

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

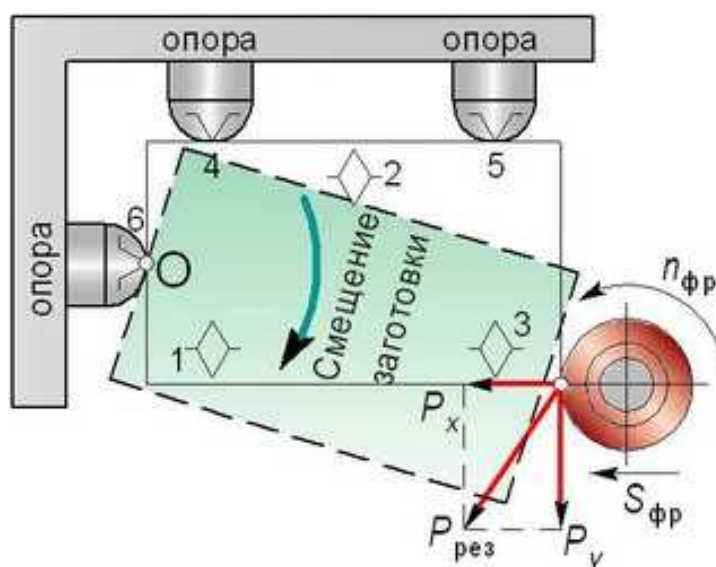
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Часть I

Методические указания

к практическим работам по дисциплине
для студентов направления

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
дневной и заочной форм обучения



Севастополь
СевГУ
2018

УДК 621.797

Р е ц е н з е н т:

С.Е. Сазонов - канд. техн. наук,
доцент кафедры «Технология машиностроения»

Составитель: Богуцкий В.Б.

Проектирование технологической оснастки: метод. указания к практическим работам по дисциплине для студентов направления подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» дневной и заочной форм обучения. Ч. I / Сост. В.Б. Богуцкий. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 48 с.

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам при выполнении практических работ по дисциплине «Проектирование технологической оснастки».

УДК 621.797

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры Технология машиностроения (протокол № 4 от 04 октября 2017 г.)

Допущено учебно-методическим отделом Политехнического института СевГУ в качестве методических указаний.

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа 1.....	4
Практическая работа 2.....	7
Практическая работа 3.....	14
Практическая работа 4.....	21
Практическая работа 5.....	27
Практическая работа 6.....	30
Рекомендуемая литература.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	37

Практическое занятие 1

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки по составлению технического задания на проектирование средств технологической оснастки.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Техническое задание (ТЗ, техзадание) – исходный документ определяющий порядок и условия проведения работ по Договору, содержащий цель, задачи, принципы выполнения, ожидаемые результаты и сроки выполнения работ. ТЗ является основополагающим документом всего проекта и всех взаимоотношений заказчика и разработчика. Корректное ТЗ, написанное и согласованное между всеми заинтересованными и ответственными лицами является залогом успешной реализации проекта.

Техническое задание на проектирование средств технологического оснащения разрабатывается в соответствии с ГОСТ Р 15.201-2000.

Техническое задание содержит основные технические требования, предъявляемые к средствам технологической оснастки (СТО) и исходные данные для разработки; в ТЗ указываются назначение и область применения технологической оснастки, стадии разработки конструкторской (проектной, технологической, программной и т.п.) документации, её состав, сроки исполнения и т. д., а также особые требования, обусловленные спецификой самого объекта либо условиями его эксплуатации.

Как инструмент коммуникации в связке общения заказчик - исполнитель, техническое задание позволяет:

- *обеим сторонам:*

- представить готовый продукт;
- выполнить попунктную проверку готового продукта (приёмочное тестирование — проведение *испытаний*);
- уменьшить число ошибок, связанных с изменением требований в результате их неполноты или ошибочности (на всех стадиях и этапах создания, за исключением *испытаний*).

- *заказчику:*

- осознать, что именно ему нужно;
- требовать от исполнителя соответствия продукта всем условиям, оговорённым в ТЗ.

- *исполнителю:*

- понять суть задачи, показать заказчику «технический облик» будущего изделия, программного изделия или автоматизированной системы;
- спланировать выполнение проекта и работать по намеченному плану;
- отказаться от выполнения работ, не указанных в ТЗ.

1. Порядок разработки, согласования и утверждения технического задания

1.1 Основные требования к техническому заданию.

Техническое задание (ТЗ) разрабатывают на основе исходных требований заказчика – заявки.

Техническое задание является исходным документом для разработки СТО и технической документации на неё.

Требования, включаемые в ТЗ должны обеспечивать разработку СТО, соответствующих достижениям отечественной и зарубежной науки на предусмотренный период разработки. Разработчик ТЗ определяет в зависимости от специфики содержание задания, в том числе технические, экономические и другие требования к СТО, этапы разработки, комплектность технической документации, порядок сдачи и приемки работ. Техническое задание не должно ограничивать инициативу разработчика при поиске и выборе оптимального решения поставленной задачи и содержать необходимые и достаточные требования для разработки СТО.

1.2 Порядок разработки, согласования и утверждения технического задания:

Техническое задание разрабатывает разработчик, в отдельных случаях ТЗ может быть разработано заказчиком.

Техническое задание согласовывают с заказчиком. Для СТО, по которому отсутствует заказчик, а также при проведении инициативных работ по плану научно-исследовательских или опытно-конструкторских работ, ТЗ согласовывается с основным потребителем. Срок согласования ТЗ не должен превышать 15 дней. При необходимости по согласованию между разработчиком и заказчиком в утвержденное ТЗ вносят изменения. Не допускается изменять ТЗ после представления изделия на приемочные испытания.

2 Порядок построения, изложения и оформления технического задания

Техническое задание, как правило, состоит из следующих разделов: наименование и область применения;

- основание для разработки;
- цель и назначение разработки;
- источники разработки;
- технические требования;
- стадии и этапы разработки;
- порядок контроля и приемки;
- приложения.

В зависимости от вида, назначения и условий разработки и эксплуатации СТО допускается вводить новые разделы или объединять отдельные из них.

Бланк технического задания на проектирование средств технологической оснастки представлен в прил. А. Примерное содержание ТЗ указано в соответствующих разделах бланка.

Техническое задание оформляют в соответствии с общими требованиями к текстовым конструкторским документам по ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Изучить настоящее методическое пособие.

3.2. Получить у преподавателя рабочий чертеж детали, сведения о выполняемой операции, объем выпуска данной детали, маршрут обработки детали, бланк ТЗ.

3.3. Выполнить анализ полученной технологической информации.

3.4. На основании анализа полученных данных разработать ТЗ на проектирование средства технологического оснащения на заданную технологическую операцию.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

4.1. Цель работы.

4.2. Техническое задание на проектирование технологической оснастки (заполненный бланк ТЗ).

4.3. Выводы по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Что служит исходными данными для составления технического задания?

5.2. Каков порядок разработки ТЗ на проектирование технологической оснастки?

5.3. Какие основные разделы включает в себя ТЗ на проектирование технологической оснастки?

5.4. Назначение ТЗ на проектирование технологической оснастки.

5.5. Кто разрабатывает ТЗ на проектирование технологической оснастки?

5.6. На основании какого документа разрабатывается ТЗ на проектирование технологической оснастки?

АНАЛИЗ СХЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ И ВЫБОР УСТАНОВОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Приобретение навыков и умения по выбору установочных элементов, обеспечивающих реализацию теоретической схемы базирования.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Обработка резанием осуществляется при относительном движении обрабатываемой заготовки и режущего инструмента. Чтобы обеспечить заданную точность обработки, заготовка должна быть установлена в определенном положении относительно режущего инструмента. После установки обрабатываемую заготовку закрепляют, что предотвращает ее смещение под действием сил, возникающих в процессе обработки.

В единичном и мелкосерийном производстве заготовки устанавливаются с выверкой по черновым или обработанным поверхностям, а также по разметке. В массовом и крупносерийном производстве выверку не производят, а обрабатываемые заготовки устанавливают, доводя их базовые поверхности до соприкосновения с установочными элементами (опорами) приспособлений. В этом случае на установку затрачивается меньше времени и обеспечивается постоянное положение установочных базовых поверхностей заготовок в приспособлении.

В зависимости от условий обработки может потребоваться полная или частичная ориентация обрабатываемой заготовки относительно режущего инструмента. При полной ориентации обрабатываемой заготовке придают вполне определенное и единственно возможное положение в приспособлении. При частичной ориентации необязательна точная установка в определенных направлениях и даже допустимо произвольное положение (поворот) заготовки относительно какой-либо оси. В этом случае схема установки и конструкция технологической оснастки упрощаются.

При полной ориентации базовые поверхности обрабатываемой заготовки плотно прилегают к установочным элементам технологической оснастки. Для этого должны соблюдаться условия контакта баз и опор, а обрабатываемая заготовка не должна иметь сдвига и вращения относительно трех координатных осей. Обрабатываемая заготовка лишена всех степеней свободы, и положение ее базовых поверхностей в пространстве является определенным. Число опор должно быть равным шести (*правило шести точек*); их взаимное расположение обеспечивает устойчивость установки обрабатываемой заготовки в приспособлении. Расстояние между опорами принимают возможно большим, чтобы под действием силы тяжести не возникло опрокидывающего момента.

Установочные элементы с точечными опорами имеют ограниченную поверхность контакта. К таким опорам относятся, например, узкие призмы для установки цилиндрических заготовок. Эти опоры обеспечивают постоянную для всех заготовок данной партии устойчивость установки независимо от погрешностей их размеров и форм. Недостатками установки на точечные опоры являются повреждения базовой поверхности заготовок при больших силах прижатия, а также смещение обрабатываемой заготовки из-за деформаций в местах контакта опор с базами.

В этом случае заготовку надевают или вставляют в установочный элемент с некоторым зазором. Чтобы лишить заготовку всех степеней свободы, применяют также комбинированные способы, например, установку: а) на два базовых отверстия и плоскость, перпендикулярную их осям; б) на палец и две плоскости; в) на отверстие, плоскость и опору для угловой фиксации; г) на наружную цилиндрическую поверхность, торец и угловую опору.

В тех случаях, когда базой служит сама обрабатываемая поверхность, применяют съемные (сдвигаемые) установочные элементы.

Таким образом, установочные элементы технологической оснастки должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- число и расположение установочных элементов должно обеспечивать необходимую ориентацию и устойчивость обрабатываемой заготовки по принятой схеме базирования;
- при использовании черновых баз с шероховатостью поверхности $Rz \geq 40$ мкм установочные элементы следует выполнять с ограниченной опорной поверхностью в целях уменьшения влияния погрешностей и неровностей этих баз на устойчивость установки;
- установочные элементы (как основные, так и дополнительные) должны быть жесткими и износостойкими, но не должны портить базовых поверхностей, что особенно важно при установке на точные и чистовые базы, не подвергаемые дальнейшей обработке;
- для упрощения ремонта технологической оснастки установочные элементы должны легко сниматься.

Виды установочных элементов технологической оснастки.

Для установки на черновые базы применяют постоянные и регулируемые опоры.

Установку на чисто обработанные базы осуществляют с помощью опорных штырей с плоской, сферическими или рифленой головками (рис. 1, а) и опорных пластин (рис. 1, б).

При обработке нежестких заготовок или при недостаточной их устойчивости из-за небольшой протяженности базовых поверхностей может возникнуть необходимость увеличения количества опорных точек (сверх

шести). В этих случаях применяют дополнительные опоры, регулируемые или самоустанавливающиеся (рис. 2 и 3).

По наружным цилиндрическим поверхностям заготовки устанавливают в призмы (рис. 4). Для чисто обработанных баз применяют широкие призмы, для черновых – узкие. В приспособлениях применяют главным образом жесткие призмы с углом $\sim 90^\circ$.

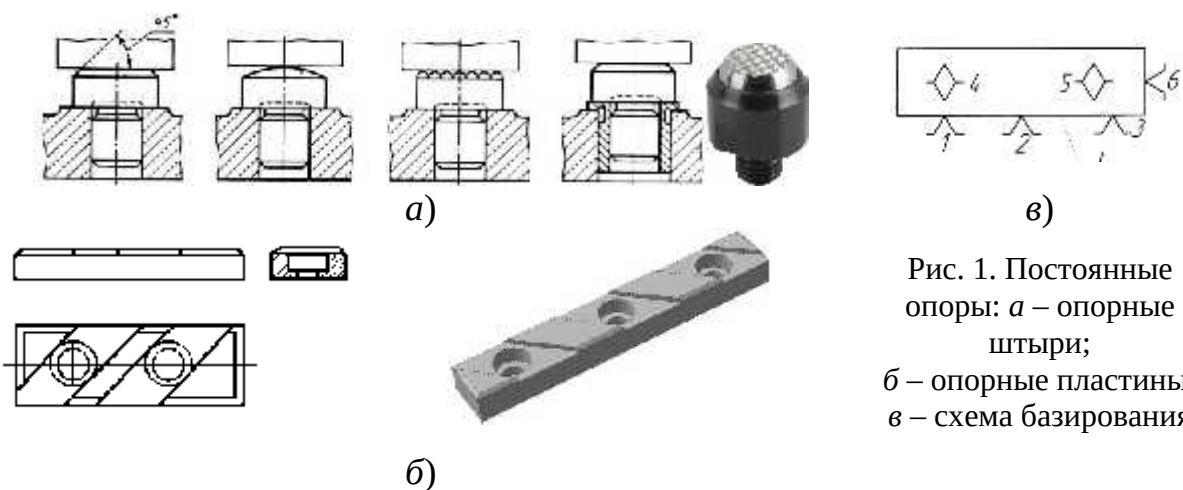


Рис. 1. Постоянные опоры: а – опорные штыри; б – опорные пластины; в – схема базирования

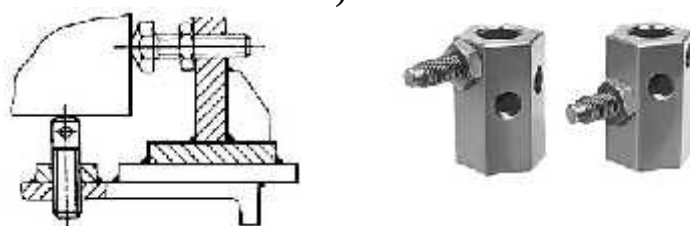


Рис. 2. Регулируемые опоры

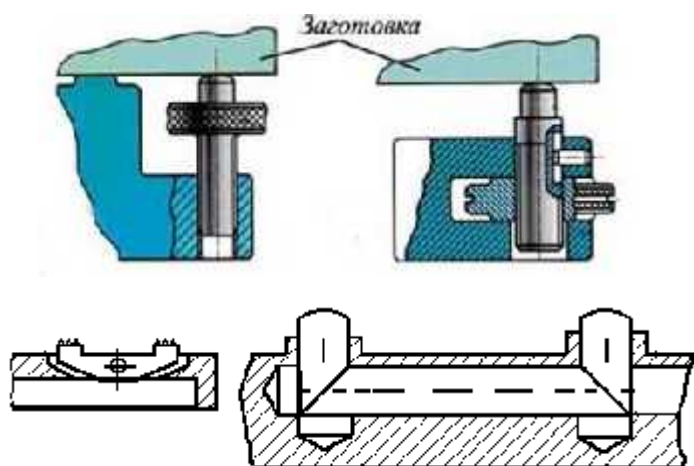


Рис. 3. Самоустанавливающаяся опора

Призмы выполняют из стали марки 45 или из цементируемых сталей 08...20 с закалкой боковых поверхностей до твердости $HRC\ 50...60$. Призмы больших размеров делают из серого чугуна с привернутыми закаленными щеками. Погрешности базирования при установке в призму зависят от допуска на диаметр заготовки, а также от погрешностей ее формы.

