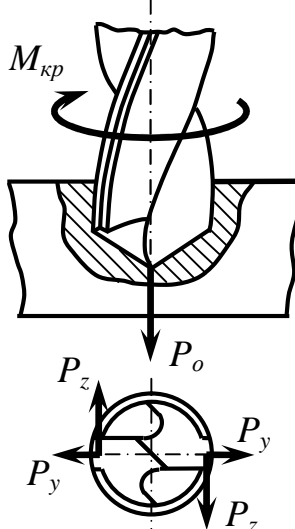
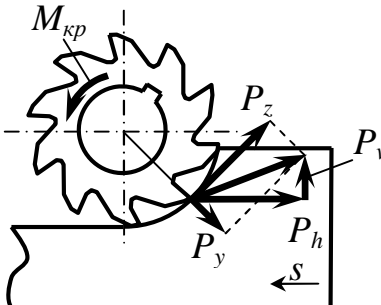
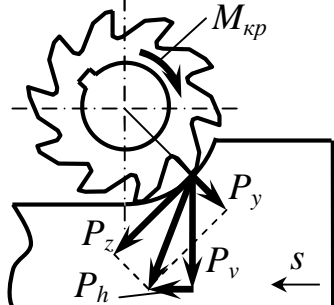
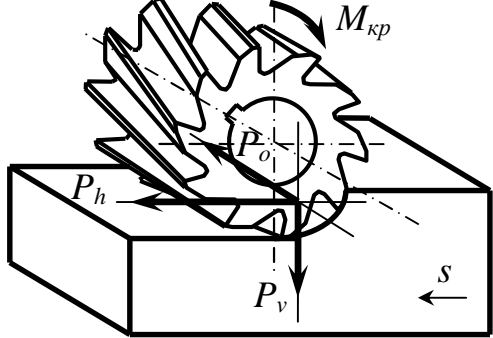
Примеры обозначения некоторых посадок в соединениях
деталей приспособлений

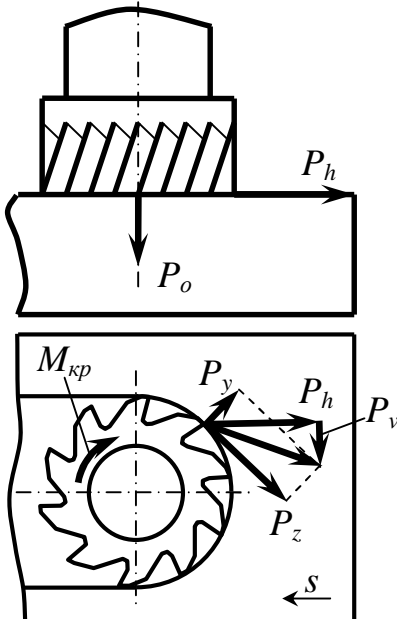
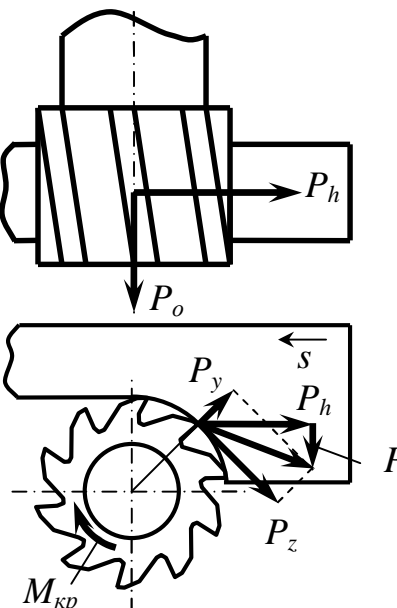
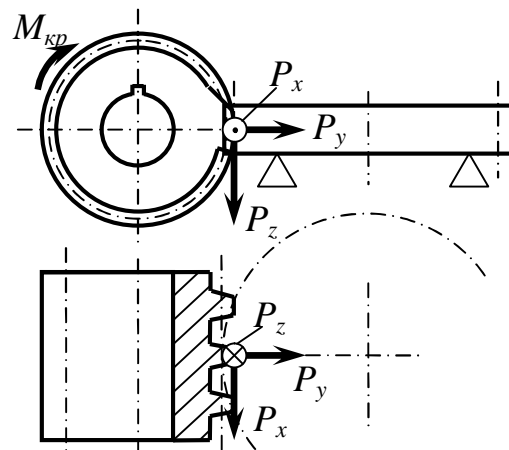
Установка фиксирующих штифтов	Установка цилиндрического фиксатора в корпусе делительного устройства	Установка базирующей шпонки
 <p>d – диаметр штифта</p>	 <p>1 – поворотная часть, 2 – втулка, 3 – корпус, 4 – направляющая втулка, 5 – фиксатор</p>	 <p>B – ширина шпонки</p>
Установка осей и посадки в шарнирных соединениях	Установка подвижной детали (прихвата) в направляющей втулке	
 <p>а) установка рычага на опорное ушко, с запрессовкой оси в отверстия рычага б) установка рычага в вилку со свободной осью</p>	 <p>1 – постоянная опора, 2 – Г-образный прихват, 3 – шпилька (шток), 4 – фиксирующий штифт, 5 – направляющая втулка, 6 – корпус</p>	

Силы, действующие на заготовку в процессе обработки*

Метод обработки и силы, по которым следует проводить расчет	Схема резания
<i>Обработка резцами</i>	
<p style="text-align: center;">Свободное точение</p> <p>(P_z – тангенциальная сила, касательная к поверхности резания; P_x – сила подачи, действующая параллельно оси заготовки; P_y – радиальная сила, направленная перпендикулярно к оси обрабатываемой заготовки)</p>	
<p style="text-align: center;">Разрезание, отрезание, точение канавки резцом</p> <p>(P_x – сила подачи, действующая параллельно оси заготовки; P_y – радиальная сила, направленная перпендикулярно к оси обрабатываемой заготовки)</p>	
<p style="text-align: center;">Точение трубы, подрезка торца резцом</p> <p>(P_z – тангенциальная сила, касательная к поверхности резания; P_x – сила подачи, действующая параллельно оси заготовки)</p>	
<p style="text-align: center;">Строгание</p> <p>(P_z – составляющая, параллельная направлению резания; P_x – составляющая силы резания, действующая в горизонтальном направлении и сдвигающая заготовку; P_y – составляющая силы резания, действующая в вертикальном направлении и прижимающая заготовку к столу)</p>	
<p style="text-align: center;">Долбление</p> <p>(P_z – составляющая, параллельная направлению резания; P_y – радиальная сила, перпендикулярная направлению резания)</p>	

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Е

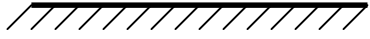

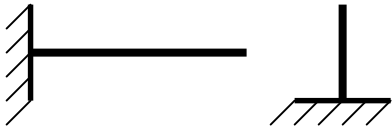
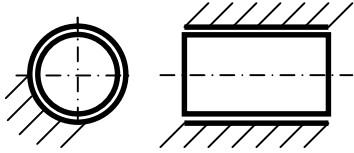
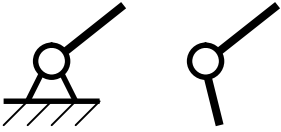
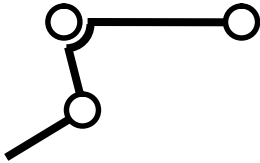


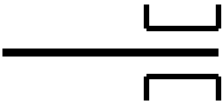
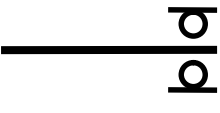
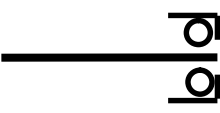
Метод обработки и силы, по которым следует проводить расчет	Схема резания
<i>Обработка осевым мерным инструментом</i>	
<p>Сверление, рассверливание, зенкование, развертывание $(P_o$ – сила, действующая в направлении оси вращения сверла; P_z – тангенциальная сила, касательная к поверхности резания; P_y – радиальная сила, направленная перпендикулярно к оси отверстия обрабатываемой заготовки)</p>	
<i>Фрезерование</i>	
<p>Фрезерование (встречное) дисковой или цилиндрической прямозубой фрезой $(P_h$ – горизонтальная составляющая, направлена навстречу подаче; P_v – вертикальная составляющая, обращена вверх, отрывает заготовку)</p>	
<p>Фрезерование (попутное) дисковой или цилиндрической прямозубой фрезой $(P_h$ – горизонтальная составляющая, действует в направлении подачи; P_v – вертикальная составляющая, направлена вниз, прижимает заготовку)</p>	
<p>Фрезерование (попутное) цилиндрической фрезой с винтовым зубом $(P_h$ – горизонтальная составляющая, действует в направлении подачи; P_v – вертикальная составляющая, направлена вниз, прижимает заготовку; P_o – сила, действующая в направлении оси вращения фрезы)</p>	