Установку заготовок с базированием по отверстиям производят на пальцы или оправки. Упорными базами служат торцевая поверхность заго-

товки, определяющая ее положение по длине, и различные элементы (шпоночная канавка, отверстие и др.), определяющие угловое положение обрабатываемой заготовки относительно оси основной базы.

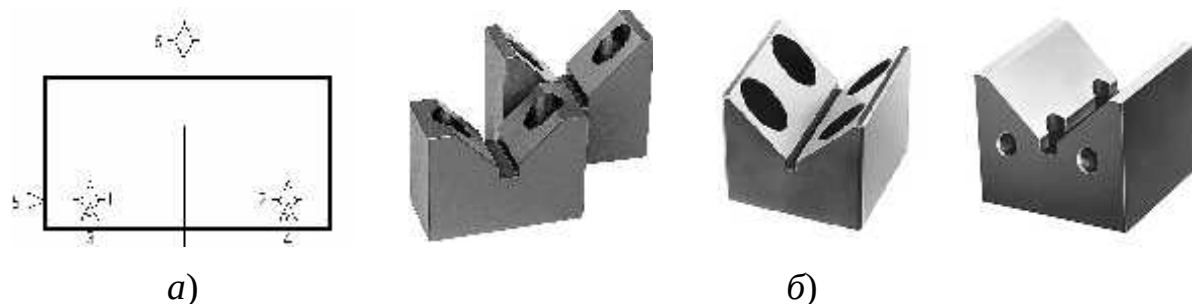


Рис. 4. Призмы: а – схема базирования; б – конструктивное исполнение

Примеры жестких оправок приведены на рис. 5. На рис. 5, б показана коническая оправка (конусность 1/1500...1/2000), на которую обрабатываемую заготовку наколачивают легкими ударами. Недостаток этой оправки - отсутствие точной ориентации заготовки по длине. На рис. 5, в показана конструкция оправки, на которую обрабатываемую заготовку насаживают с натягом. Используя при запрессовке упорные кольца (на рисунке не показаны), точно ориентируют заготовку по длине оправки. На рис. 5, г показана оправка, на которую заготовку насаживают с зазором. При использовании этих оправок базовые отверстия заготовок рекомендуется обрабатывать по 7-му качеству точности. Оправки рекомендуется выполнять из закаленной стали и тщательно шлифовать. В центровых гнездах целесообразно предусматривать защитные фаски, чтобы предохранить их от случайных повреждений. Чтобы оправку приводить во вращение, на ее конце делают квадрат, лыски или запрессовывают поводковый палец.

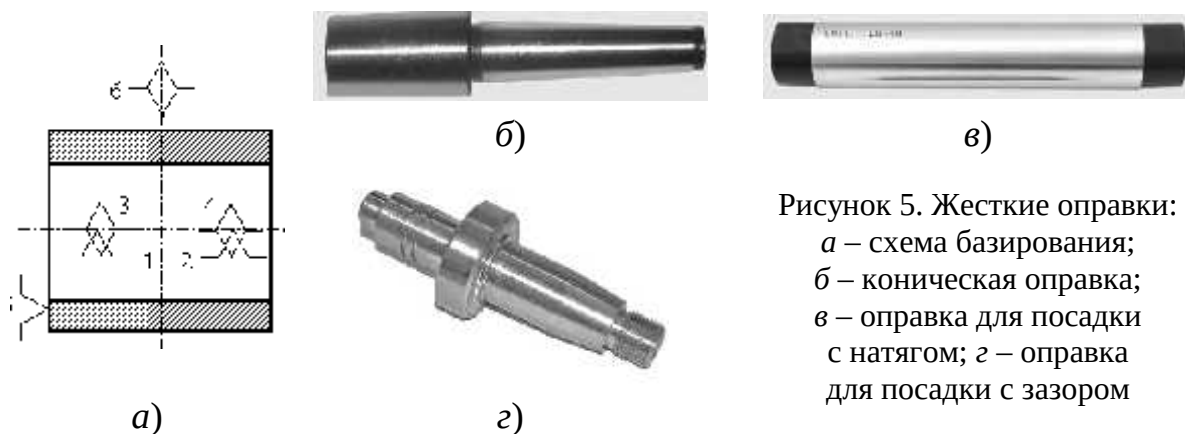


Рисунок 5. Жесткие оправки:
а – схема базирования;
б – коническая оправка;
в – оправка для посадки
с натягом; г – оправка
для посадки
с зазором

Наряду с жесткими применяют и разжимные оправки (рис. 6). Разжимные оправки по сравнению с жесткими обеспечивают меньшую концентричность обработки.

Кулачковые оправки (рис. 6, б, в) используются для закрепления толстостенных заготовок с обработанным или необработанным отверстием. Точность центрирования таких оправок 0,05...0,10 мм. Оправка с упругой

гильзой, разжимаемой изнутри гидропластмассой показана на рис. 6, з. Применяются для базирования деталей по поверхностям обработанным по 6...7-му качеству и обеспечивают точность центрирования 0,005...0,01 мм. Цанговые оправки (рис. 6, д, е) деталей по поверхностям обработанным по 7...10-му качеству и обеспечивают точность центрирования 0,01...0,04 мм.

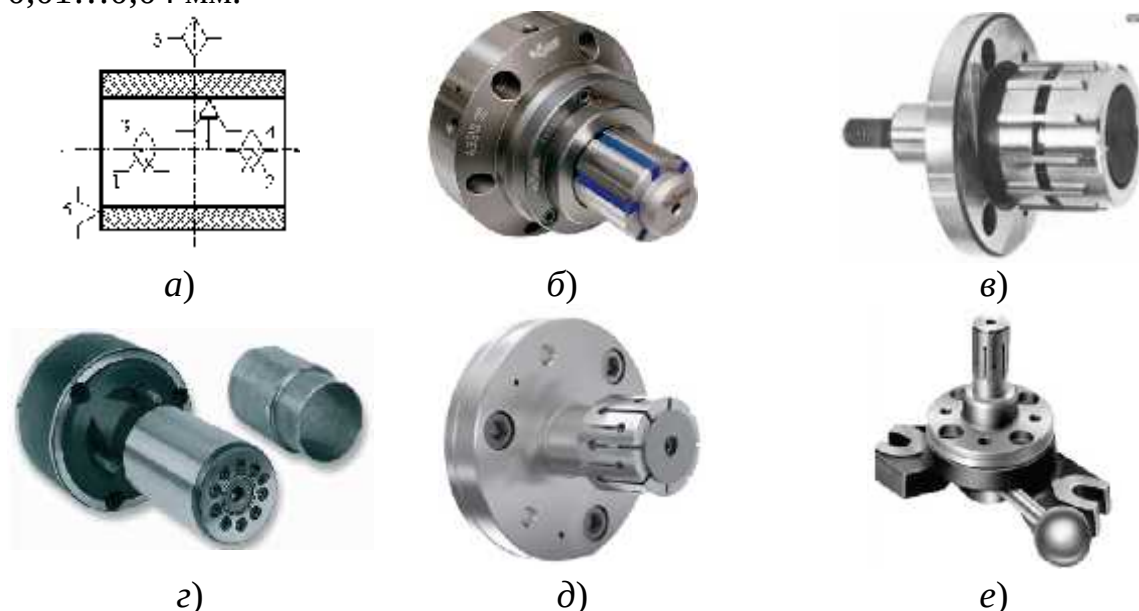


Рис. 6. Разжимные оправки: а – схема базирования; б, в – кулачковые; з – оправка с гидропластом; д, е – цанговые оправки

При обработке заготовок плит, рам, станин, корпусных и других деталей применяют базирование на установочные пальцы (рис. 7) и опорные планки по двум отверстиям с параллельными осями и перпендикулярную им плоскость. Такая схема обеспечивает простую конструкцию технологической оснастки, принцип постоянства баз и фиксацию заготовок при обработке на станках и автоматических линиях. Базовую плоскость заготовки обрабатывают начисто, а отверстия развертывают по 7-му качеству точности. Один из установочных пальцев выполняют цилиндрической, а другой – ромбической формы (наличие допуска на расстояние между осями базовых отверстий приводит к тому, что одно из отверстий может занять при установке партии заготовок два предельных положения).

Установочные пальцы изготавливают из углеродистых и легированных сталей (У7, У8, У10А, 65Г и др.) с термообработкой до твердости HRC 56...61 или из конструкционных сталей (15ХН, 20, 20Х и др.) с цементацией на глубину 0,8...1,2 мм с последующей закалкой до той же твердости. Шероховатость рабочих поверхностей должна соответствовать $Ra = 1,25...0,32$ мкм. Точность обработки рабочих поверхностей 7...8 качества. Погрешности установки на пальцы могут выражаться в смещении заготовок в радиальном направлении на размер зазора между поверхностями сопряжения.

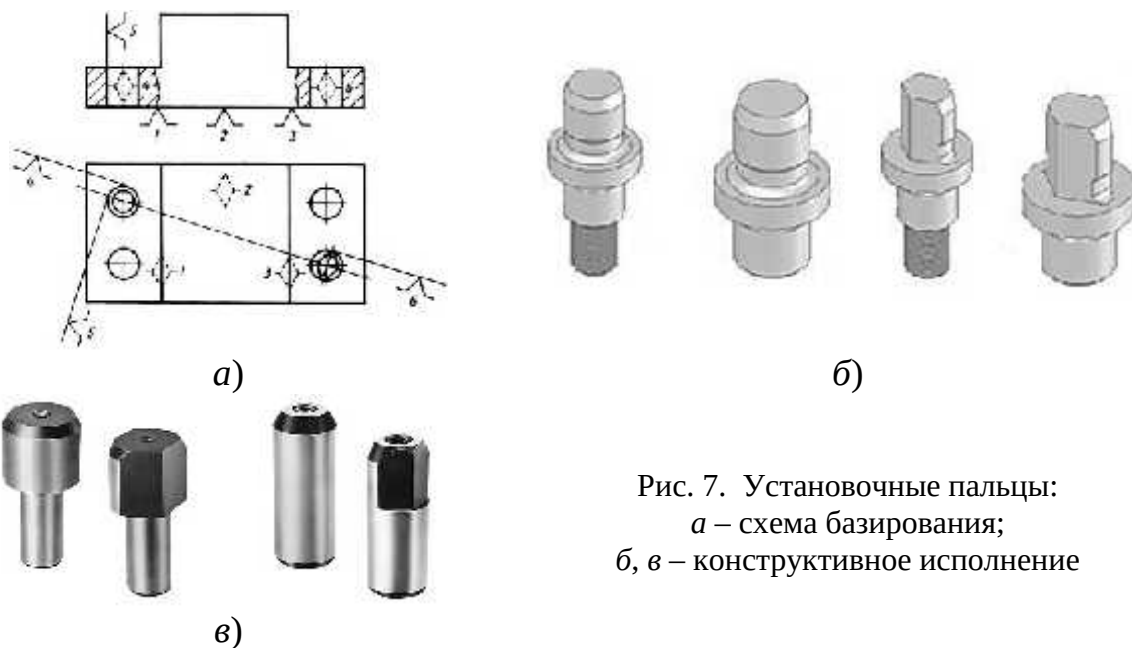


Рис. 7. Установочные пальцы:
а – схема базирования;
б, в – конструктивное исполнение

При обработке валов и некоторых других заготовок, имеющих базовые поверхности в виде центровых гнезд (или конических фасок), в качестве установочных элементов используют центры. Конструкции центров показаны на рис. 8.

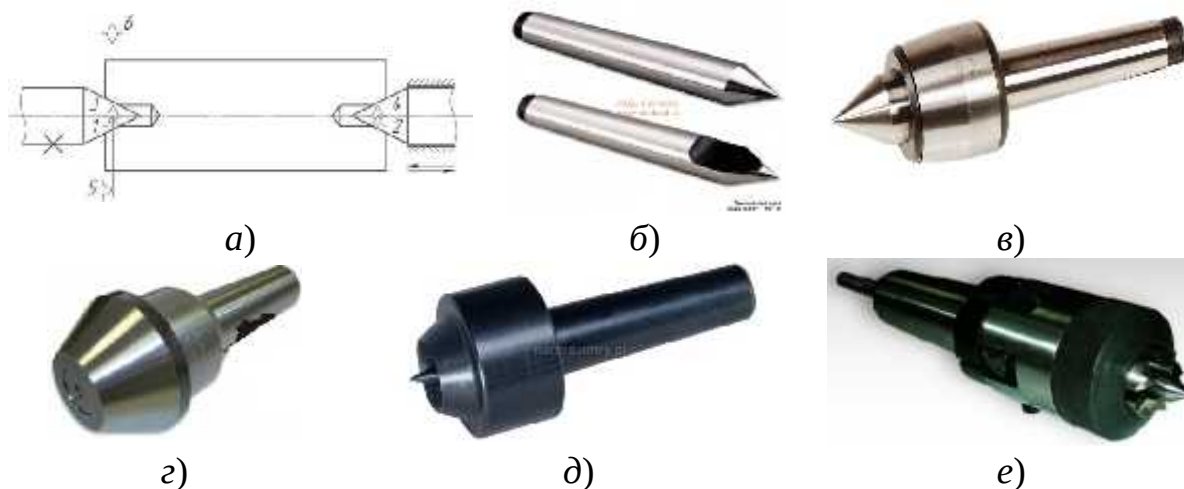


Рис. 8. Центры: а – схема базирования; б – жесткие; в – вращающийся для токарных работ; г – грибовый для базирования полых заготовок; д – плавающий передний центр (погрешность диаметра центрального гнезда не влияет на осевое смещение заготовки); е – поводковый центр для передачи крутящего момента

Графическое обозначение опор, зажимов и установочных устройств, а также рекомендации по выбору типа установочных элементов технологической оснастки приведены в прил. Б.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Изучить настоящее методическое пособие.

3.2. Получить у преподавателя рабочий чертеж детали, сведения о выполняемой операции, объем выпуска данной детали, маршрут обработки детали.

3.3. Разработать схему базирования заготовки на выполняемой операции.

3.4. На основании схемы базирования заготовки выбрать установочные элементы технологической оснастки, обеспечивающие реализацию теоретической схемы базирования.

3.5. Сформулировать выводы по работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

4.1. Цель работы.

4.2. Схема базирования заготовки на выполняемой операции.

4.3. Эскизы выбранных установочных элементов технологической оснастки и схема их расположения относительно обрабатываемой заготовки.

4.4. Выводы по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Технические требования, предъявляемые к конструкции установочных пальцев.

5.2. Установочные элементы технологической оснастки, применяемые для базирования и установки заготовок по плоским поверхностям.

5.3. Установочные элементы технологической оснастки, применяемые для базирования и установки заготовок на токарных и шлифовальных станках.

5.4. Элементы технологической оснастки, применяемые для базирования и установки заготовок плит, рам, станин, корпусных и других деталей на станках с ЧПУ.

5.5. Технические требования, предъявляемые к конструкции установочных призм.

5.6. Элементы технологической оснастки, применяемые для базирования и установки заготовок по центральному отверстию.

5.7. Области применения жестких оправок.

5.8. Области применения установочных элементов технологической оснастки с точечными опорами

5.9. Установочные элементы технологической оснастки, применяемые для базирования и установки заготовок по охватывающим или охватываемым базовым поверхностям.

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Закрепление теоретических знаний и приобретение навыков расчета погрешности базирования заготовок в технологической оснастке.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Технологическая оснастка должна обеспечивать выполнение всех функций, обусловленных операцией. Среди них главной является базирование заготовки, то есть придание ей требуемого положения относительно осей координат станка. После базирования заготовку необходимо закрепить, чтобы она сохранила при обработке неподвижность относительно технологической оснастки.

Базирование и закрепление – это два разных элемента установки заготовки. Они выполняются последовательно. Базирование нельзя заменить закреплением. Если из шести опорных точек отсутствует одна или несколько, то у заготовки остается одна или несколько степеней свободы. Это значит, что в направлении отсутствующих опорных точек положение заготовки не определено и заменить отсутствующие опорные точки закреплением с целью базирования нельзя.

Для выполнения базирования заготовки плоской базой в технологической оснастке необходимо иметь три опорные точки, расположенные в одной заданной плоскости, но не на одной прямой. Это достигается с помощью различных сочетаний основных опорных элементов: трех опорных штырей, двух опорных пластин, плоскостью опорного элемента.

Базирование с помощью трех опорных штырей применяется в основном, когда плоская главная база заготовки не обработана. В данном случае используют штыри с насеченной и сферической головками. Для установки заготовок с обработанными базами используют штыри с плоской головкой.

Базирование с помощью двух опорных пластин – наиболее распространенный способ ориентирования заготовок с обработанными базами. Две опорные пластины реализуют три опорные точки, поэтому базирование на две пластины полностью отвечает требованиям теоретической механики. Базирование на плоскость опорного элемента используется только для ориентирования чисто и точно обработанных баз. Примером такого базирования является установка заготовок на плоскость магнитной плиты.

Для базирования заготовок, имеющих основную базу в виде обработанной цилиндрической поверхности, используют широкие опорные призмы, самоцентрирующие патроны, оправки, центры, цанги, гидропластовые патроны, конуса.

Для базирования необработанных цилиндрических баз используют узкие призмы, трехкулачковые патроны.

Погрешность базирования (ε_6) возникает при изменении положения измерительной базы относительно технологической вследствие невозможности совмещения основных конструкторских и технологических баз, технологических трудностей и других причин.

Для расчета погрешности базирования используются три основных расчетных модуля, характеризуемых геометрией соединения базовых поверхностей заготовок и поверхностей установочных элементов:

- модуль *плоскость – плоскость* (рис. 1);

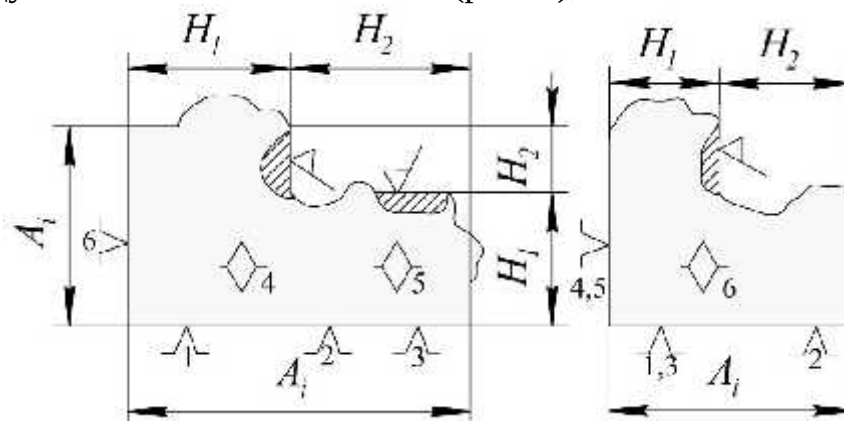


Рис. 1. Схемы к расчету ε_6 по модулю «плоскость - плоскость»

Выдерживаемый размер	H_1	H_2
Погрешность базирования	0	$\lambda_1 T_{Ai}$

где λ_1 – вероятностный коэффициент, учитывающий распределение размеров в пределах поля допуска ($\lambda_1 = 0,97$); T_{Ai} – поле допуска размера A_i

- модуль *цилиндр – призма* (плоскость - рассматривается как призма с углом $\alpha = 180^\circ$) (рис. 2);

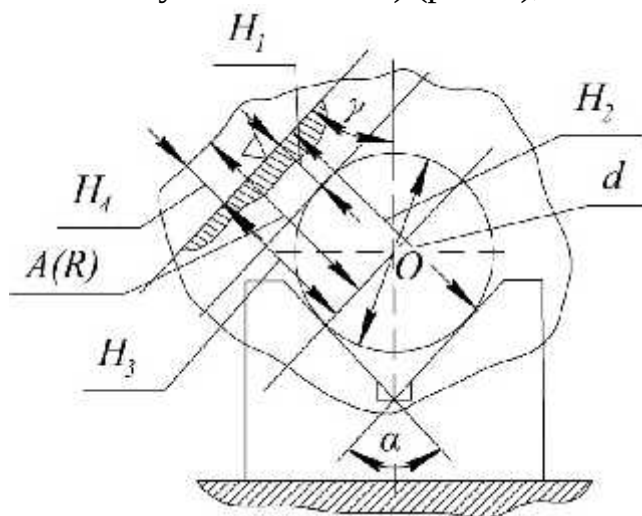


Рис. 2. Схемы к расчету ε_6 по модулю цилиндр – призма (плоскость)

Выдерживаемый размер	Погрешность базирования
H_1	$\frac{a_1}{2} T_d \frac{\sin \varphi}{\sin \frac{\varphi}{2}} + T_d$
H_2	$\frac{a_1}{2} T_d \frac{\sin \varphi}{\sin \frac{\varphi}{2}} - T_d$
H_3	$\frac{a_1}{2} T_d \frac{\sin \varphi}{\sin \frac{\varphi}{2}}$
H_4	$\frac{a_1}{2} T_d \frac{\sin \varphi}{\sin \frac{\varphi}{2}} + a_1 T_{A(R)}$

При использовании самоцентрирующихся призм во всех зависимостях составляющая $T_d \frac{\sin \varphi}{\sin \frac{\varphi}{2}} = 0$.

где λ_1 – вероятностный коэффициент, учитывающий распределение размеров в пределах поля допуска ($\lambda_1 = 0,97$); T_d и $T_{A(R)}$ – поля допусков соответствующих размеров.

- модуль цилиндр – цилиндр (рис. 3).

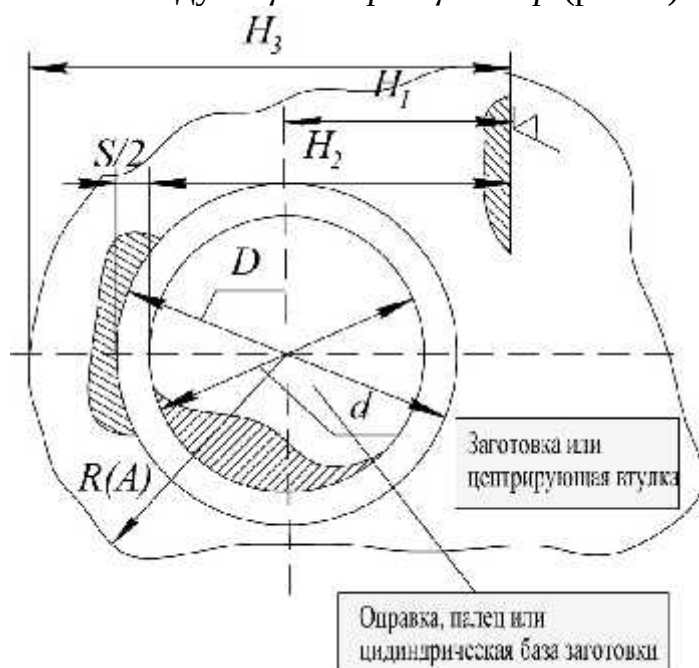


Рис. 3. Схема к расчету ε_b по модулю цилиндр – цилиндр

Выдерживаемый размер	H_1, H_2	H_3
Погрешность базирования	$\lambda_2[T_{d(D)} + T_{D(d)}] + S_{min}$	$\lambda_2[T_{d(D)} + T_{D(d)}] + S_{min} + \lambda_1 T_{R(A)} + 2e$

При использовании самоцентрирующихся установочных элементов:

Выдерживаемый размер	H_1	H_2	H_3
Погрешность базирования	0	$a_1 \frac{T_{D(d)}}{2}$	$\lambda_1 T_{R(A)} + 2e$

где λ_1 и λ_2 – вероятностные коэффициенты, учитывающие распределение размеров в пределах поля допуска ($\lambda_1 = 0,97$, $\lambda_2 = 0,517$); $T_{d(D)}$, $T_{D(d)}$, $T_{R(A)}$ – поля допусков соответствующих размеров; S_{min} – минимальный зазор; e – отклонение от соосности внутреннего и наружного диаметров заготовки.

В случае если на точность выполнения размера влияют одновременно две базы, следует пользоваться комбинированным модулем, представляющим собой сочетание любых двух модулей из вышеназванных.

- комбинированный модуль;

Этот модуль определяет погрешность базирования для размеров, зависящих от двух баз одновременно. На рис. 4, а - в приведены теоретическая схема базирования и расчетная схема определения $\mathcal{E}_b$ размеров заготовки, которая базируется по плоскости и двум отверстиям с параллельными осями. В таких схемах выделяются две группы размеров:

- линейные, размерная стрелка которых параллельна линии, проходящей через центры обеих баз (H_1, H_2);

- угловые, размерная стрелка которых перпендикулярна линии, проходящей через центры баз (H_{iy}).

$$\mathcal{E}_{bH_1} = a_2(ITD_1 + ITd_1) + S_{1min}$$

индекс "1" означает, что параметры соответствуют сопряжению по базе O_1 .

Целесообразно ввести термин погрешность базирования базы, т.е.

$$\mathcal{E}_{bO_1} = a_2(ITD_1 + ITd_1) + S_{1min}, \quad \mathcal{E}_{bH_1} = \mathcal{E}_{bH_4} = \mathcal{E}_{bO_1}$$

Для линейных размеров, проставленных от базы O_2 ,

$$\mathcal{E}_{bH_2} = \mathcal{E}_{bH_3} = \mathcal{E}_{bH_1} + a_1 IT_C,$$

где IT_C – допуск межосевого расстояния с базовых отверстий.

Для определения погрешности базирования размера H_{1y} рассмотрим подобные прямоугольные треугольники mO_2n и O_1O_2f с углом , характеризующим возможное положение (перекос) оси, соединяющей базы O_1 и O_2 . На основании их подобия (рис. 4, б) имеем следующее соотношение их катетов:

$$\frac{\varepsilon_{\delta H_{1y}} + \varepsilon_{\delta O_2}}{2b} = \frac{\varepsilon_{\delta O_1} + \varepsilon_{\delta O_2}}{2c},$$

где $\varepsilon_{\delta O_2} = a_2(ITD_2 + ITd_2) + S_{2min}$ – погрешность базирования второй базы, определяемой по модулю "цилиндр-цилиндр"; b – расстояние наиболее удаленной точки места обработки до наиболее удаленной от нее базы.