Метод обработки и силы, по которым следует проводить расчет	Схема резания
<p>Торцевое фрезерование (встречное) торцевой фрезой или торцевыми зубьями концевой фрезы, фрезерование шпоночной канавки по схеме спуска</p> <p>(P_h – горизонтальная составляющая, действует в направлении подачи; P_v – вертикальная составляющая, направлена вниз, прижимает заготовку; P_o – сила, действующая в направлении оси вращения фрезы)</p>	
<p>Фрезерование (встречное) боковыми зубьями концевой фрезы, фрезерование шпоночной канавки по предварительно просверленному отверстию</p> <p>(P_h – горизонтальная составляющая, действует в направлении подачи; P_v – вертикальная составляющая, направлена вниз, прижимает заготовку; P_o – сила, действующая в направлении оси вращения фрезы)</p>	
<p>Фрезерование зубьев червячной фрезой</p> <p>(P_z – тангенциальная сила, касательная к поверхности резания; P_x – сила подачи, действующая в направлении оси фрезы; P_y – радиальная сила, направленная перпендикулярно к оси обрабатываемой заготовки)</p>	



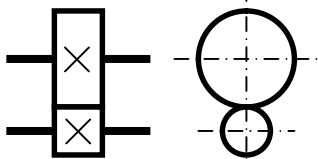
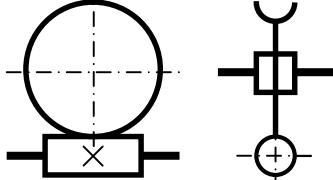
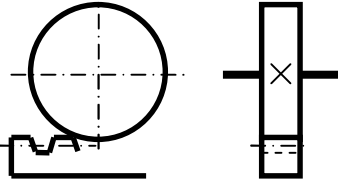



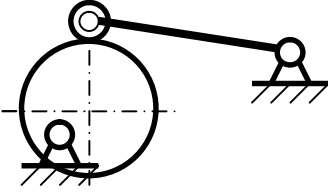

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Е

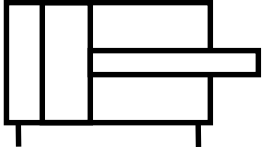
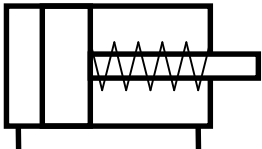
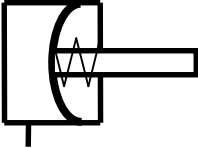
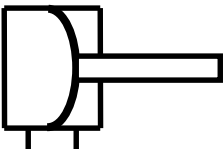
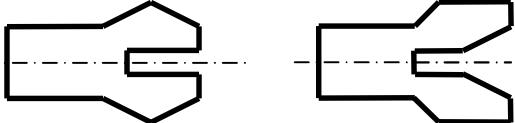
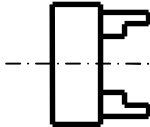
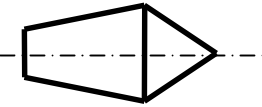





Метод обработки и силы, по которым следует проводить расчет	Схема резания
<i>Шлифование</i>	
<p>Шлифование торцов валов торцом шлифовального круга $(P_{ш}$ – сила шлифования; P_o – сила, действующая в направлении оси шлифовального круга)</p>	
<p>Врезное шлифование периферией круга цилиндрических поверхностей заготовки $(P_{ш}$ – сила шлифования; P_r – радиальная составляющая силы шлифования)</p>	
<p>Шлифование периферией круга плоских поверхностей заготовки $(P_{ш}$ – сила шлифования; P_r – радиальная составляющая силы шлифования)</p>	
<i>Протягивание</i>	
<p>Протягивание отверстия круглой протяжкой $(P_n$ – сила протягивания)</p>	
<p>Протягивание пазов шпоночной протяжкой $(P_n$ – сила протягивания; P_r – радиальная сила протягивания)</p>	
<p>* Указанные в таблице силы соответствуют по величине силам резания, действующим на инструмент, но противоположны им по направлению.</p>	

Обозначение основных элементов на принципиальных схемах [1], [2]
по ГОСТ 2.770-68

<i>Элементы изделия</i>	<i>Графическое обозначение</i>
Поверхности плит корпусов, пластин фундаментов и т. п.	
Валы, валики, оси, стержни, толкатели и т. п.	
Неподвижные звенья, стойки	
Направляющие и установочные отверстия корпусов	
<i>Кинематические пары</i>	
Вращающиеся кинематические пары	
Рычажные механизмы	
<i>Подшипники</i>	
Радиальный подшипник (любой)	
Упорный подшипник (любой)	
Радиальный подшипник скольжения	
Радиальный подшипник качения	
Радиально-упорный подшипник качения	

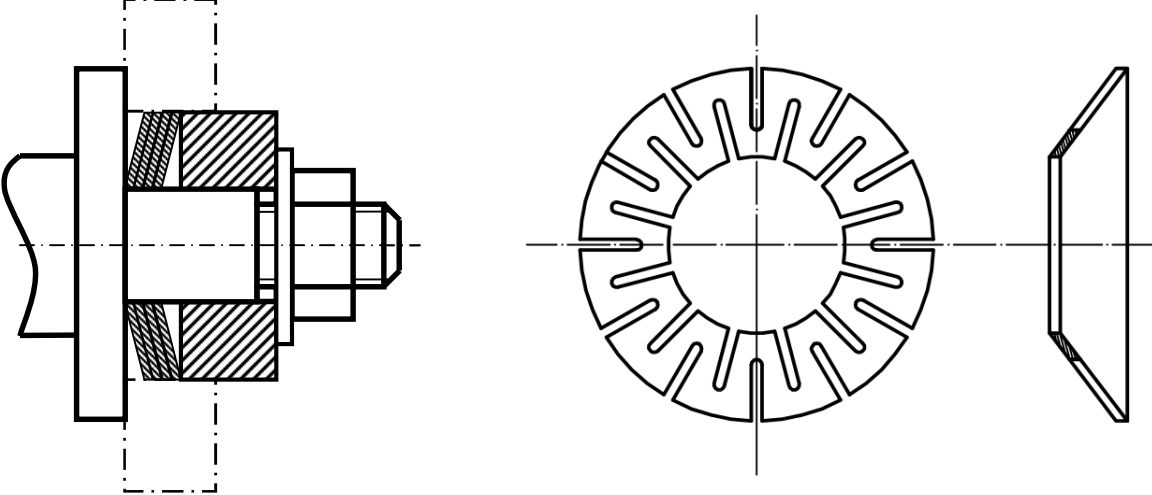
ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Ж

<i>Элементы изделия</i>	<i>Графическое обозначение</i>
<i>Опоры</i>	
Неподвижные опоры	
Подвижные опоры	
<i>Зубчатые передачи</i>	
Внешнее зубчатое зацепление	
Червячная передача	
Зубчато-реечные передачи	
<i>Пружины</i>	
Цилиндрическая пружина сжатия	
Цилиндрическая пружина растяжения	
Винт и гайка, преобразующие вращательное движение в поступательное	
Круглый эксцентрик с роликом и передаточным звеном	
Рукоятки на валу	

<i>Элементы изделия</i>	<i>Графическое обозначение</i>
<i>Силовые приводы</i>	
Пневматический или гидравлический цилиндр двустороннего действия	
Пневматический или гидравлический цилиндр одностороннего действия	
Пневматическая камера с тарельчатой резиноканевой диафрагмой одностороннего действия	
Пневматическая камера с плоской резиновой диафрагмой двустороннего действия	
Патрон цанговый и цанговая оправка	
Патрон кулачковый	
Упорный центр	
<i>Силовые зажимы и опоры (ГОСТ 3.1107-81)</i>	
Одиночный зажим	
Двойной зажим	
Поводковый патрон	
Регулируемая (подводимая) опора	
Плавающая опора	

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

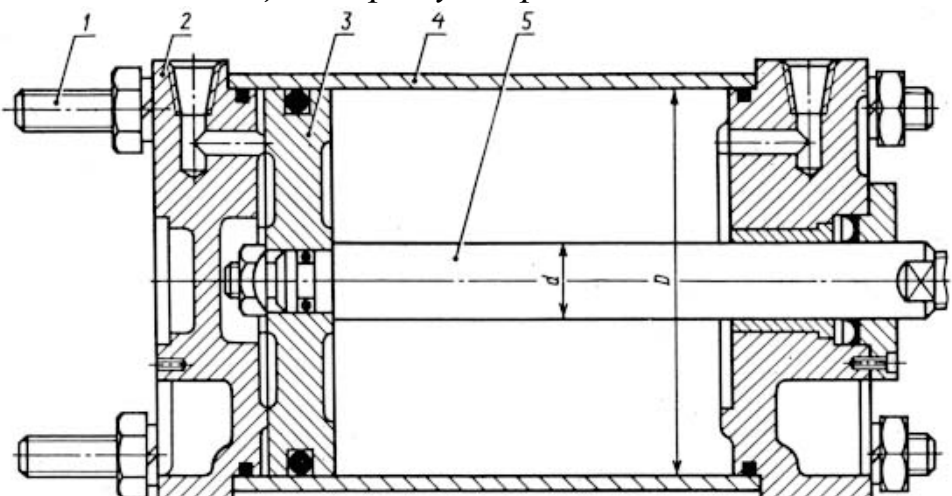
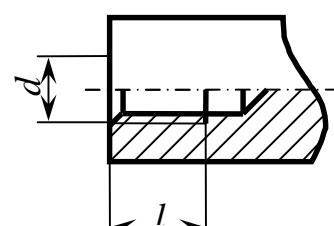
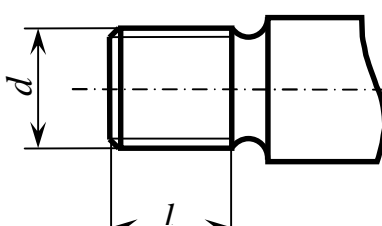
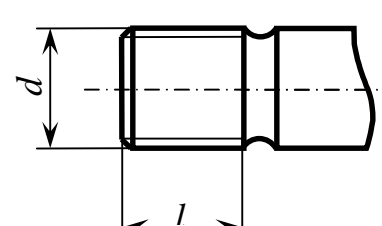
Характеристики тарельчатых пружин для разжимных оправок