Из этого соотношения

$$\varepsilon_{\delta H_{1y}} = \frac{b}{c}(\varepsilon_{\delta O_1} + \varepsilon_{\delta O_2}) - \varepsilon_{\delta O_2}.$$

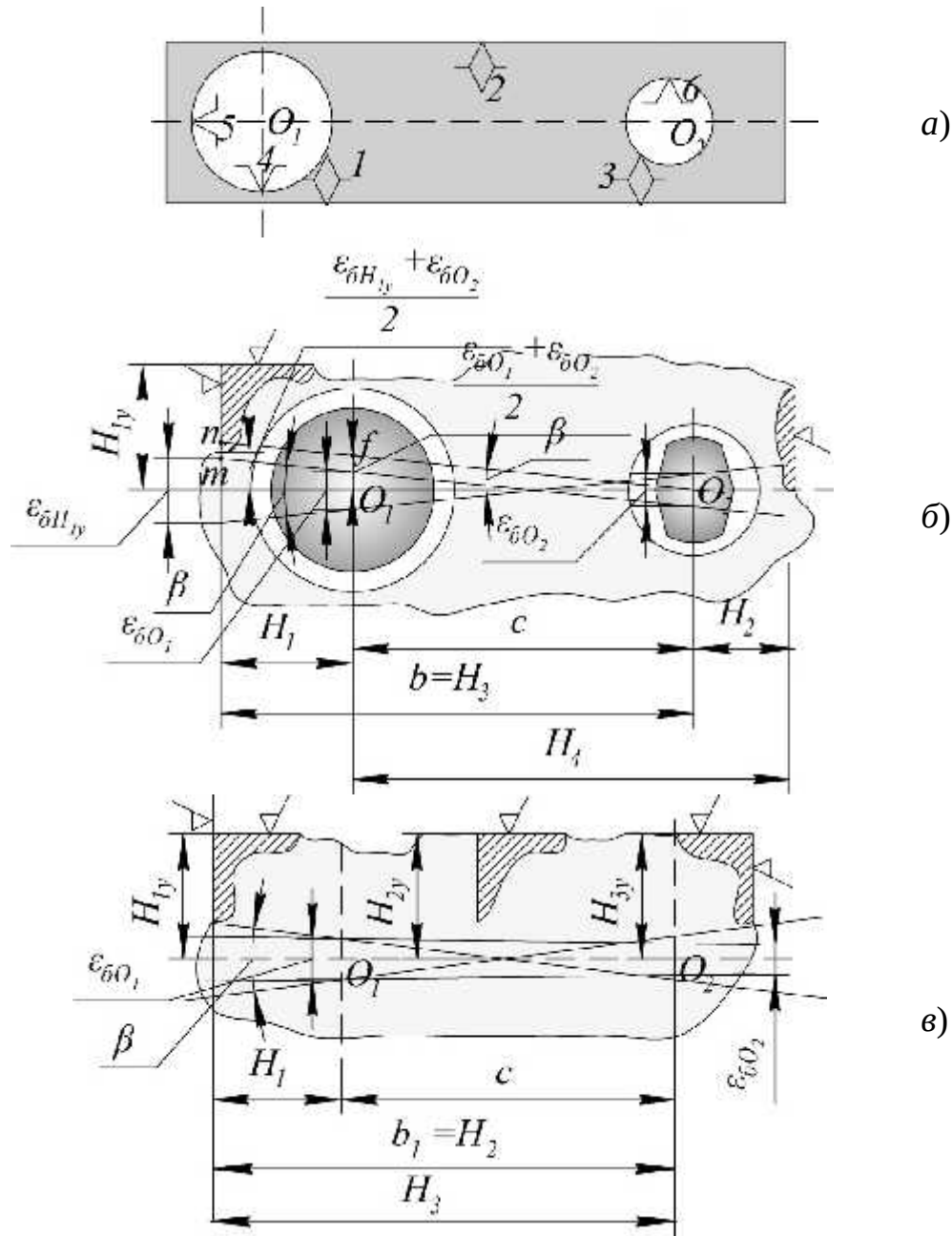


Рис. 4. Схемы к расчету ε_{δ} по комбинированному модулю

Угол α , определяющий отклонение от параллельности (перпендикулярности) обрабатываемой поверхности относительно оси, проходящей через базовые отверстия, можно найти как из прямоугольного треугольника $\Delta O_1 O_2 f$:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\varepsilon_{\delta O_1} + \varepsilon_{\delta O_2}}{2c}.$$

где $\varepsilon_{\delta O_2}$ – погрешность базирования второй базы, определяемой в данном случае по модулю “цилиндр-цилиндр” ($\varepsilon_{\delta O_2} = \lambda_2(ITD_2 + ITd_2) + S_{2min}$); b – расстояние наиболее удаленной точки места обработки до наиболее удаленной от нее базы.

В общем случае погрешность базирования линейных размеров H_1, H_4 определяется по одному из трех, ранее рассмотренных модулей, что отражает схема комбинированного модуля на рис. 4, в. В расчетах же ε_{δ} линейных размеров H_2, H_3 , добавляется допуск на расстояние (наиболее часто межосевое) между базами 1 и 2, которое обозначено размером “ c ”, т.е. добавляется величина IT_c .

Для размеров H_{iy} уравнения для расчета $\varepsilon_{\delta H_{iy}}$ различны в зависимости от положения места обработки (поверхность или ось). При этом из погрешностей базирования баз $\varepsilon_{\delta O_1}$ и $\varepsilon_{\delta O_2}$ необходимо выделить большую ($\varepsilon_{\delta O_B}$) и меньшую ($\varepsilon_{\delta O_M}$) по величине и размер b_i определять как расстояние наиболее удаленной точки места обработки от базы с меньшей погрешностью базирования. На рис. 4, в – это база O_2 . Если $\varepsilon_{\delta O_1} = \varepsilon_{\delta O_2}$, то размер b_i можно определять от любой базы.

Возможны три варианта, когда место обработки расположено:

- за базой с большей погрешностью базирования ($\varepsilon_{\delta O_1} = \varepsilon_{\delta O_B}$). Зависимость для расчета такая же, как и в приведенном примере, т.е.

$$\varepsilon_{\delta H_{1y}} = \frac{b_1}{c} (\varepsilon_{\delta O_B} + \varepsilon_{\delta O_M}) - \varepsilon_{\delta O_M}.$$

- между базами 1 и 2.

$$\varepsilon_{\delta H_{2y}} = \frac{b_2}{c} (\varepsilon_{\delta O_B} - \varepsilon_{\delta O_M}) + \varepsilon_{\delta O_M}.$$

- за базой с меньшей погрешностью базирования ($\varepsilon_{\delta O_2} = \varepsilon_{\delta O_M}$).

$$\varepsilon_{\delta H_{3y}} = \frac{c + b_3}{c} (\varepsilon_{\delta O_B} + \varepsilon_{\delta O_M}) - \varepsilon_{\delta O_B}.$$

При условиях, когда:

- $b_i = 0$, расчет ведется по зависимостям 2-го либо 3-го варианта;
- $b_i = c$ – по зависимостям 1-го или 2-го варианта;
- $\varepsilon_{\delta O_1} = \varepsilon_{\delta O_2}$ и место обработки расположено вне баз 1 и 2, используются зависимости 1 (b_i определяется от наиболее удаленной базы) или зависимость 3 (b_i определяется от наиболее близкой базы);

– при расположении места обработки между базами $\varepsilon_{\text{бНй}} = \varepsilon_{\text{бО1}} = \varepsilon_{\text{бО2}}$.

Для определения угла перекося зависимость такая же, как и в приведенном частном случае:

$$\operatorname{tg} = \frac{\varepsilon_{\text{бО1}} + \varepsilon_{\text{бО2}}}{2c} = \frac{\varepsilon_{\text{бОБ}} + \varepsilon_{\text{бОМ}}}{2c}.$$

Если линия, проходящая через центры обеих баз, расположена под углом γ к размерным стрелкам (непараллельна или неперпендикулярна), то при расчете погрешности базирования как линейных, так и угловых размеров рассчитанную по полученным зависимостям значение величины $\varepsilon_{\text{б}}$ необходимо умножить на $\cos \gamma$.

Погрешность базирования для некоторых случаев установки заготовок в технологической оснастке приведена в прил. В.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить настоящее методическое пособие.
- 3.2. Получить у преподавателя рабочий чертеж детали, сведения о выполняемой операции, маршрут обработки детали.
- 3.3. Разработать схему базирования заготовки на выполняемой операции.
- 3.4. Вывести расчетную формулу и рассчитать погрешность базирования детали.
- 3.5. Сформулировать выводы по работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы
- 4.2. Условия задачи
- 4.3. Расчетная схема базирования
- 4.4. Расчет погрешности базирования
- 4.5. Выводы по работе

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Когда погрешность базирования детали равна нулю?
- 5.2. Чем руководствуются при выборе баз?
- 5.3. Суммарная погрешность обработки, её составляющие?
- 5.4. Классификация баз.
- 5.5. Что называется погрешностью базирования?
- 5.6. Что понимается под терминами: «технологическая база», «конструкторская база», «измерительная база»?
- 5.7. Что понимается под терминами: «установочная база», «направляющая база», «опорная база»?

Практическое занятие 4

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИЛ РЕЗАНИЯ И СИЛ ЗАЖИМА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки построения схемы сил действующих на обрабатываемую заготовку.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

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 технологической оснастке в процессе обработки. Поэтому, при разработке конструкции технологической оснастки, особое внимание уделяется расчету требуемой силы закрепления. Сила закрепления должна обеспечить неизменное положение заготовки относительно установочных элементов технологической оснастки, 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. По своей величине, направлению и точке приложения они являются переменными величинами.

Объемные силы – силы тяжести заготовки, центробежные и инерционные силы. Они возникают при определенных условиях обработки. Силы тяжести заготовки 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 технологической оснастки, сдвинуть её с установленного положения в технологической оснастке или даже вырвать её из зажимного устройства.

Для того чтобы предотвратить перемещение заготовки под воздействием сил резания, к ней необходимо приложить силу закрепления W , величина которой позволяет противодействовать силам резания напрямую или

через силы трения. Такая сила называется требуемой силой закрепления заготовки в технологической оснастке. Она гарантирует неизменность положения заготовки, достигнутого при её базировании, в процессе обработки.

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, то есть изобразить на схеме базирования заготовки все действующие на нее силы: силы и моменты резания, зажимные усилия, реакции опор и силы трения в местах контакта заготовки с опорными и зажимными элементами.

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 технологической оснастке, 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.

$$\sum x = 0, \sum M_x = 0, \sum y = 0, \sum M_y = 0, \sum z = 0, \sum M_z = 0.$$

Рассмотрим несколько вариантов действия на обрабатываемую деталь сил резания, зажима и их моментов.

Первый вариант (рис. 1, а). Сила зажима W , приложенная к обрабатываемой заготовке 1, и сила резания P одинаково направлены и прижимают заготовку к опоре 2 приспособления. При этом заготовку удерживает минимальная сила зажима $W_{\min}$.

Второй вариант (рис. 1, б). Сила зажима W и сила резания P действуют на обрабатываемую заготовку 1 в противоположных направлениях.

Уравнение равновесия сил

$$KP - W = 0.$$

Третий вариант (рис. 1, в). Сила зажима W и сила резания P действуют на обрабатываемую заготовку во взаимно перпендикулярном направлении. Силе резания P противодействуют силы трения между нижней базовой плоскостью заготовки и опорными штырями технологической оснастки и между верхней плоскостью заготовки и зажимными элементами.

Уравнение равновесия сил

$$KP - Wf_1 - Wf_2 = 0,$$

где f_1 и f_2 - коэффициенты трения между поверхностями заготовки и установочными зажимными элементами технологической оснастки.

Четвертый вариант (рис. 1, з). Сила зажима W прижимает заготовку к опорам при этом одна сила резания P_1 имеет одно направление с силой зажима и прижимает заготовку к нижним опорам, а вторая сила резания P_2 действует в направлении, перпендикулярном к силе зажима. Смещению заготовки в технологической оснастке препятствуют силы трения, возникающие на плоскостях контакта детали с установочными и зажимными элементами технологической оснастки.

Уравнение равновесия сил

$$KP_2 - W \cdot f_2 - P_1 \cdot f_2 - Wf_1 = 0,$$

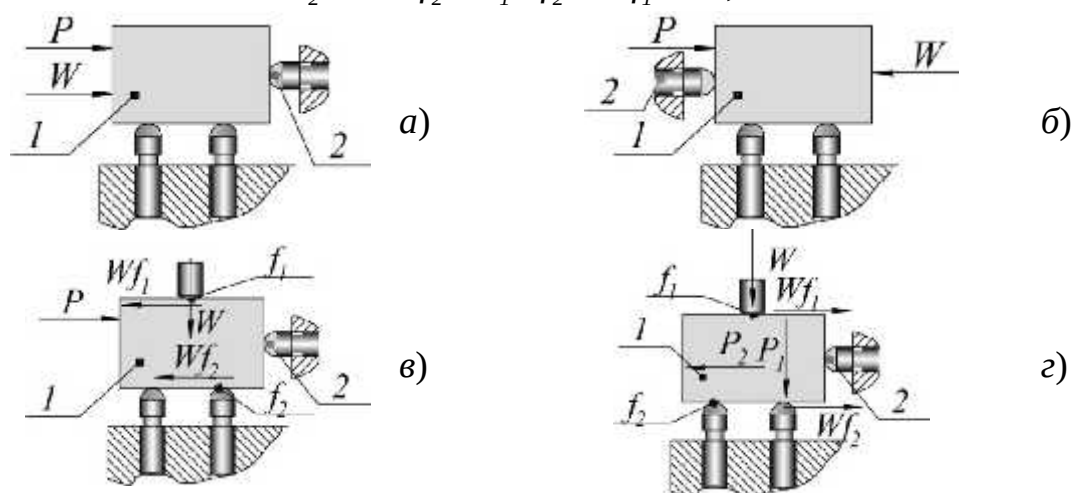


Рис. 1. Схемы расчета сил закрепления заготовок

Пятый вариант. Обрабатываемая заготовка при фрезеровании (цилиндрической фрезой – рис. 2, а и торцевой или концевой фрезой – рис. 2, б) зажимается горизонтально действующей силой зажима W . Расстояние между силой зажима и силой реакции от бокового упора выбирают таким, чтобы обрабатываемая заготовка надежно была прижата к установочным опорам технологической оснастки. На заготовку, зажатую в технологической оснастке, действуют сила зажима W , силы резания P_z , опрокидывающие моменты и силы трения между поверхностями детали, установочными и зажимными элементами технологической оснастки. Величину силы зажима с учетом сил резания найдем, приравняв сумму моментов всех сил нулю:

$$K \cdot P_z \cdot z_0 + K \cdot P_z \cdot b - W \cdot z - W \cdot f \cdot b = 0 \quad W = \frac{K(P_z \cdot z_0 + P_z \cdot b)}{z + f \cdot b}$$

Шестой вариант (рис. 2, в). Обрабатываемая деталь наружной цилиндрической поверхностью установлена в призме с углом $\alpha = 90^\circ$ и зажата силой W . Повороту детали вокруг ее оси противодействуют силы трения, возникающие на поверхностях контакта детали с установочными и зажим-

ными элементами технологической оснастки. Без учета трения на торце детали:

$$KM_{kp} = f_1 Wr + f_2 Wr \left(\frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} \right), \text{ откуда } W = \frac{KM_{kp}}{f_1 r + \frac{f_2 r}{\sin \frac{\gamma}{2}}}.$$

Седьмой вариант (рис. 2, з). Обрабатываемую заготовку устанавливают на центрирующий жесткий палец технологической оснастки и левой плоскостью прижимают к трем опорным штырям прижимами. При обработке на заготовку действуют сдвигающий момент M_{kp} и осевая сила P_o . Заготовка удерживается от смещения силами трения, возникающими между ее поверхностями и поверхностями установочных и зажимных элементов технологической оснастки.

Уравнение равновесия сил

$$KM_{kp} - f_1 Wr_2 - f_2 Wr_1 - f_2 Pr_1 = 0.$$

При той же установке, но небольшой тангенциальной жесткости зажима, силы трения между деталью и прижимами не учитываются:

$$KM_{kp} - f_2 Wr_1 - f_2 Pr_1 = 0.$$

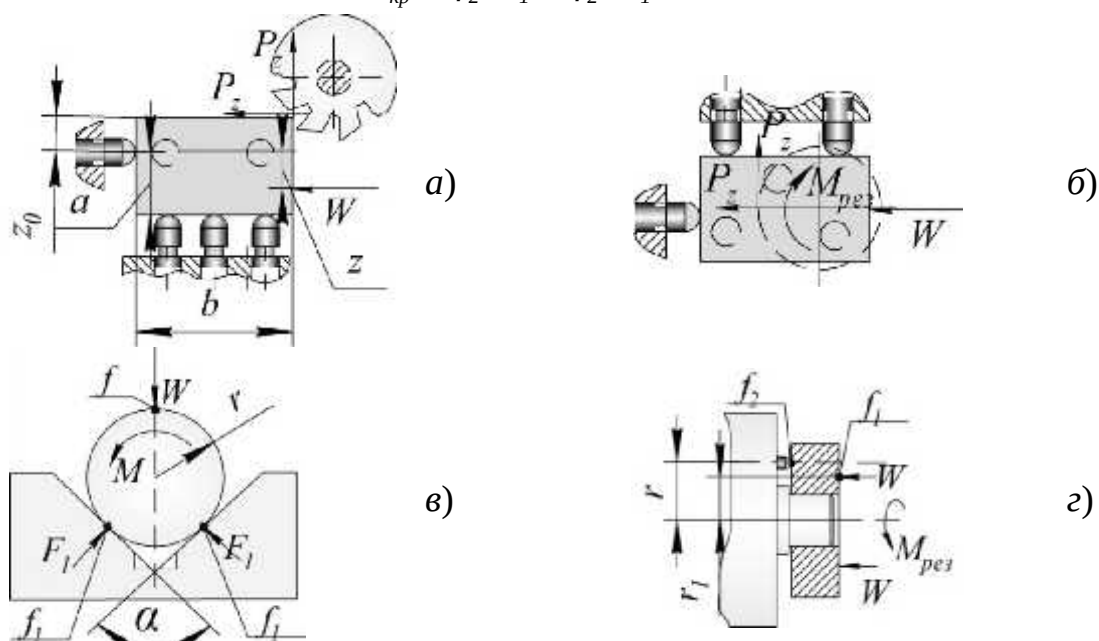


Рис. 2. Схемы расчета сил закрепления заготовок

Девятый вариант (рис. 3, а). Рассмотрим действия двух сил резания P_z и P_x на заготовку 1, зажатую в трехкулачковом патроне станка. Сила резания P_z создает момент:

$$M_{рез} = P_z r_1,$$

который стремится повернуть заготовку вокруг ее оси, а сила P_x - переместить заготовку вдоль ее оси. Суммарная сила зажима заготовки тремя кулачками патрона

$$W_{\text{сум}} fr = KM_{\text{рез}} = KP_z r_1, \text{ откуда } W_{\text{сум}} = \frac{KM_{\text{рез}}}{fr} = \frac{KP_z r_1}{fr}.$$

где W - сила зажима заготовки одним кулачком патрона, Н; r - радиус обрабатываемой части заготовки, зажатой кулачками, мм; r_1 - радиус обработанной части заготовки, мм; f - коэффициент трения между поверхностями заготовки и кулачков (зависит от вида поверхности кулачков. Величину W проверяют на возможность продольного сдвига заготовки силой P_x , по формуле:

$$W_{\text{сум}} f \geq KP_x, \text{ откуда } W_{\text{сум}} = \frac{KP_x}{f}.$$

Десятый вариант (рис. 3, б). Рассмотрим действие силы резания P_z на обрабатываемую заготовку втулки 2, установленную и зажатую на цанговой справке. Сила P_z создает момент резания $M_{\text{рез}}$, которому противодействует момент от силы трения $M_{\text{тр}}$ между установочной поверхностью цанги и заготовкой. Суммарная сила зажима W обрабатываемой заготовки всеми лепестками цанги:

$$W_{\text{сум}} fr = KM_{\text{рез}} = KP_z r_1, \text{ откуда: } W_{\text{сум}} = \frac{KM_{\text{рез}}}{fr} = \frac{KP_z r_1}{fr}.$$

Одиннадцатый вариант (рис. 3, в). Крутящий момент $M_{\text{рез}}$ стремится повернуть заготовку вокруг оси. Для того, чтобы предотвратить поворот заготовки, к ней прилагают силу закрепления двумя самоцентрирующими призмами W , создающую момент трения $M_{\text{тр}}$.

$$KM_{\text{рез}} - M_{\text{тр}} = 0; \quad KM_{\text{рез}} - W \cdot D \cdot f_{\text{нр}} = 0; \quad f_{\text{нр}} = \frac{f}{\sin \sim};$$

$$KM_{\text{рез}} - \frac{W \cdot f \cdot D}{\sin \sim} = 0 \quad \text{или} \quad W = \frac{KM_{\text{рез}} \cdot \sin \sim}{f \cdot D}$$

Двенадцатый вариант (рис. 3, г). Крутящий момент $M_{\text{рез}}$ стремится повернуть заготовку вокруг оси. Для того, чтобы предотвратить поворот заготовки, к ней прилагают силу закрепления W создающую момент трения $M_{\text{тр}}$. Точка приложения силы зажима расположена на расстоянии r от оси отверстия.

$$KM_{\text{рез}} - M_{\text{тр}} = 0, \quad KM_{\text{рез}} - W \cdot f \cdot r = 0 \quad \text{или} \quad W = \frac{KM_{\text{рез}}}{f \cdot r}$$

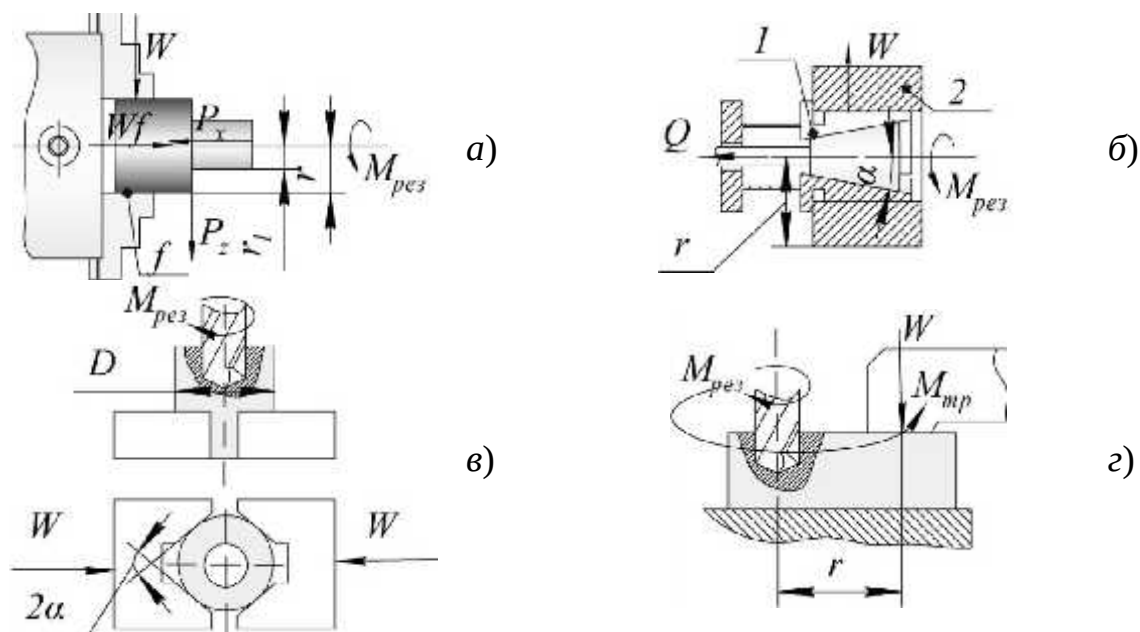


Рис. 3. Схемы расчета сил закрепления заготовок

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить настоящее методическое пособие
- 3.2. Получить у преподавателя схему обработки заготовки в приспособлении.
- 3.3. Построить схему действующих сил.
- 3.4. Вывести расчетную формулу равновесия сил действующих на заготовку.
- 3.5. Сформулировать выводы по работе

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Условия задачи.
- 4.3. Схема действующих сил.
- 4.4. Вывод уравнения равновесия сил действующих на обрабатываемую заготовку
- 4.5. Выводы по работе

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Требования к зажимным устройствам станочных приспособлений.
- 5.2. В каких случаях исчезает необходимость применения зажимных устройств.
- 5.3. Какие факторы учитывает коэффициент надежности закрепления?
- 5.4. На какие группы делятся зажимные устройства?
- 5.5. Порядок определения величины необходимого зажимного усилия закрепления.
- 5.6. Какие факторы определяют принцип действия и конструкцию зажимного устройства?

Практическое занятие 5

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО УСИЛИЯ ЗАЖИМА ЗАГОТОВКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки расчета потребной силы зажима заготовок в технологической оснастке.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Для того чтобы предотвратить перемещение заготовки под воздействием сил резания, к ней необходимо приложить силу закрепления W , 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.

Силовой расчет технологической оснастки можно разбить на следующие этапы:

1. *Определение сил и моментов резания.*

Действующие на заготовку силы и моменты резания можно рассчитать по формулам, приводимым в справочниках и нормативах по режимам резания применительно к определенному виду обработки.

2. *Выбор коэффициента трения f заготовки с опорными и зажимными элементами.*

В технологической оснастке силы трения возникают на поверхностях контакта заготовки с опорными и зажимными элементами. Величина коэффициента трения зависит от многих факторов. При использовании технологической оснастки его определение связано с определенными трудностями. В технологической оснастке встречается много различных сочетаний контактных поверхностей, различающихся по форме, состоянию поверхности, твердости и т.д. Значения коэффициента трения для некоторых сочетаний контактных поверхностей приведены в табл. Г.1, прил. Г.

3. *Составление расчетной схемы и исходного уравнения для расчета зажимного усилия W .*

4. *Расчет коэффициента надежности закрепления K .*

Так как в производственных условиях могут иметь место отступления от тех условий, применительно к которым рассчитывались по нормативам силы и моменты резания, возможное увеличение их следует учесть путем введения коэффициента надежности (запаса) закрепления K и умножения на него сил и моментов, входящих в составленные уравнения статики.

Значение коэффициента надежности K следует выбирать дифференцированно в зависимости от конкретных условий выполнения операции и способа закрепления заготовки. Его величину можно представить как про-

изведение частных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6.$$

- K_0 – гарантированный коэффициент запаса надежности закрепления, $K_0=1,5$;

- K_1 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания из-за случайных неровностей на заготовках ($K_1 = 1,2$ – для черновой обработки; $K_1 = 1,0$ – для чистовой обработки);

- K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания вследствие затупления инструмента (табл. Г.2, прил. Г);

- K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании, $K_3 = 1,2$;

- K_4 – учитывает непостоянство зажимного усилия; ($K_4 = 1,3$ – для ручных зажимов; $K_4 = 1,0$ – для пневматических и гидравлических зажимов);

- K_5 – учитывает степень удобства расположения рукояток в ручных зажимах ($K_5 = 1,2$ – при диапазоне угла отклонения рукоятки 90° ; $K_5 = 1,0$ – при удобном расположении и малой длине рукоятки);

- K_6 – учитывает неопределенность из-за неровностей места контакта заготовки с опорными элементами, имеющими большую опорную поверхность (учитывается только при наличии крутящего момента, стремящегося повернуть заготовку); $K_6 = 1,0$ – для опорного элемента, имеющего ограниченную поверхность контакта с заготовкой; $K_6 = 1,5$ – для опорного элемента с большой площадью контакта.

Величина K может колебаться в пределах $1,5...8,0$. Если $K < 2,5$, то при расчете надежности закрепления ее следует принять равной $K = 2,5$.

5. Расчет величины усилия зажима

Эффективность зажима в значительной степени зависит от направления и места приложения силы, при выборе которого необходимо учитывать ряд правил.

1. Сила зажима должна быть направлена перпендикулярно плоскостям установочных элементов, чтобы обеспечить надёжный контакт с базовыми поверхностями и исключить сдвиг заготовки при зажиме.

2. При базировании заготовки по нескольким базовым плоским поверхностям сила зажима должна быть направлена к тому установочному элементу, с которым заготовка имеет наибольшую площадь контакта.

3. Направление силы зажима и силы тяжести заготовки должны совпадать (это повысит эффективность использования зажимного устройства).

4. Направление силы зажима по возможности должно совпадать с направлением силы резания.

При выборе места приложения сил зажима необходимо придерживаться следующих правил:

1. Сила зажима не должна приводить к опрокидыванию заготовки или ее сдвигу по установочным элементам. Для этого необходимо чтобы точка приложения силы зажима проецировалась:

а) как можно ближе к центру установочного элемента или к центру тяжести треугольника, образованного линиями, соединяющими центры установочных элементов, расположенных в одной плоскости;

б) на участок поверхности заготовки параллельной поверхности плоских установочных элементов, воспринимающих силу зажима.