<i>Внутренний диаметр d, мм</i>	<i>Наружный диаметр D, мм</i>	<i>Толщина S, мм</i>	<i>Наибольший крутящий момент, передаваемый одним элементом M, Нм</i>	<i>Требуемая осевая сила зажима Q, Н</i>	<i>Допустимое колебание диаметра зажимаемой заготовки</i>
<i>Узкие пружины</i>					
4 – 7	14 – 18	0,5	0,13 – 0,39	130 – 220	0,1
7 – 11	18 – 22	0,5	0,39 – 0,95	220 – 350	0,1
10 – 13	22 – 27	0,5	0,80 – 1,80	320 – 470	0,1
13 – 15	27 – 32	0,75	1,20 – 2,70	470 – 700	0,15
15 – 20	32 – 37	0,75	2,70 – 4,80	700 – 1000	0,15
20 – 25	37 – 42	0,75	4,80 – 7,50	1000 – 1200	0,15
25 – 30	42 – 47	0,75	7,50 – 10,80	1200 – 1400	0,15
30 – 35	47 – 52	0,75	10,80 – 14,70	1400 – 1700	0,15
35 – 45	52 – 57	0,75	14,70 – 19,00	1700 – 1900	0,15
40 – 45	57 – 62	0,75	19,00 – 24,00	1900 – 2100	0,15
45 – 50	62 – 67	0,75	24,00 – 30,00	2100 – 2400	0,15
50 – 55	67 – 70	0,75	30,00 – 36,00	2400 – 2600	0,15
<i>Широкие пружины</i>					
45 – 50	70 – 75	1,0	31,40 – 39,00	2850 – 3150	0,2
50 – 55	75 – 80	1,0	39,00 – 47,00	3150 – 3450	0,2
55 – 60	80 – 85	1,0	47,00 – 56,00	3450 – 3800	0,2
60 – 65	85 – 90	1,0	56,00 – 65,50	3800 – 4100	0,2
65 – 70	90 – 95	1,0	65,50 – 75,00	4100 – 4400	0,2
70 – 75	95 – 100	1,0	75,00 – 87,00	4400 – 4750	0,2
75 – 80	100 – 105	1,0	87,00 – 100,00	4750 – 5050	0,2
80 – 85	105 – 110	1,0	100,00 – 113,00	5050 – 5350	0,2
85 – 90	110 – 115	1,0	113,00 – 127,00	5350 – 5650	0,2
90 – 95	115 – 120	1,0	127,00 – 141,00	5650 – 6000	0,2
95 – 100	120 – 125	1,0	141,00 – 157,00	6000 – 6300	0,2
100 – 105	125 – 130	1,0	157,00 – 173,00	6300 – 6600	0,2

ПРИЛОЖЕНИЕ И

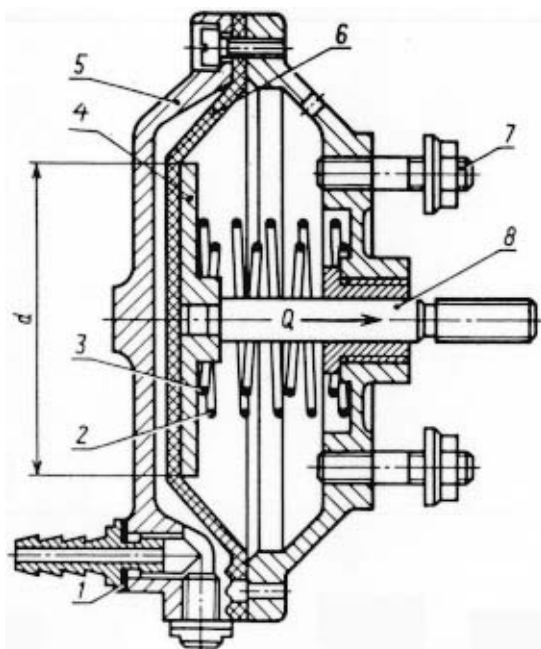
Параметры пневмо- и гидроцилиндров по ГОСТ 6540-68

<i>Пневмоцилиндр двустороннего действия</i>		
		
1 – крепежные шпильки, 2 – крышка цилиндра, 3 – поршень, 4 – корпус цилиндра, 5 – шток		
<i>Диаметры цилиндров (поршней) D, мм</i>		
<i>Основной ряд</i>	<i>Дополнительный ряд</i>	
10 12 16 20 25 32 40 50 63 80 100 125 160 200 250 320 400 500 630 800	36 45 56 70 90 110 140 180 220 280 360 450 560 710 900	
<i>Диаметры штоков d, мм</i>		
<i>Основной ряд</i>	<i>Дополнительный ряд</i>	
4 5 6 8 10 12 16 20 25 32 40 50 63 80 100 125 160 200 250 320 400 500 630 800	14 18 22 28 36 45 56 70 90 110 140 180 220 280 360 450 560 710 900	
<i>Номинальные давления p, МПа</i>		
<i>Для пневмоцилиндров</i>	<i>Для гидроцилиндров</i>	
0,63 1,0 1,6	0,63 1,0 1,6 2,5 6,3 10 16 20 25 32 40 50 63	
<i>Варианты исполнения штоков</i>		
С внутрен- ней резьбой	С наружной резь- бой и уступом	С наружной резь- бой без уступа
		
<i>Рекомендуемые номиналы резьбы</i>		
М3, М4, М5, М6, М8, М10, М12, М14, М16, М18, М20, М22, М24, М27, М30, М33, М36, М42, М48, М56, М64		

ПРИЛОЖЕНИЕ К

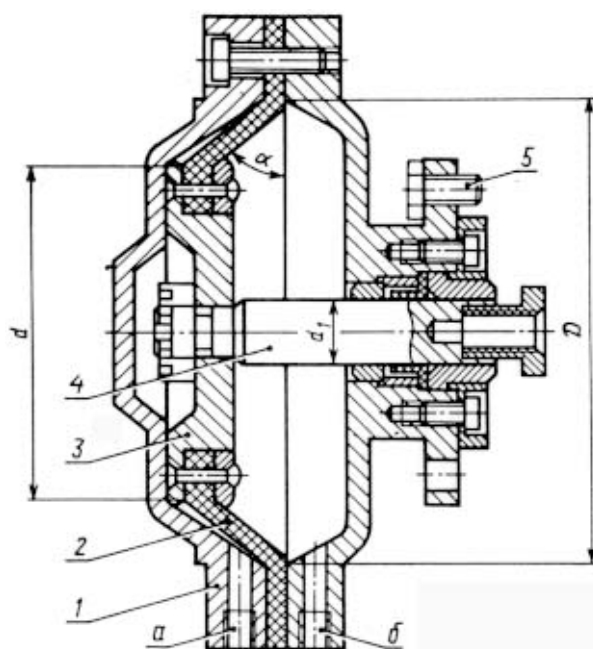
Параметры диафрагменных пневматических камер

*Пневмокамера
одностороннего действия*



1 – штуцер, 2, 3 – пружины, 4 – опорный диск, 5 – корпус, 6 – диафрагма, 7 – крепежные элементы, 8 – шток

*Пневмокамера
двустороннего действия*



1 – корпус, 2 – диафрагма, 3 – диск, 4 – шток, 5 – крепежные элементы, а, б – отверстия для подвода воздуха

Наружный диаметр корпуса, мм

175

200

230

Диаметр диафрагмы D, мм

130

148

178

Диаметр опорной тарели, d, мм

80

88

120

Ход штока l, мм

30

35

40

Диаметр штока d₁, мм

16

16

20

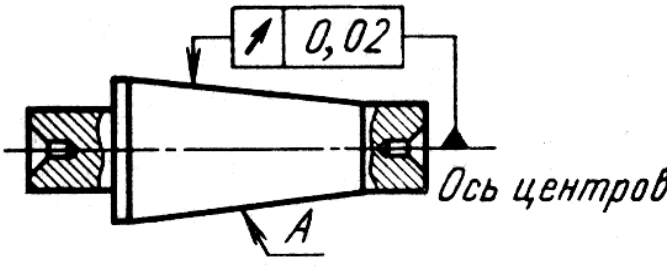
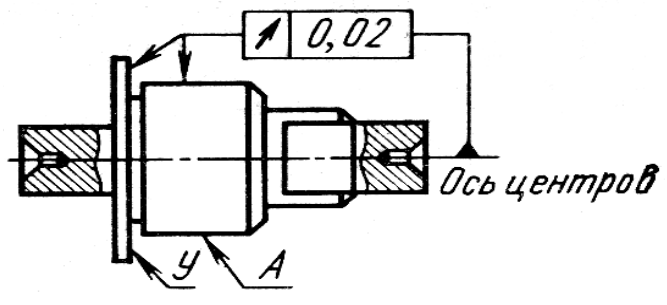
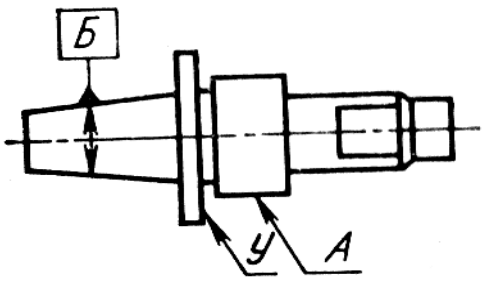
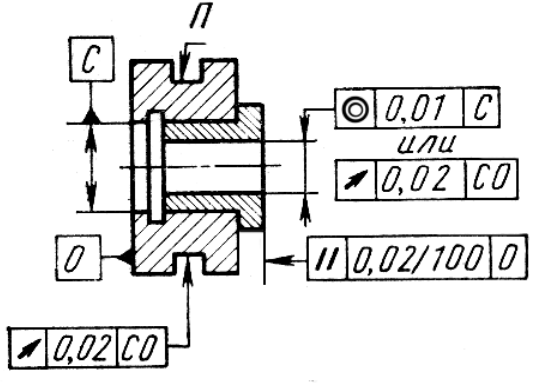
Наибольшая сила на штоке Q, Н