2. Действие силы зажима и вызываемых ею реакции опор не должно приводить к созданию изгибающих моментов, способных снизить точность обработки не жестких заготовок.

3. Место приложения силы зажима должно находиться как можно ближе к месту обработки, особенно для не жестких заготовок.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Изучить настоящее методическое пособие.

3.2. Получить у преподавателя схему обработки заготовки и исходные данные для расчета.

3.3. Построить схему сил действующих на заготовку и вывести формулу равновесия сил.

3.4. Рассчитать потребное усилие закрепления заготовки.

3.5. Сформулировать выводы по работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

4.1. Цель работы.

4.2. Условия задачи.

4.3. Схема закрепления заготовки.

4.4. Вывод уравнения равновесия сил действующих на обрабатываемую заготовку.

4.5. Расчет потребного усилия закрепления заготовки.

4.6. Выводы по работе

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Требования к зажимным устройствам станочных приспособлений.

5.2. В каких случаях исчезает необходимость применения зажимных устройств.

5.3. Какие факторы учитывает коэффициент надежности закрепления?

5.4. На какие группы делятся зажимные устройства?

5.5. Порядок определения величины необходимого зажимного усилия закрепления.

5.6. Какие факторы определяют принцип действия и конструкцию зажимного устройства?

РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ С РЫЧАЖНЫМИ И ВИНТОВЫМИ ЗАЖИМАМИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки применения и расчета технологической оснастки с рычажными и винтовыми зажимами.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Рычажные зажимы. Для определения соотношения между исходной силой Q механизированного привода и силой зажима W заготовки рассмотрим их действие на прямой рычаг (рисунок 1, а). Сила Q от механизированного привода действует на левый конец рычага на расстоянии L от оси качения O . Сила Q поворачивает рычаг на оси около точки O , а правый конец рычага зажимает обрабатываемую заготовку с силой W , находящейся на расстоянии L_1 от точки O . Вследствие различия плеч L и L_1 рычага, а также учитывая потери на трение на его оси при повороте, можно утверждать, что величины сил Q и W будут различными.

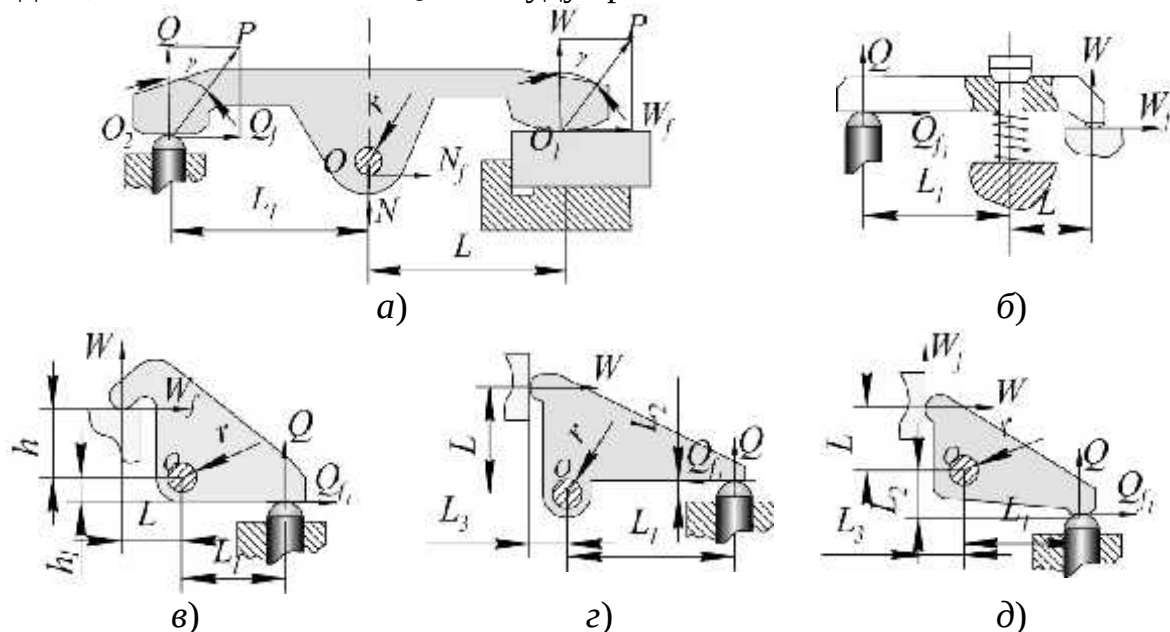


Рис. 1. Схема действия сил рычажных зажимов в технологической оснастке

Реакцию на оси рычага обозначим через N . От силы N возникает сила трения N_f , действующая навстречу вращению рычага. для определения силы N напишем уравнение равновесия рычага относительно точки O_1 без учета силы трения:

$$M_{O1} = N \cdot L - Q \cdot (L_1 + L) = 0,$$

но

$$N = \frac{Q \cdot (L_1 + l)}{L}, \quad N = Q + W.$$

Для определения соотношения между исходной силой Q механизированного привода и силой зажима W детали найдем уравнение равновесия рычага относительно оси вращения O с учетом трения от силы N на его оси (см. рис. 1, а):

$$M_{O1} = QL_1 - Nf_0 - WL = 0, \quad QL_1 = WL + Nf_0r, \quad W = \frac{QL_1 - Nf_0r}{L},$$

откуда

$$W = \frac{QL_1 - Nf_0r}{L}.$$

Подставив в формулу вместо N ее значение, получим

$$W = \frac{QL_1 - (Q + W)f_0r}{L}, \quad WL = QL_1 - Qf_0r - Wf_0r, \quad WL + Wf_0r = QL_1 - Qf_0r$$

Откуда

$$W = \frac{\frac{Q}{L_1} + f_0r}{L + f_0r}, \quad Q = \frac{\frac{W}{L} + f_0r}{L_1 - f_0r}.$$

Передаточное отношение:

$$i = \frac{W}{Q} = \frac{Q(L_1 - f_0r) \cdot (L_1 - f_0r)}{W(L + f_0r) \cdot (L + f_0r)} = \frac{Q(L_1 - f_0r)^2}{W(L + f_0r)^2}.$$

Для рычагов, представленных на рис. 1, б и в, с учетом дополнительных сил трения Q_f и W_f в местах действия сил при $L_1 \geq L$ и $W \geq Q$ сила

$$Q = \frac{W(L + hL + rf_0)}{L_1 - h_1f_1 - rf_0}.$$

Для рычагов, показанных на рис. 1, г, д, силу на штоке привода определяют при $L_1 \geq L$ и f , равном для всех поверхностей:

$$Q = \frac{W(L + L_3f + 0.96rf_0)}{(L_1 - L_2f_1 - 0.4rf_0)}.$$

Винтовые зажимы. Винтовые ручные зажимы находят большое применение в технологической оснастке вследствие их простоты и надежного закрепления заготовок. Недостатки винтовых зажимов: значительное вспомогательное время, необходимое для разжима и зажима детали, большая затрата рабочим мускульной силы, непостоянство силы зажима и возможность смещения заготовки от силы трения на торце винта.

Винтовые зажимы применяют при ручном закреплении заготовок в технологической оснастке, а также в технологической оснастке механизированного типа и при зажиме заготовок в приспособлениях - спутниках, применяемых для деталей, изготавливаемых на автоматических линиях.

Закрепление заготовок винтовыми зажимами в технологической оснастке производится ключами, ручками, гайками, гайками-головками, установленными на конце винта. Зажимные винты и гайки изготавливают из стали 35 и 45 с твердостью $HRC\ 30...35$.

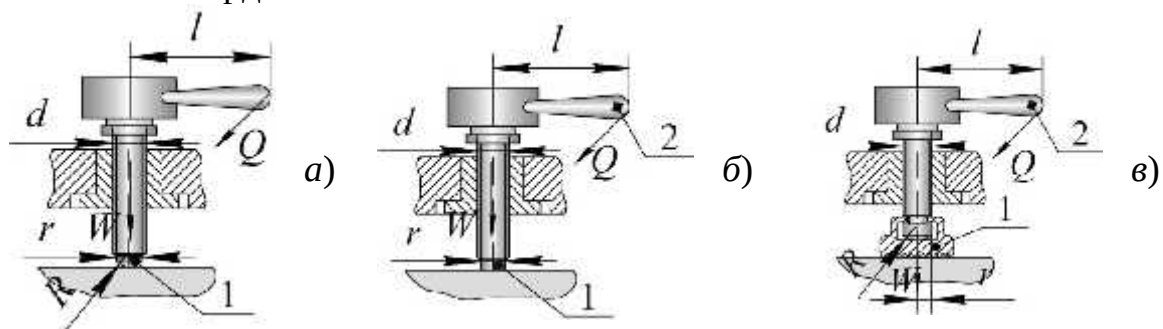


Рис. 2. Винтовые зажимные устройства

Сила, с которой зажимают заготовку винтовым зажимом, зависит от длины рукоятки и величины приложенной к ней силы, формы зажимного торца и вида резьбы.

Сила создаваемая резьбовым зажимом со сферическим торцом 1 (рис. 2, а).

$$W = \frac{QL}{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\sim + \dots_{np})}.$$

Момент M_Q , который нужно развить на винте (гайке) для обеспечения заданной зажимной силы W :

$$M_Q = QL = Wr_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\sim + \dots_{np}).$$

Сила, создаваемая резьбовым зажимом с плоским торцом (рис. 2, б),

$$W = \frac{QL}{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\sim + \dots_{np}) + 0.67 fr}.$$

Момент M_Q , который нужно развить на винте (гайке) резьбового зажима с плоским торцом, для обеспечения заданной зажимной силы W :

$$M_Q = QL = W[r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\sim + \dots_{np}) + 0.67 fr].$$

Сила, создаваемая резьбовым зажимом со сферическим торцом, упирающимся в конусное гнездо зажимного башмака (рис. 2, в),

$$W = \frac{QL}{\left[r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\sim + \dots_{np}) + fR \operatorname{ctg} \frac{\dots}{2} \right]}.$$

Момент M_Q , который нужно развить на винте (гайке) резьбового зажима с башмаком, для обеспечения заданной зажимной силы W :

$$M_Q = QL = W \left[r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\sim + \dots_{np}) + fR \operatorname{ctg} \frac{\dots}{2} \right].$$

где: $Q = 10...15$ - искомая сила на рукоятке или ключе резьбового зажима, прикладываемая рабочим, Н; W - требуемая сила зажима винтом, Н; L -

расстояние от оси винта до точки приложения сил Q , мм, d - номинальный наружный диаметр резьбы, мм; r_{cp} - средний радиус резьбы винта (можно принимать $r_{cp} = 0,45d$), мм; $\alpha = 2^\circ 30' \dots 3^\circ 30'$ - угол подъема витка резьбы; для создания условия самоторможения резьбового зажима $\alpha \leq 6^\circ 30'$; $tg \sim = \frac{S}{2r_{cp}}$; φ - приведенный угол трения в резьбовой паре ($\varphi \approx 6^\circ 40'$); $tg \ddot{ }_{np} = \frac{f}{\cos}$; $f = 0,1 \dots 0,15$ - коэффициент трения при плоском контакте двух сопрягаемых деталей (на нижнем торце гайки или винта); r — радиус цилиндрической части нижнего конца винта, мм; S - шаг резьбы, мм; R - радиус сферического конца винта в гнезде башмака, мм; $\beta \approx 120^\circ$ - угол между касательными к сферической поверхности винта в гнезде башмака; f_{np} - приведенный коэффициент трения:

$$f_{np} = \frac{f}{\cos \beta_1} = \frac{f}{\cos 30^\circ} = 1,15 f .$$

где β_1 - половина угла при вершине профиля метрической резьбы при $f = 0,1$; $f_{np} = tg \varphi_{np} = 0,115$, откуда $\varphi_{np} = \arctg 0,115 \approx 6^\circ 30'$;

В зависимости от требуемой силы зажима W и допускаемого напряжения винта на растяжение определяют номинальный наружный диаметр винта:

$$W = 0,64 \left(\frac{d^2}{4} \right) \cdot [\sigma]_p = 0,5 d^2 [\sigma]_p , \text{ откуда диаметр (мм): } d = \sqrt{\frac{W}{0,5 [\sigma]_p}} .$$

где $[\sigma]_p$ - допускаемое напряжение на растяжение материала винта при переменной нагрузке, для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы можно принимать $[\sigma] = 80 \dots 100$ МПа.

Полученное значение d округляется до ближайшего большего стандартного значения.

Момент открепления винтового зажимного устройства (при $\varphi' > \alpha$)

$$M' = r_{cp} W tg(\ddot{ } \sim) + M_{mp} .$$

С учетом того что при откреплении преодолевается трение покоя, φ' (коэффициент трения покоя в резьбе) следует брать на 30...50 % большим, чем в случае закрепления заготовки.

Момент трения на опорном торце гайки или в месте контакта торца нажимного винта M_{mp} рассчитывается по формуле

$$M_{TP} = r_{cp} W f .$$

где r_{np} - приведенный радиус кольцевого торца, для гаек $r_{np} = \frac{D^3 - d^3}{3(D^2 - d^2)}$;

D - наружный диаметр кольцевого торца гайки.

Затем рассчитывается длина рукоятки (ключа) L по заданной силе воздействия из условия равновесия гайки (винта): $Q = M_Q \cdot L$. Отсюда $L = M_Q / Q$.

Если длина рукоятки известна, из условия равновесия находится Q , т. е. $Q = \frac{M_Q}{L}$, и сравнивается с силой, прикладываемой рабочим или развиваемой механическим приводом.

Комбинированные зажимы. К комбинированным зажимным устройствам относятся винтовые прихваты, состоящие из винтового и рычажного зажимов; эксцентриковые прихваты, состоящие из эксцентрикового и рычажного зажимов и т.д. Рычаги прихватов для удобства установки заготовок выполняют передвижными и откидными. Детали прихватов, в основном, стандартизованы или нормализованы. На рисунке 3, а, показан один из видов нормализованных винтовых прихватов с передвижной прижимной планкой 1 и регулируемой опорой 2. Прихват применяют для крепления заготовок 3 с различными размерами H . При завинчивании гайки 4 планка 1 зажимает заготовку 3. Из равенства моментов сил (рис. 1, а) относительно неподвижных опор находим величину исходной силы, развиваемой винтом:

$$Q = \frac{W(L_1 + L_2)}{L_1 \eta}, \quad \text{откуда сила зажима} \quad W = \frac{Q \cdot L_1 \cdot \eta}{L_1 + L_2}.$$

где $\eta = 0,95$ - КПД, учитывающий потери на трение между прижимной планкой 1 и ее опорой; при $L_1 = L_2$ и $\eta = 1$.

$$W = 0.5Q.$$

На рис. 3, б показан один из нормализованных винтовых прихватов с закрепленной им заготовкой 3. В случае завинчивания винта 5 правый конец прихвата 6 поднимается, а левый спускается и зажимает заготовку 3, установленную на опорах 2, запрессованных в корпус 1 приспособления. При разжиме детали пружина 7 поднимает прихват, удерживаемый головкой 4.

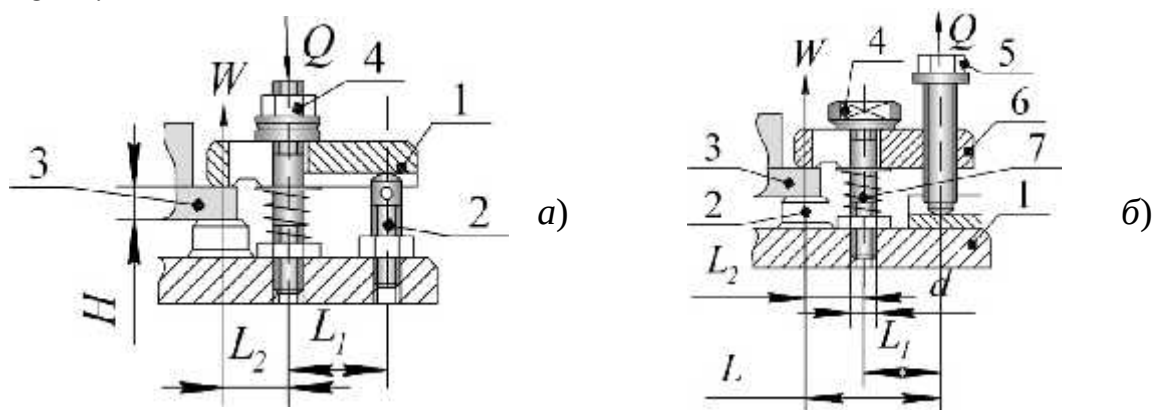


Рис. 3. Нормализованные винтовые прихваты и схема действия сил при зажиме деталей

Из равенства моментов сил относительно неподвижных опор находим величину исходной силы, развиваемой винтовым прихватом:

$$Q = \frac{W \cdot L_2}{L_1}, \quad \text{откуда сила зажима} \quad W = \frac{Q \cdot L_1}{L_2}.$$

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить настоящее методическое пособие
- 3.2. Получить у преподавателя схему закрепления заготовки в приспособлении и значение силы (момента) резания.
- 3.3. Вывести уравнение равновесия сил действующих на заготовку.
- 3.4. Рассчитать потребное усилие закрепления заготовки W .
- 3.5. Рассчитать потребное усилие привода при условии применения в качестве передаточного звена рычажного механизма.
- 3.6. Рассчитать конструктивные размеры привода при условии применения винтового зажимного устройства.
- 3.7. Рассчитать конструктивные размеры привода при условии применения винтового прихвата.
- 3.8. Сформулировать выводы по работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Цель работы.
- 4.2. Исходные данные.
- 4.3. Расчет потребного усилия закрепления заготовки.
- 4.4. Расчёт усилия привода при условии применения рычажного механизма.
- 4.5. Расчёт конструктивных размеров винтового зажимного устройства.
- 4.6. Расчёт конструктивных размеров винтового прихвата.
- 4.6. Вывод.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Область применения рычажных зажимных устройств.
- 5.2. Конструктивные исполнения рычажных зажимных устройств.
- 5.3. Порядок расчета рычажных зажимных устройств.
- 5.4. Область применения винтовых зажимных устройств.
- 5.5. Конструктивные исполнения винтовых зажимных устройств
- 5.6. Порядок расчета винтовых зажимных устройств
- 5.7. Конструктивные исполнения комбинированных зажимных устройств.
- 5.8. Материалы, применяемые для изготовления деталей винтовых и комбинированных зажимных устройств.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Г.Н. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства / Г.Н. Андреев и др.: под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Высшая школа, 2011. – 415 с.
2. Допуски и посадки. Справочник. – В 2-х т. / Под ред. В.О. Мягкова. – Л.: Машиностроение, 1978. – 1113 с.
3. Косов Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учеб. пособие для вузов / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М., 2005. – 304 с.
4. Кошеленко А.С. Основы базирования в металлообработке: учеб. пособие / А.С. Кошеленко, Г.Г. Позняк, Д.К. Сингх. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – 150 с.
5. 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.
6. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
7. Схиртладзе А.Г. Технологическая оснастка: учеб. пособие для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.Ю.Новиков. - М.: Высш. шк., 2011. – 110 с.
8. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений. Теория и задачи: учеб. пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев; под ред. А.В.Беляева. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 288 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Бланк технического задания

ТЗ Лист1

		ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ на проектирование технологической оснастки				УТВЕРЖДАЮ « » 20	
		Предпр.	Цех	ОГК	Рег.№ ОГК	Начальник ОПП	Дата
Обозначение ТЗ							
Основание ТЗ		Дата рег. ТЗ					
		Срок выдачи КД					
		Срок изготовления					
Номер детали (сб. ед.)		Литера		Наименование детали (сб. ед.)			
Модель оборудования		Код		Наименование оборудования			
№№	Спроектировать (внести изменения в чертеж)			Спроектировано (шифр)		Изготавливать, дорабатывать	
						Номер чертежа	Кол.
Согласовано	Объем работ		Стоимость		Конструктор	Начальник техбюро	
	Вид	Поз.	План	Факт			
КБ					Начальник КБ	Начальник ПТО	
Технолог	Нач. техбюро		Зам. нач. цеха		КД скомплектовал	КД получил	Листов
						Лист	

1.	Наименование и область применения	<i>Указывается наименование, назначение СТО и краткая характеристика области применения</i>
2.	Основание для разработки	<i>Указывается полное наименование документа, на основании которого разрабатывают СТО, организация, утвердившая этот документ и дата его утверждения</i>
3.	Цель разработки	<i>Например: разрабатывается впервые, взамен устаревшего, в учебных целях и др.</i>
4.	Решаемые задачи	<i>Например: механизация или автоматизация процесса изготовления изделия (детали, сборочной единицы), устранение разметки, повышение производительности труда и т.д.</i>
5.	Источники разработки	<i>Перечень основных документов по результатам ранее проведенных работ, перечень прототипов, которые необходимо использовать при разработке</i>

6.	Технические требования	
6.1.	Состав СТО и требования к их конструктивному устройству	<i>Указываются наименование, основные составляющие СТО; требования к СТО; требования к средствам защиты (от влаги, вибраций, шума, коррозии и др.); требования к СОТС и др.</i>
6.2.	Показатели назначения	<i>Указываются основные технологические параметры, определяющие целевое использование и применение СТО (мощность, производительность, к.п.д., вид используемого энергоносителя, достигаемая точность и др.)</i>
6.3.	Требования к надежности	<i>Указывают требования к долговечности, безотказности, ремонтпригодности</i>
6.4.	Требования к технологичности и метрологическому обеспечению СТО и эксплуатации	<i>Приводятся требования производственной и эксплуатационной технологичности СТО. Основные контролируемые параметры СТО, требования к методам и средствам их измерений, условия контроля и испытания, квалификация персонала</i>

6.5.	Требования к безопасности и нормативам	<i>Указываются требования к обеспечению безопасности при монтаже, эксплуатации, обслуживании и ремонте, допустимые уровни вибрационных и шумовых нагрузок.</i>
6.6	Условия эксплуатации, требования к техническому обслуживанию и ремонту	<i>указываются условия эксплуатации, при которых должно обеспечиваться использование СТО с заданными техническими показателями; допустимое воздействие климатических условий (температуры, влажности, атмосферного давления, агрессивных сред, пыли и др.); допустимое воздействие механических нагрузок (вибрационных, ударных, скручивающих, ветровых и др.).</i>
6.7.	Дополнительные требования	<i>В общем случае в этом разделе могут указываться дополнительные требования, не вошедшие в предыдущие разделы. Например, требования к маркировке (место и способ нанесения, содержание маркировки, требования к качеству маркировки), упаковке (возможные варианты и требования к консервации и упаковке, в том числе требования к таре и материалам), транспортировке (условия транспортировки и виды транспортных средств, необходимость и способы крепления при транспортировании) и хранению СТО (условия хранения и складирования).</i>

7.	Стадии и этапы разработки	Стадии разработки	Этапы разработки	Дата
		Разработка технического предложения	Изучение и анализ ТЗ	
		Разработка эскизного проекта	Разработка эскизного проекта	
			Рассмотрение и утверждение КД эскизного проекта	
		Разработка технического проекта	Разработка технического проекта	
			Рассмотрение и утверждение КД технического проекта	
		Разработка КД на изделие	Разработка КД на изделие	
			Приемочные испытания изделия	
			Корректировка КД по результатам приемочных испытаний	
		Предприятие-изготовитель разрабатываемого СТО		
		Документы представляемые на техническую экспертизу		
8.	Порядок контроля и приемки	Приводится перечень документов, подлежащих согласованию и утверждению на отдельных стадиях разработки, перечень организаций, с которыми следует согласовывать документы.		
9.	Приложения	Прилагаются копия заявки заказчика, перечень научно-исследовательских и других работ, обосновывающих необходимость проведения работ по разработке СТО, чертежи, схемы описания, обоснования, изобретения, расчеты и другие документы, которые должны быть использованы при разработке СТО, перечень заинтересованных организаций, с которыми согласовывают конкретные технические решения в процессе разработки, справочные и другие материалы.		

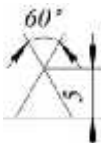
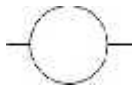
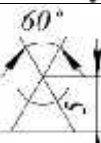
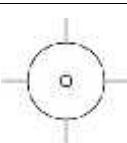
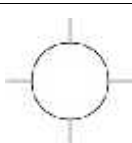
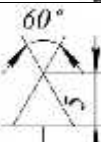
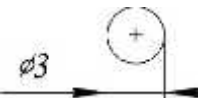
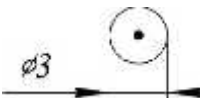
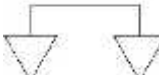
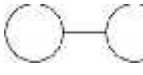
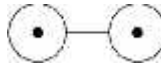
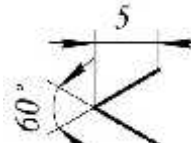
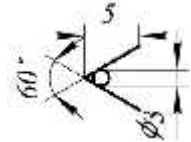
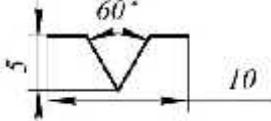
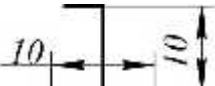
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 - Рекомендации по выбору типа установочных элементов технологической оснастки

Технологическая база	Поверхность базирования	Перечень рекомендуемых установочных элементов
Установочная явная	Плоскость	— 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	— несоцентрирующие патроны; — направляющие отверстия корпусов, втулок, гильз и т. п.
	Центровые отверстия	— жесткие упорные, вращающиеся или плавающие центры.
Двойная направляющая скрытая	Ось отверстия	— оправка с натягом; — разжимные оправки (цанговые, гидропластовые, пружинные).
	Ось наружной поверхности	— самоцентрирующие патроны (цанговые, кулачковые, гидропластовые); — центрирующие призмы тисков.
	Плоскость симметрии	— установочные призмы; — центрирующие тиски.
Направляющая явная	Плоскость, наружные поверхности	— опоры (опорные штыри) с плоскими, сферическими и насеченными головками; — опорные пластины.
	Пазы, шпонки	— направляющие шпонки, пазы.
Двойная опорная явная	Поверхность отверстия	— цилиндрические или шлицевые оправки с зазором; — несоцентрирующие патроны; — цилиндрические пальцы с зазором.
	Наружная поверхность	— несоцентрирующие патроны; — направляющие отверстия корпусов, втулок, гильз и т. п.

Технологическая база	Поверхность базирования	Перечень рекомендуемых установочных элементов
Направляющая скрытая	Ось заготовки	– магнитные, вакуумные и электростатические плиты и патроны; – установочные призмы.
Двойная опорная скрытая	Ось отверстия	– конические оправки и пальцы; – цилиндрическая оправка с натягом; – разжимные оправки (цанговые, гидропластовые, пружинные).
	Ось наружной поверхности	– самоцентрирующие патроны (кулачковые, гидропластовые, мембранные); – центрирующие призмы.
Опорная явная	Плоскость, наружная поверхность	– опоры (опорные штыри) с плоскими, сферическими и насеченными головками.
	Отверстие	– цилиндрический срезанный палец; – фиксаторы (цилиндрический, шариковый).
Опорная скрытая	Поверхность трения	– реализуется зажимными элементами приспособления при закреплении заготовки.
	Ось симметрии отверстия	– разжимной срезанный палец; – плавающий конический палец.
	Ось зуба или шлица	– специальный призматический, зубчатый, шариковый или шлицевой фиксатор для наружных зубьев; – специальные оправки для внутренних зубьев и шлиц.