2750

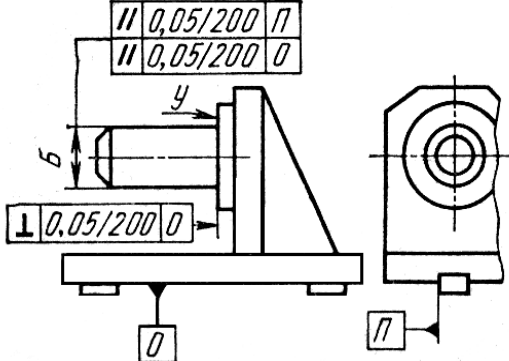
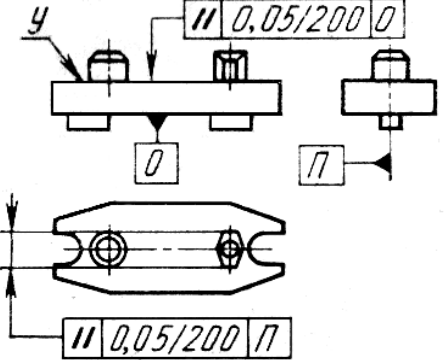
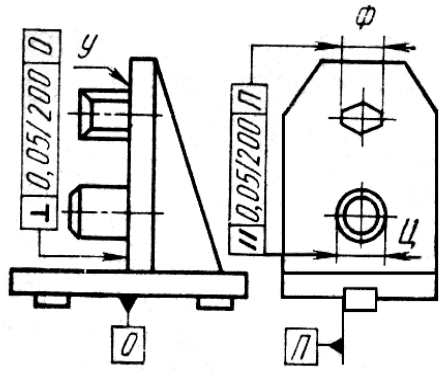
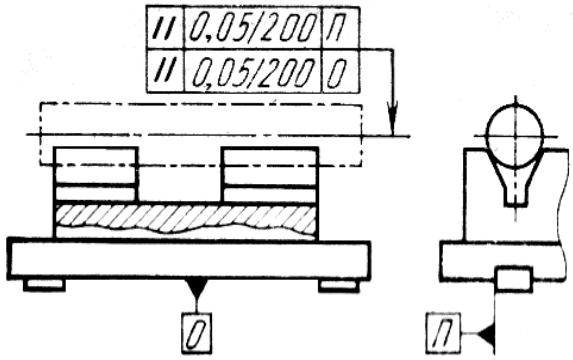
3250

6000

Рекомендуемые технические требования к приспособлениям [22]

Компоновка приспособления	Технические требования
	<p>Допуск радиального биения поверхности <i>A</i> относительно оси центровых отверстий 0,02 мм.</p>
	<p>Допуск радиального биения поверхности <i>A</i> и торцового биения поверхности <i>У</i> относительно оси центровых отверстий 0,02 мм.</p>
	<p>Допуск радиального биения поверхности <i>A</i> и торцового биения поверхности <i>У</i> относительно оси поверхности <i>Б</i> 0,02 мм.</p>
	<p>Допуск радиального биения поверхности <i>П</i> относительно оси поверхности <i>С</i> с упором в торец <i>О</i> 0,02 мм.</p> <p>Допуск соосности поверхности <i>У</i> относительно поверхности <i>С</i> 0,01 мм или допуск радиального биения поверхности <i>П</i> относительно оси поверхности <i>С</i> с упором в торец <i>О</i> 0,02 мм.</p> <p>Допуск параллельности поверхности <i>Б</i> относительно поверхности <i>О</i> 0,01 мм.</p>

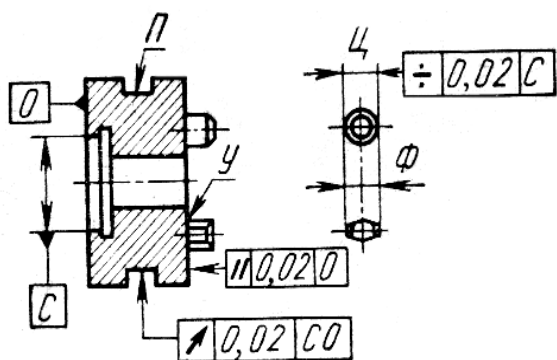
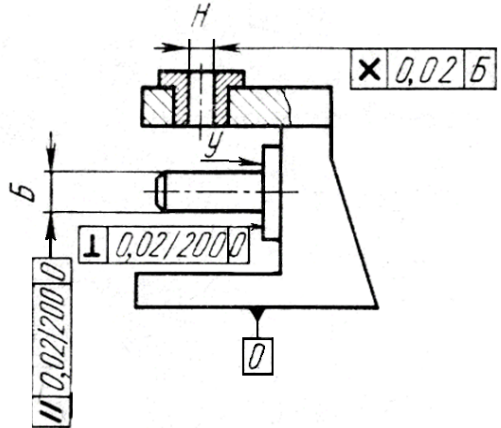
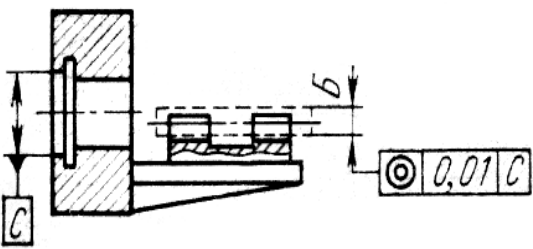
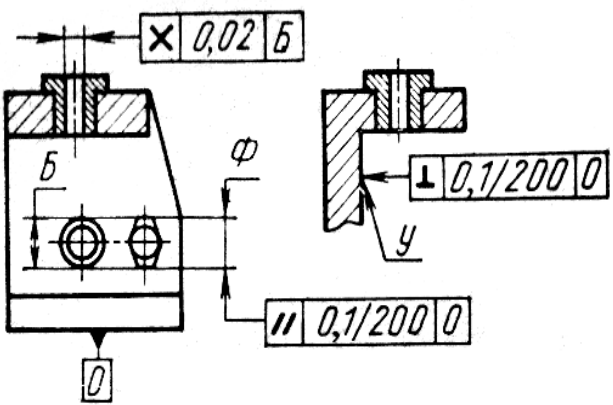
ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

Компоновка приспособления	Технические требования
	<p>Допуск параллельности оси поверхности <i>Б</i> относительно плоскости <i>О</i> 0,02 мм на длине 200 мм.</p> <p>Допуск параллельности оси поверхности <i>Б</i> относительно плоскости <i>П</i> 0,05 мм на длине 200 мм.</p> <p>Допуск перпендикулярности поверхности <i>У</i> относительно плоскости <i>О</i> 0,05 мм на длине 200 мм.</p>
	<p>Допуск параллельности общей оси поверхностей пальцев <i>Ц</i> и <i>Ф</i> относительно поверхности <i>П</i> 0,05 мм на длине 200 мм.</p> <p>Допуск параллельности поверхности <i>У</i> относительно плоскости <i>О</i> 0,005 мм на длине 200 мм.</p>
	<p>Допуск параллельности общей оси поверхностей пальцев <i>Ц</i> и <i>Ф</i> относительно поверхности <i>П</i> 0,05 мм на длине 200 мм.</p> <p>Допуск перпендикулярности поверхности <i>У</i> относительно плоскости <i>О</i> 0,05 мм на длине 200 мм.</p>
	<p>Допуск параллельности оси контрольного валика относительно поверхности <i>П</i> 0,05 мм на длине 200 мм.</p> <p>Допуск параллельности оси контрольного валика относительно плоскости <i>О</i> 0,05 мм на длине 200 мм.</p>