Таблица Б.2 - Графическое обозначение опор, зажимов и установочных устройств

Наименование опоры	Обозначение опоры на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
Неподвижная			
Подвижная			
Плавающая			
Регулируемая			
Наименование зажима	Обозначение зажима на видах		
	спереди, сзади	сверху	снизу
Одиночный			
Двойной			
Наименование установочного устройства	Обозначение установочного устройства на видах		
	спереди, сзади, сверху, снизу	слева	справа
Центр неподвижный		Без обозначения	Без обозначения
Центр вращающийся		То же	То же
Оправка цилиндрическая			
Патрон поводковый			

Приложение В

Таблица В.1 - Погрешность базирования при установке в технологической оснастке

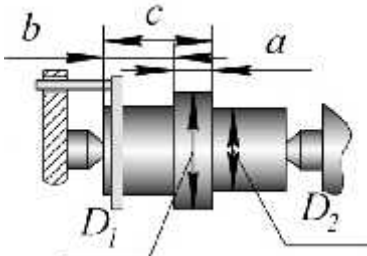
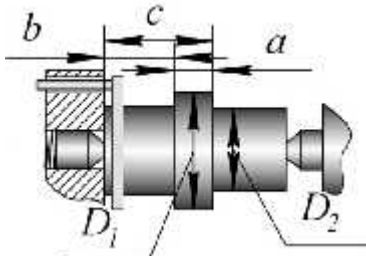
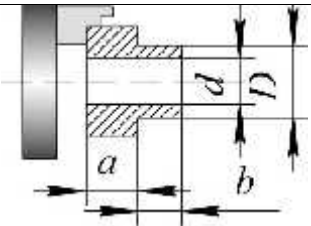
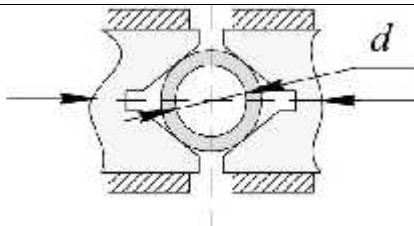
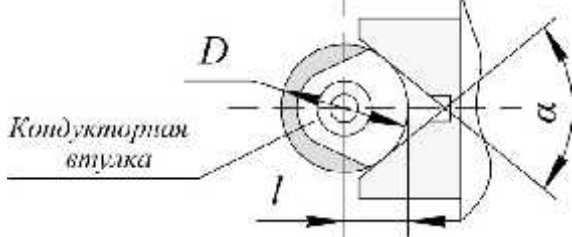
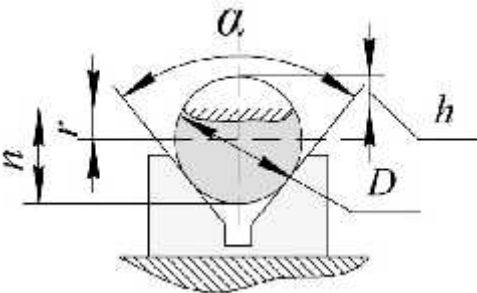
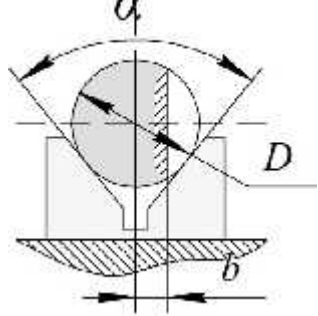
Схема установки и погрешность базирования для размеров	Схема установки и погрешность базирования для размеров
 $\varepsilon_{\pm D1} = \varepsilon_{\pm D2} = \varepsilon_{\pm a} = 0 \quad \varepsilon_{\pm b} = \varepsilon_{\pm c} = a_{II}$	 $\varepsilon_{\pm D1} = \varepsilon_{\pm D2} = \varepsilon_{\pm a} + \varepsilon_{\pm b} + \varepsilon_{\pm c} = 0$
 $\varepsilon_{\pm D} = \varepsilon_{\pm d} = \varepsilon_{\pm a} = \varepsilon_{\pm b} = 0$ (при параллельном подрезании торцов)	 $\varepsilon_{\pm d} = \varepsilon_l = 0$
 $\varepsilon_{\pm l} = \frac{\varphi_D}{2} \left(\frac{1}{\sin(\sim/2)} - 1 \right) \varepsilon_l = \frac{\varphi_D}{2} \cdot \frac{1}{\sin(\sim/2)}$	 $\varepsilon_l = \frac{\varphi_D}{2}$
 $\varepsilon_{\pm m} = \frac{\varphi_D}{2} \cdot \frac{1}{\sin(\sim/2)} \quad \varepsilon_{\pm h} = \frac{\varphi_D}{2} \left(\frac{1}{\sin(\sim/2)} - 1 \right)$ $\varepsilon_{\pm n} = \frac{\varphi_D}{2} \left(\frac{1}{\sin(\sim/2)} + 1 \right)$	 $\varepsilon_{\pm b} = 0$ $\varepsilon_{\pm m} = \varepsilon_{\pm n} = \frac{\varphi_D}{2}$

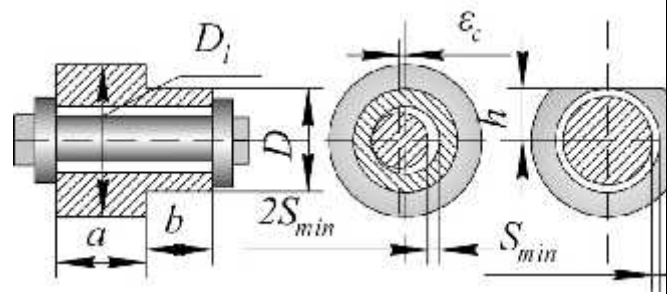
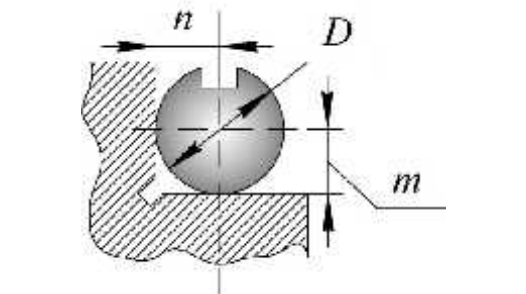
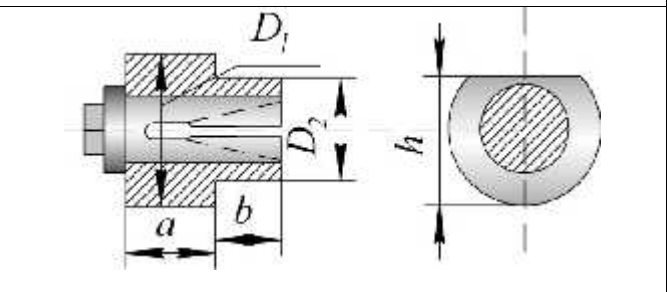
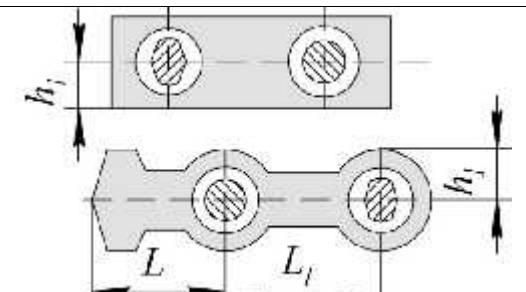
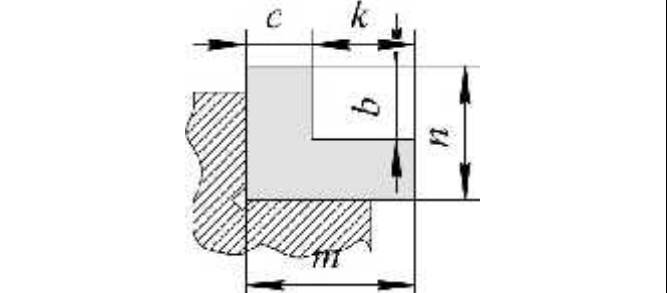
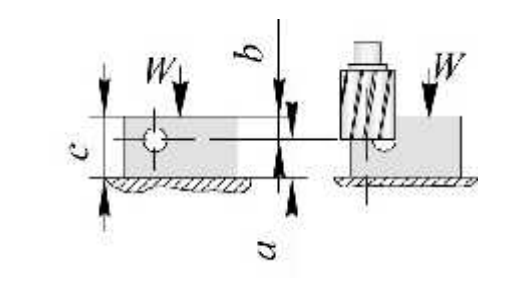
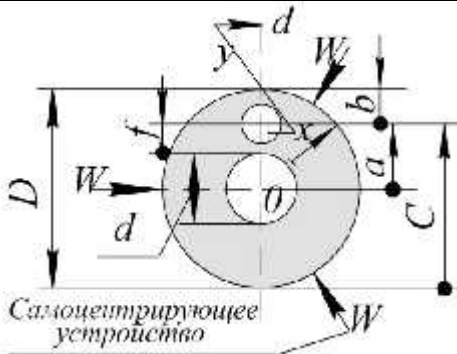
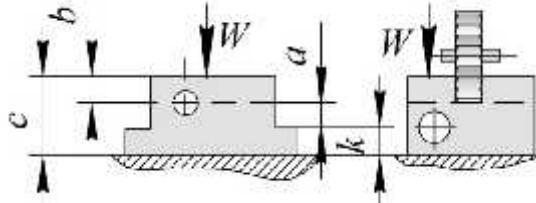
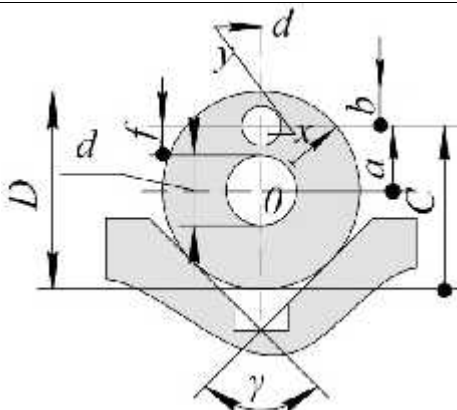
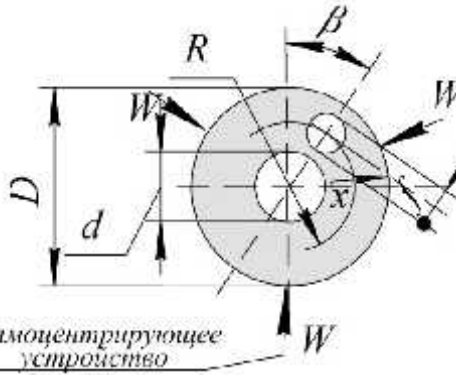
Схема установки и погрешность базирования для размеров	Схема установки и погрешность базирования для размеров
 При установке оправки на плавающий передний центр, гильзу или патрон по упору. $\mathcal{E}_{eD} = \mathcal{E}_{eD1} = s_{\min} + \frac{\Phi_B}{2} + \frac{\Phi_A}{2}$ $\mathcal{E}_{\pm h} = 2s_{\min} + \Phi_B + \Phi_A$	 $\mathcal{E}_{\pm a} = \mathcal{E}_{\pm b} = 0$
 При установке оправки на жёсткий передний центр. $\mathcal{E}_{\pm a} = \Delta_a \quad \mathcal{E}_{\pm b} = \Phi_a$ $\mathcal{E}_{\pm h} = \mathcal{E}_{eD1} = \mathcal{E}_{eD2} = 0$	 $\mathcal{E}_{\pm h1} = 2s_{\min} + \Phi_B + \Phi_A$ $\mathcal{E}_{\pm h2} = (2s_{\min} + \Phi_B + \Phi_A) \left(\frac{l + l_1}{l} \right)$
 $\mathcal{E}_{\pm c} = \mathcal{E}_{\pm n} = \mathcal{E}_{\pm m} = 0$ $\Phi_{\pm k} = \Phi_c \quad \mathcal{E}_{\pm b} = \Phi_n$	 $\mathcal{E}_a = 0 \quad \mathcal{E}_b = \Phi_c$

Схема установки и погрешность базирования для размеров	Схема установки и погрешность базирования для размеров
 $\begin{aligned} \varepsilon_y = x \quad \varepsilon_f = \frac{\phi d}{2} + x \quad \varepsilon_a = 0 \\ \varepsilon_\phi = \varepsilon_c = \frac{\phi D}{2} \end{aligned}$	 $\varepsilon_a = \phi_k \quad \varepsilon_\phi = \phi_c$
 $\begin{aligned} \varepsilon_b = \frac{\phi D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} + 1 \right) \\ \varepsilon_c = \frac{\phi D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} - 1 \right) \\ \varepsilon_f = \frac{\phi D}{2 \sin \frac{\gamma}{2}} + \frac{\phi d}{2} + x \\ \varepsilon_a = \frac{\phi D}{2 \sin \frac{\gamma}{2}} \quad \varepsilon_y = x \end{aligned}$	 $\begin{aligned} \varepsilon = \varepsilon_R = 0 \\ \varepsilon_f = \frac{\phi d}{2} + x \end{aligned}$

Приложение Г. Справочные материалы к практической работе 5

Таблица Г.1 - Значения коэффициента трения f

Характеристика контактирующих поверхностей		Значение f
Обработанная поверхность заготовки контактирует с плоскостью опорных элементов или с плоскостью контактных элементов зажимных устройств		0,1...0,15
Обработанная поверхность заготовки контактирует с опорным элементом (базирование на призму или опорный штырь со сферической головкой)		0,18...0,3
Необработанная поверхность заготовки контактирует с закаленным насеченным элементом		0,5...0,8
Контактный элемент при закреплении соприкасается цилиндрической поверхностью заготовки (при установке в кулачках, в цанге и т.п. и имеет:	острые рифления	0,7...1,0
	гладкую поверхность	0,25
	кольцевые канавки	0,35
	крестообразные канавки	0,45
Контактный элемент соприкасается с необработанной поверхностью и имеет:	кольцевые канавки	0,4...0,5
	высечку	0,5...0,8

Таблица Д.2 - Значение коэффициента K_2

Способ обработки	Компоненты сил резания	K_2	Обрабатываемый материал
Сверление	Крутящий момент M Осевая сила P_o	1,15 1,10	Чугун
Предварительное зенкерование	Крутящий момент M Осевая сила P_o	1,3 1,2	Чугун при износе по задней поверхности резца
Предварительное точение	Тангенциальная сила P_z	1,0	Сталь и чугун
	Радиальная сила P_y	1,4	Сталь
		1,2	Чугун
	Сила подачи P_x	1,6	Сталь
		1,25	Чугун
Цилиндрическое предварительное и чистовое фрезерование	Окружная сила P_z	1,75...1,9	Вязкие стали
		1,2...1,4	Твердые стали и чугуны
Торцевое предварительное и чистовое фрезерование	Окружная сила P_z	1,75...1,9	Вязкие стали
		1,2...1,4	Твердые стали и чугуны
Шлифование	Тангенциальная сила P_z	1,15...1,2	Сталь
Протачивание	Сила резания P_z	1,55	Сталь

Зак. 98/17. Объем 3 п.л.

РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»