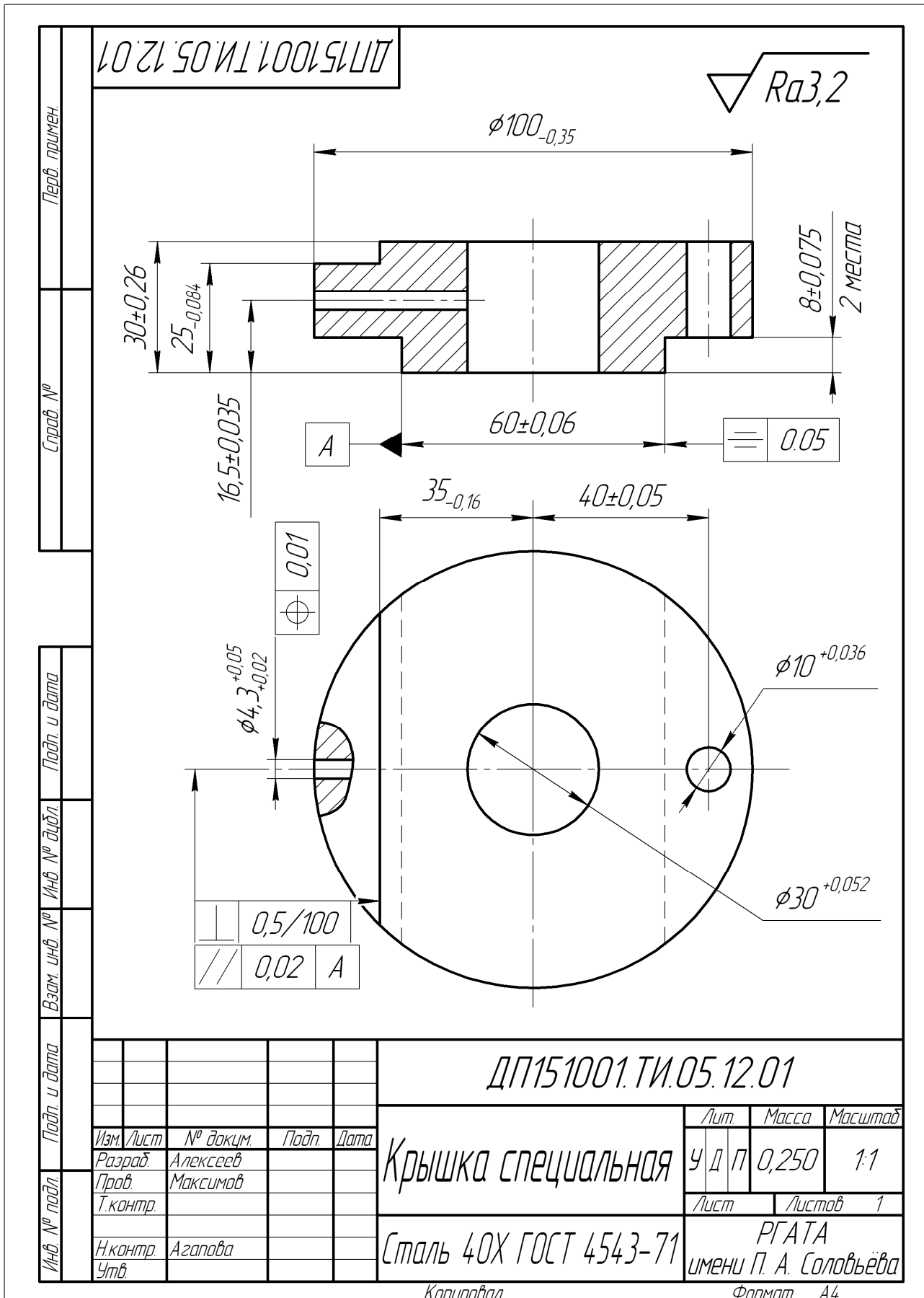
ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

Компоновка приспособления	Технические требования
	<p>Допуск радиального биения поверхности P относительно оси поверхности C с упором в торец O 0,02 мм.</p> <p>Допуск перпендикулярности поверхности U относительно поверхности O 0,02 мм на 200 мм длины.</p> <p>Допуск пересечения осей поверхности B относительно поверхности C 0,02 мм.</p> <p>Допуск перпендикулярности оси поверхности B к плоскости U 0,02 мм на 200 мм длины.</p>
	<p>Допуск несовпадения плоскости, проходящей через оси пальцев Ψ и Φ, с осью отверстия C 0,02 мм.</p> <p>Допуск перпендикулярности плоскости U относительно поверхности O 0,02 мм на длине 200 мм.</p> <p>Допуск радиального биения поверхности P относительно оси отверстия C с упором в торец O 0,02 мм.</p>
	<p>Позиционный допуск осей отверстий H относительно номинального положения не более 0,02 мм.</p> <p>Допуск перпендикулярности осей отверстий H относительно поверхности U 0,02 мм на длине 200 мм.</p> <p>Допуск перпендикулярности поверхности U относительно оси пальца B 0,05 мм на длине 200 мм.</p>

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Л

Компоновка приспособления	Технические требования
	<p>Допуск радиального биения поверхности <i>П</i> относительно оси поверхности <i>С</i> с упором в торец <i>О</i> 0,02 мм.</p> <p>Допуск параллельности поверхности <i>У</i> относительно поверхности <i>О</i> 0,02 мм.</p> <p>Допуск симметричности общей плоскости осей поверхностей <i>Ц</i> и <i>Ф</i> относительно поверхности <i>С</i> 0,02 мм.</p>
	<p>Допуск параллельности оси поверхности <i>Б</i> относительно поверхности <i>О</i> 0,02 мм на 200 мм длины.</p> <p>Допуск перпендикулярности поверхности <i>У</i> относительно поверхности <i>О</i> 0,02 мм на 200 мм длины.</p> <p>Допуск пересечения осей поверхностей <i>Н</i> относительно <i>Б</i> 0,02 мм.</p>
	<p>Допуск соосности поверхности <i>Б</i> относительно <i>С</i> 0,01 мм.</p>
	<p>Допуск параллельности общей оси поверхностей пальцев <i>Б</i> и <i>Ф</i> относительно поверхности <i>О</i> 0,1 мм на 200 мм длины.</p> <p>Допуск перпендикулярности поверхности <i>У</i> относительно поверхности <i>О</i> 0,1 мм на 200 мм длины.</p> <p>Допуск пересечения осей поверхностей <i>Н</i> относительно поверхности <i>Б</i> 0,02 мм.</p>

Чертеж детали «Крышка специальная»



Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №	Изм. №

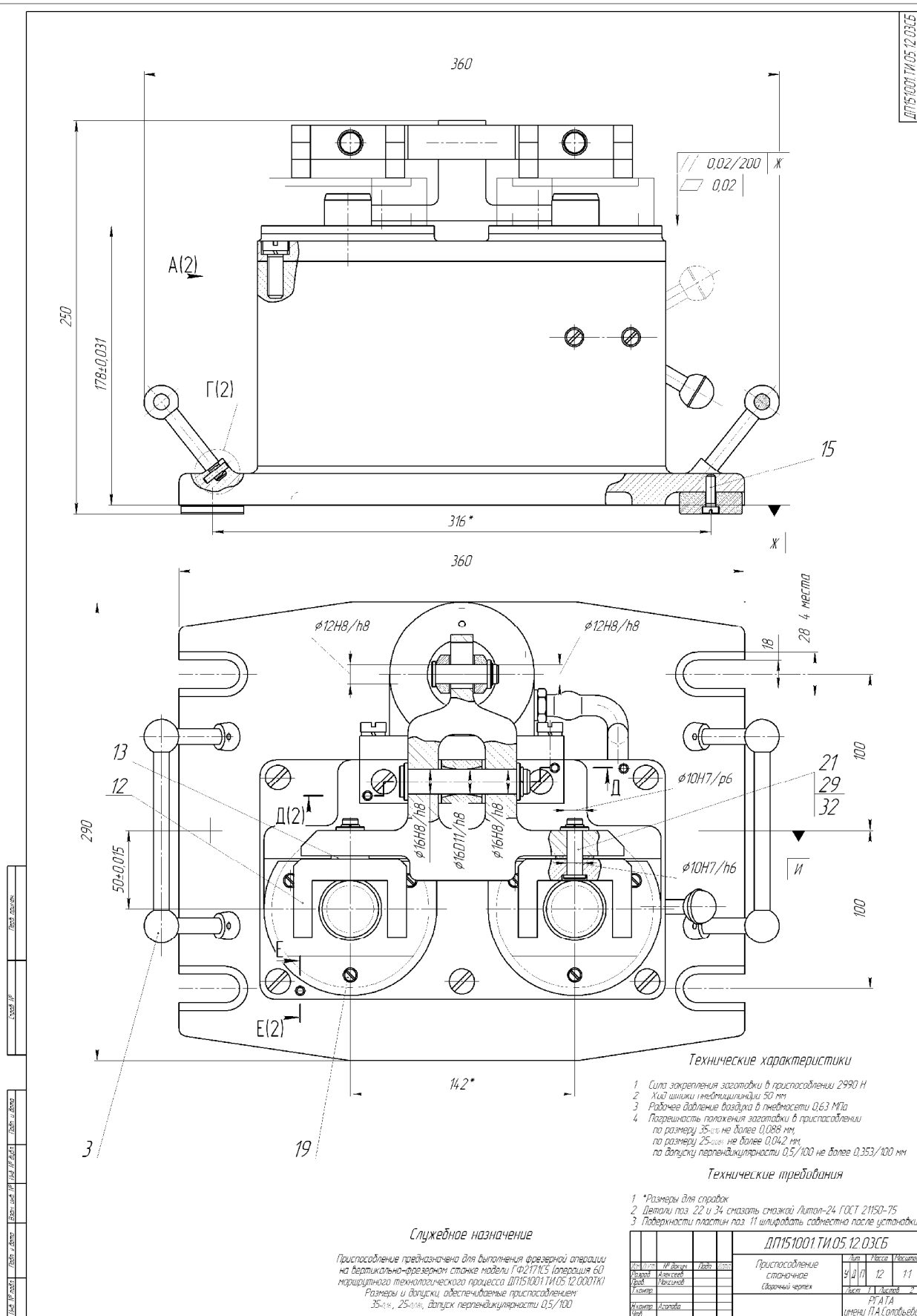
ДП151001.ТИ.05.12.01					Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	У	Д	П
Разраб.	Алексеев				0,250	1:1	
Проб.	Максимов				Лист	Листов	1
Т.контр.							
Изм. №	Агапова				Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		
Утв.					РГАТА имени П. А. Соловьёва		

Копировал

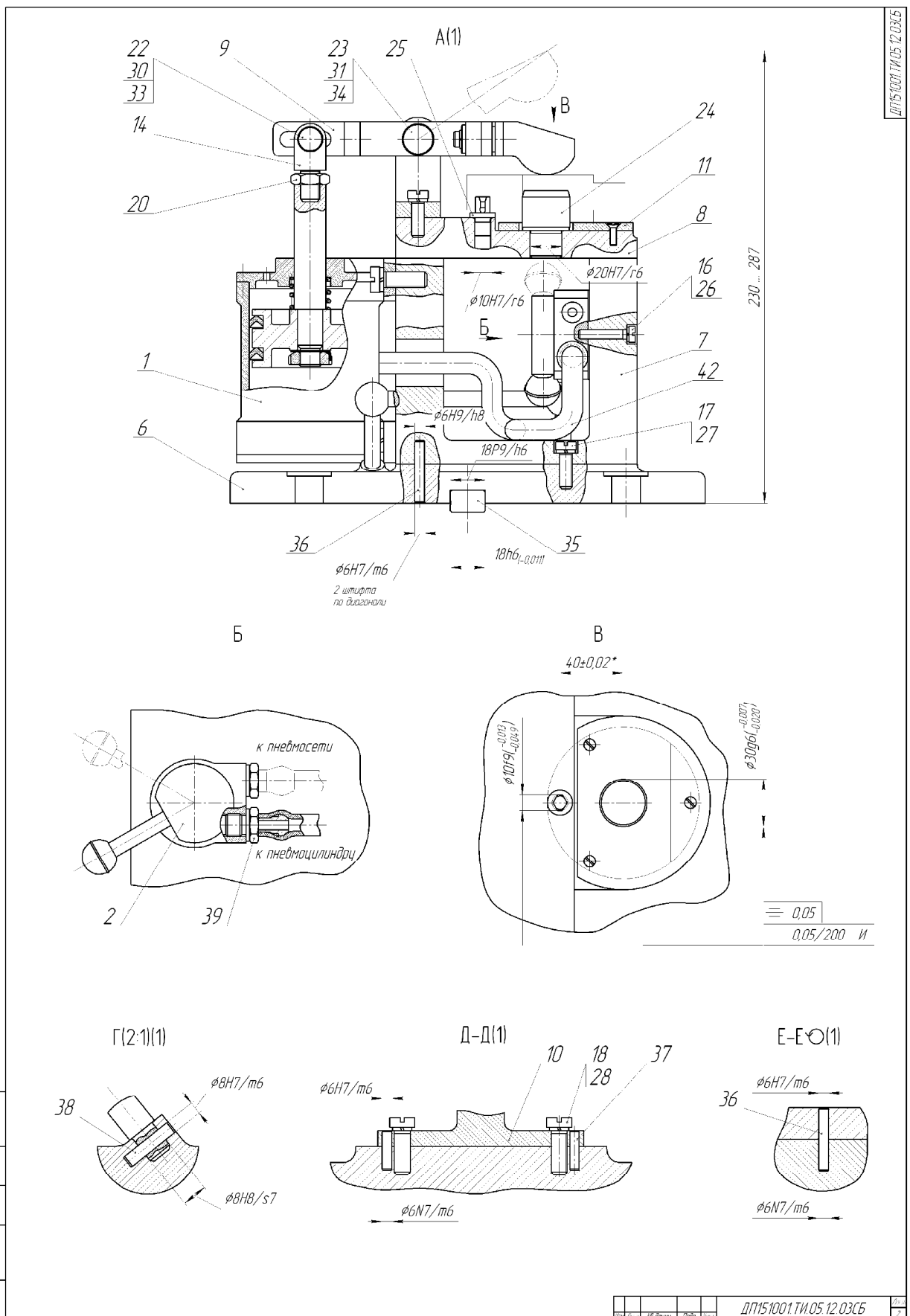
Формат А4

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Пример выполнения первого листа сборочного чертежа станочного приспособления



Пример выполнения второго листа сборочного чертежа
станочного приспособления



ПРИЛОЖЕНИЕ П

Пример выполнения первого листа спецификации
станочного приспособления

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание																									
<i>Документация</i>																															
A1			ДП151001.ТИ.05.12.03СБ	Сборочный чертеж																											
<i>Сборочные единицы</i>																															
	1		ДП151001.ТИ.05.12.03.01	Цилиндр пневматический	1																										
	2		ДП151001.ТИ.05.12.03.02	Кран распределительный	1																										
	3		ДП151001.ТИ.05.12.03.03	Ручка	2																										
<i>Детали</i>																															
	6		ДП151001.ТИ.05.12.03-001	Плита	1																										
	7		ДП151001.ТИ.05.12.03-002	Корпус	1																										
	8		ДП151001.ТИ.05.12.03-003	Крышка	1																										
	9		ДП151001.ТИ.05.12.03-004	Зажим рычажный	1																										
	10		ДП151001.ТИ.05.12.03-005	Кронштейн	1																										
	11		ДП151001.ТИ.05.12.03-006	Пластина установочная	2																										
	12		ДП151001.ТИ.05.12.03-007	Прихват специальный	2																										
	13		ДП151001.ТИ.05.12.03-008	Шайба	2																										
ДП151001.ТИ.05.12.03																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Изм.</th> <th>Лист</th> <th>№ докум.</th> <th>Подп.</th> <th>Дата</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Алексеев</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td></td> <td>Максимов</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td>Агапова</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.		Алексеев			Проб.		Максимов			Н.контр.		Агапова			Утв.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																											
Разраб.		Алексеев																													
Проб.		Максимов																													
Н.контр.		Агапова																													
Утв.																															
Приспособление станочное					Лит.	Лист	Листов																								
					УД\П	1	2																								
					РГАТА имени П.А.Соловьёва																										

Пример выполнения второго листа спецификации
станочного приспособления

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Стандартные изделия</i>		
		14		<i>Вилка 7018-0348 ГОСТ 4738-67</i>	1	
		15		<i>Винт М6 х 20 ГОСТ 1491-80</i>	2	
		16		<i>Винт М6 х 32 ГОСТ 1491-80</i>	2	
		17		<i>Винт М8 х 25 ГОСТ 1491-80</i>	6	
		18		<i>Винт М10 х 30 ГОСТ 1491-80</i>	11	
		19		<i>Винт М4 х 14 ГОСТ 17475-80</i>	6	
		20		<i>Гайка М14 ГОСТ 5929-70</i>	1	
		21		<i>Ось 8-10 х 36 ГОСТ 9650-80</i>	2	
		22		<i>Ось 8-12 х 40 ГОСТ 9650-80</i>	1	
		23		<i>Ось 8-16 х 80 ГОСТ 9650-80</i>	1	
		24		<i>Палец 7030-0910 30г6 ГОСТ 12209-66</i>	2	
		25		<i>Палец 7030-0925 10f9 ГОСТ 12210-66</i>	2	
		26		<i>Шайба 6 65Г ГОСТ 6402-70</i>	2	
		27		<i>Шайба 8 65Г ГОСТ 6402-70</i>	6	
		28		<i>Шайба 10 65Г ГОСТ 6402-70</i>	11	
		29		<i>Шайба 10 ГОСТ 9065-75</i>	2	
		30		<i>Шайба 12 ГОСТ 9065-75</i>	1	
		31		<i>Шайба 16 ГОСТ 9065-75</i>	1	
		32		<i>Шайба 7.65Г ГОСТ 11648-75</i>	1	
		33		<i>Шайба 9.65Г ГОСТ 11648-75</i>	1	
		34		<i>Шайба 12.65Г ГОСТ 11648-75</i>	1	
		35		<i>Шпонка 7031-0610 ГОСТ 14737-69</i>	2	
		36		<i>Штифт 6 х 40 т6 ГОСТ 3128-70</i>	4	
		37		<i>Штифт 6 х 50 т6 ГОСТ 3128-70</i>	2	
		38		<i>Штифт 8 х 36 т6 ГОСТ 3128-70</i>	4	
		39		<i>Штуцер 8 ГОСТ 24488-80</i>	3	
				<i>Материалы</i>		
		42		<i>Рукав 8х15-1,0 ГОСТ 10362-76</i>	0,25	м
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	<i>ДП151001.ТИ.05.12.03</i>	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
						2

ПРИЛОЖЕНИЕ С

Указатель стандартов на основные детали
и элементы приспособлений

Болты к пазам станочным обработанным.	ГОСТ 13152-67
Болты откидные.	ГОСТ 14724-69
Вилки с резьбовым отверстием.	ГОСТ 12470-67
Вилки с резьбовым хвостиком.	ГОСТ 4738-67
Винты нажимные с концом под пята для приспособлений.	ГОСТ 13429-68
Винты нажимные с накатанной головкой.	ГОСТ 14731-69
Винты нажимные с отверстием под рукоятку и концом под пята для станочных приспособлений.	ГОСТ 13433-68
Винты нажимные с отверстием под рукоятку и цилиндрическим концом для станочных приспособлений.	ГОСТ 13432-68
Винты нажимные с рукояткой звездообразной.	ГОСТ 12463-67
Винты нажимные с рукояткой и концом под пята для станочных приспособлений.	ГОСТ 13431-68
Винты нажимные с рукояткой и цилиндрическим концом для станочных приспособлений.	ГОСТ 13430-68
Винты нажимные с цилиндрическим концом для станочных приспособлений.	ГОСТ 13428-68
Винты нажимные с цилиндрическим концом и шестигранным углублением "под ключ" для станочных приспособлений.	ГОСТ 9051-68
Винты нажимные с шестигранной головкой и концом под пята для станочных приспособлений.	ГОСТ 13435-68
Винты нажимные с шестигранной головкой и цилиндрическим концом для станочных приспособлений.	ГОСТ 13434-68
Втулки к Г-образным прихватам.	ГОСТ 9059-69
Втулки кондукторные быстросменные.	ГОСТ 18432-73
Втулки кондукторные постоянные с буртиком.	ГОСТ 18430-73
Втулки кондукторные постоянные.	ГОСТ 18429-73
Втулки кондукторные сменные без буртика.	ГОСТ 15362-73
Втулки кондукторные сменные.	ГОСТ 18431-73
Втулки конические для фиксаторов станочных приспособлений.	ГОСТ 13157-67
Втулки промежуточные с буртиком.	ГОСТ 18434-73
Втулки промежуточные.	ГОСТ 18433-73
Гайки крыльчатые.	ГОСТ 3385-69
Гайки с накаткой..	ГОСТ 14726-69
Гайки с отверстием под рукоятку для приспособлений.	ГОСТ 13427-68
Гайки с рукояткой для станочных приспособлений.	ГОСТ 13426-68
Кулачки эксцентриковые круглые для приспособлений.	ГОСТ 9061-68
Лапки для станочных приспособлений.	ГОСТ 12961-67
Опоры плоские.	ГОСТ 16896-71
Опоры под нажимные винты для прихватов.	ГОСТ 12480-67
Опоры под эксцентрики и нажимные винты для приспособлений.	ГОСТ 9053-68
Опоры постоянные с насеченной головкой.	ГОСТ 13442-68
Опоры постоянные с плоской головкой.	ГОСТ 13440-68
Опоры постоянные со сферической головкой.	ГОСТ 13441-68

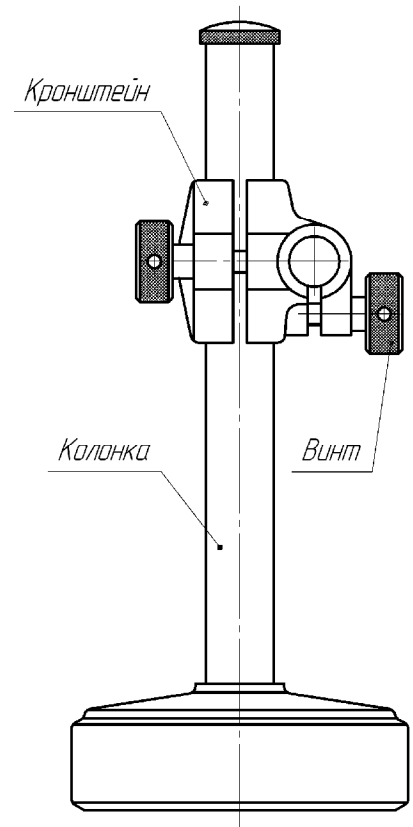
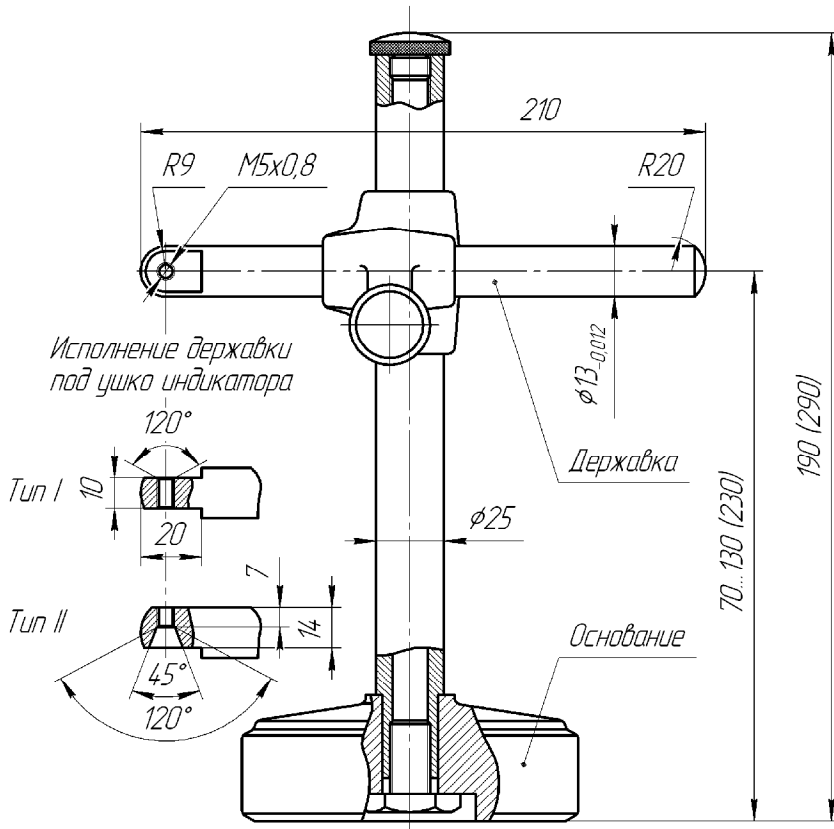
ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ С

Опоры регулируемые для станочных приспособлений.	ГОСТ 4084-68
Опоры регулируемые с круглой головкой.	ГОСТ 4086-68
Опоры регулируемые с шаровой головкой.	ГОСТ 12481-67
Опоры регулируемые с шестигранной головкой.	ГОСТ 4085-68
Опоры самоустанавливающиеся.	ГОСТ 13159-67
Оправки шлицевые прямобочные конические центровые.	ГОСТ 18437-73
Оправки шлицевые прямобочные центровые.	ГОСТ 18438-73
Оправки шлицевые прямобочные шпиндельные.	ГОСТ 18440-73
Оси потайные.	ГОСТ 12469-67
Планки откидные.	ГОСТ 14735-69
Планки съемные.	ГОСТ 14736-69
Пластины опорные для станочных приспособлений.	ГОСТ 4743-68
Пластины опорные к установочным пальцам.	ГОСТ 17776-72
Плиты стальные для станочных приспособлений.	ГОСТ 12947-67
Плунжеры.	ГОСТ 12483-67
Болты быстросъемные к станочным пазам.	ГОСТ 12201-66
Винты с канавкой для пружин растяжения.	ГОСТ 12199-66
Втулки для фиксаторов и установочных пальцев.	ГОСТ 12215-66
Втулки с буртиком для фиксаторов и установочных пальцев.	ГОСТ 12214-66
Колодки направляющие.	ГОСТ 12198-66
Колодки эксцентриковые вильчатые.	ГОСТ 12191-66
Кулачки эксцентриковые.	ГОСТ 12189-66
Ножки высокие.	ГОСТ 12204-72
Ножки низкие.	ГОСТ 12205-66
Опоры шаровые.	ГОСТ 12216-66
Пальцы установочные срезанные постоянные.	ГОСТ 12210-66
Пальцы установочные срезанные сменные.	ГОСТ 12212-66
Пальцы установочные цилиндрические постоянные.	ГОСТ 12209-66
Пальцы установочные цилиндрические сменные.	ГОСТ 12211-66
Призмы неподвижные.	ГОСТ 12196-66
Призмы опорные.	ГОСТ 12195-66
Призмы подвижные.	ГОСТ 12193-66
Призмы с боковым креплением.	ГОСТ 12197-66
Призмы установочные.	ГОСТ 12194-66
Шпонки призматические скользящие сборные.	ГОСТ 12208-66
Прихваты Г-образные.	ГОСТ 14733-69
Прихваты изогнутые универсальные для приспособлений.	ГОСТ 12942-67
Прихваты корытообразные для станочных приспособлений.	ГОСТ 12941-67
Прихваты откидные.	ГОСТ 4736-69
Прихваты передвижные вилкообразные для приспособлений.	ГОСТ 12940-67
Прихваты передвижные изогнутые для приспособлений.	ГОСТ 12938-67
Прихваты передвижные плоские для станочных приспособлений.	ГОСТ 12937-67
Прихваты передвижные ступенчатые для приспособлений.	ГОСТ 12939-67
Прихваты передвижные фасонные.	ГОСТ 14732-69
Прихваты передвижные шарнирные.	ГОСТ 9058-69
Прихваты передвижные.	ГОСТ 4735-69

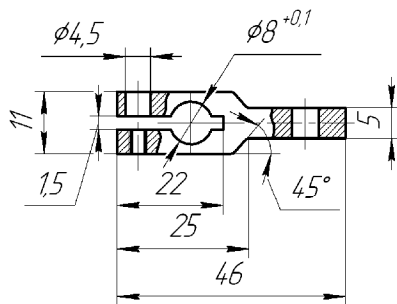
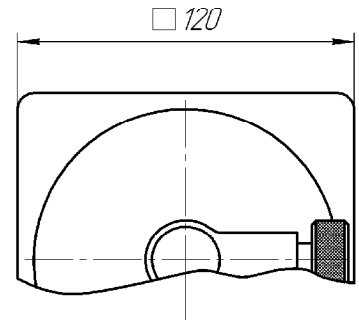
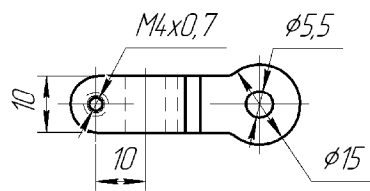
ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ С

Прихваты поворотные.	ГОСТ 4734-69
Пружины сжатия для станочных приспособлений.	ГОСТ 13165-67
Пяты для нажимных винтов станочных приспособлений.	ГОСТ 13436-68
Пяты увеличенные для нажимных винтов приспособлений.	ГОСТ 13437-68
Рукоятки неподвижные.	ГОСТ 17779-72
Рукоятки подвижные для станочных приспособлений.	ГОСТ 13447-68
Рукоятки с шаровой головкой.	ГОСТ 3055-69
Рукоятки с шаровой ручкой.	ГОСТ 8924-69
Рукоятки цилиндрические.	ГОСТ 8923-69
Рукоятки штурвальные.	ГОСТ 14741-69
Ручки с винтовым креплением.	ГОСТ 12485-67
Ручки со штифтовым креплением.	ГОСТ 12486-67
Рычаги вильчатые.	ГОСТ 12476-67
Рычаги угловые двухкулачковые.	ГОСТ 12473-67
Рычаги угловые двухпазовые.	ГОСТ 12475-67
Рычаги угловые с двумя отверстиями.	ГОСТ 12472-67
Рычаги угловые с кулачком и пазом.	ГОСТ 12474-67
Рычаги угловые.	ГОСТ 12471-67
Серьги двухпазовые.	ГОСТ 12478-67
Серьги однопазовые.	ГОСТ 12477-67
Серьги с резьбовыми отверстиями.	ГОСТ 12466-67
Сухари к пазам станочным обработанным.	ГОСТ 14730-69
Установы высотные для станочных приспособлений.	ГОСТ 13443-68
Установы высотные торцовые для станочных приспособлений.	ГОСТ 13444-68
Установы угловые для станочных приспособлений.	ГОСТ 13445-68
Установы угловые торцовые для станочных приспособлений.	ГОСТ 13446-68
Ушки для станочных приспособлений.	ГОСТ 4739-68
Фиксаторы байонетные для станочных приспособлений.	ГОСТ 13161-67
Фиксаторы реечные для станочных приспособлений.	ГОСТ 13162-67
Фиксаторы с вытяжной ручкой для станочных приспособлений.	ГОСТ 13160-67
Центры и полуцентры упорные. Технические требования.	ГОСТ 13215-79
Центры станочные вращающиеся. Типы и основные размеры.	ГОСТ 8742-75
Центры упорные с отжимной гайкой.	ГОСТ 2575-79
Центры упорные.	ГОСТ 13214-79
Шайбы быстросъемные.	ГОСТ 4087-69
Шайбы для станочных приспособлений.	ГОСТ 12943-67
Шайбы конические для станочных приспособлений.	ГОСТ 13439-68
Шайбы концевые.	ГОСТ 14734-69
Шайбы откидные.	ГОСТ 9060-69
Шайбы сферические для станочных приспособлений.	ГОСТ 13438-68
Шпонки круглые. Конструкция.	ГОСТ 14739-69
Шпонки призматические привертные.	ГОСТ 14737-69
Шпонки ступенчатые.	ГОСТ 14738-69
Щупы плоские для станочных приспособлений.	ГОСТ 8925-68
Эксцентрики двухопорные.	ГОСТ 12468-67

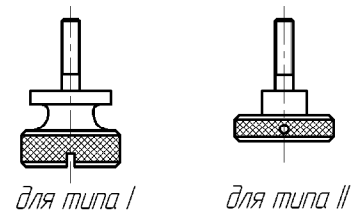
Конструкция и размеры штативов индикаторных
и элементов для установки индикаторов



Державка переходная с гнездом
под стержень индикатора

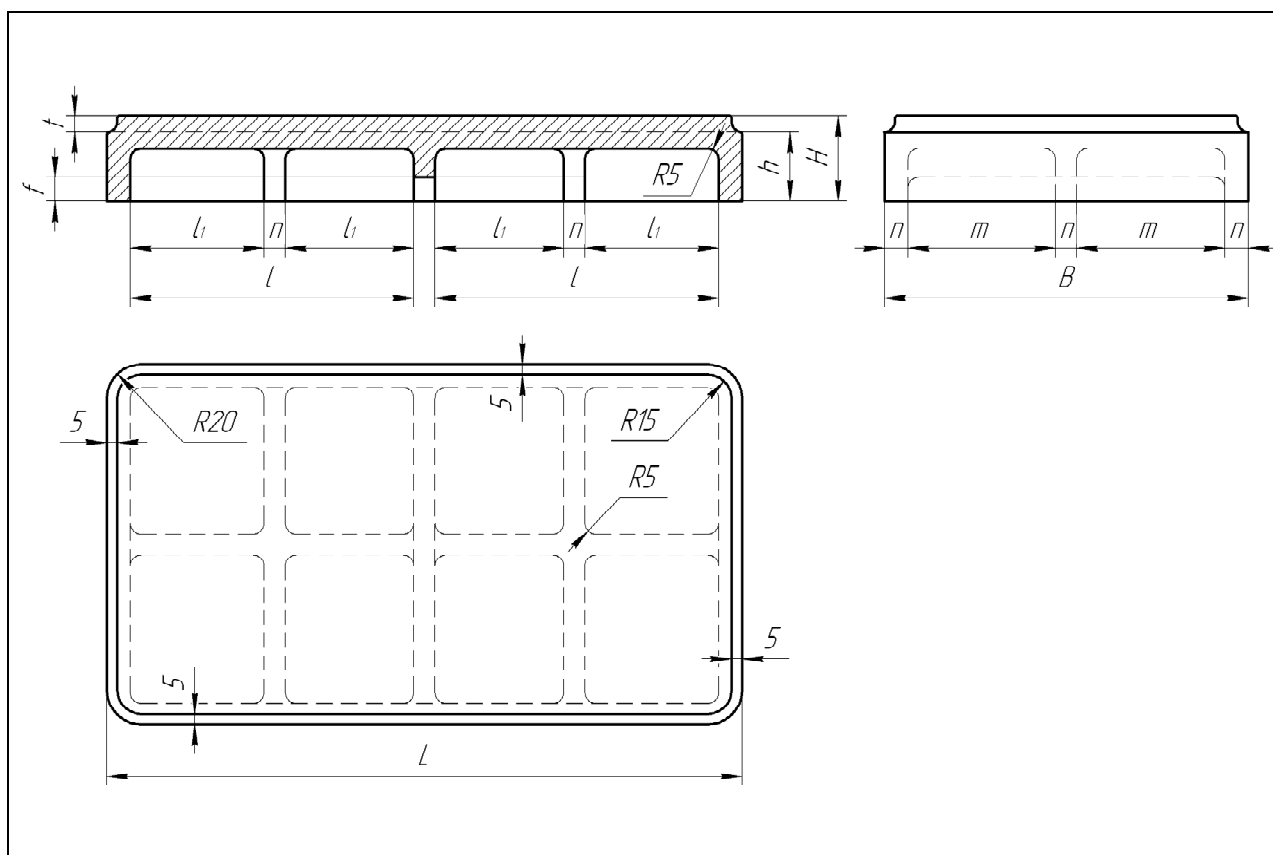


Винты для державок



ПРИЛОЖЕНИЕ У

Размерные параметры столов
контрольно-измерительных приспособлений



Размеры в миллиметрах

L	B	H	h	t	f	n	l	l_1	m
200	160	48	40	22	12	10	85	—	—
260	200	54	44	25	12	10	115	—	—
400	200	54	44	25	12	10	—	87	—
400	250	62	50	30	15	12	—	85	107
500	300	70	58	30	15	16	—	105	126
550	400	80	68	35	18	18	—	159	173

Учебное издание

Игорь Николаевич Аверьянов
Алексей Николаевич Болотеин
Максим Алексеевич Прокофьев

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ
СТАНОЧНЫХ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В КУРСОВЫХ И ДИПЛОМНЫХ
ПРОЕКТАХ**

для студентов, обучающихся по специальностям:

151001–Технология машиностроения (очной, очно-заочной и заочной формы обучения), 150900 – Технология, оборудование и автоматизация машиностроительного производства, 151002 – Металлообрабатывающие станки и комплексы, 160301 – Авиационные двигатели и энергетические установки

Учебное пособие

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П. А. Соловьёва (РГАТА)
Адрес редакции: 152934, г.Рыбинск, ул.Пушкина, 53
Отпечатано в множительной лаборатории РГАТА
152934, г. Рыбинск, ул. Пушкина, 53