

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Технология машиностроения»

С. А. Щербаков

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по курсовому проектированию
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2017

УДК 621.9.06-229(075.8)

ББК 34.5я73

Щ61

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 7 от 14.03.2016 г.)*

Рецензент: главный технолог ОАО «ГЗСУ» А. Г. Тербиленко

Щ61 Щербаков, С. А.

Технологическая оснастка : учеб.-метод. пособие по курсовому проектированию для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» днев. и заоч. форм обучения / С. А. Щербаков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 45 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-351-6.

Приведены общие требования и методика выполнения курсовой работы. Даны примеры расчетов и необходимая информация по проектированию станочных приспособлений.

Для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.9.06-229(075.8)

ББК 34.5я73

ISBN 978-985-535-351-6

© Щербаков С. А., 2017

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2017

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемое учебно-методическое пособие предназначено для обучения методике проектирования станочных приспособлений и выполнения курсовой работы по дисциплине «Технологическая оснастка» для студентов заочной и дневной форм обучения.

Курсовую работу следует выполнять с использованием рекомендаций учебного пособия [1], практического руководства [2] и практикума [3]. Любой вариант проектирования станочного приспособления предполагает творческий подход и различные варианты решений поставленной задачи.

Курсовая работа должна содержать в графической части 3–4 листа формата А1, выполненных вручную (предпочтительно) или на плоттере. 3 листа формата А1 являются обязательным минимумом и должны быть заполнены не менее чем на 80 %.

Примерный перечень графического материала (курсивом – дополнительные задания):

- *чертеж детали* – 0,125–0,5 листа формата А1;
- *план обработки детали* – 1 лист формата А1;
- *эскиз заготовки, обрабатываемой на оснащаемой операции с указанием выдерживаемых параметров точности (ПТ) и конструкторских баз для них; эскиз поступающей на оснащаемую операцию заготовки (с теоретической технологической схемой базирования, реализуемой в схеме установки операционного эскиза); операционный эскиз оснащаемой операции и таблица обоснования допустимости принятой схемы установки* – 1 лист формата А1;
- *сборочный чертеж станочного приспособления* – 1–1,5 листа формата А1;
- *сборочный чертеж контрольного приспособления* – 0,5–1 листа формата А1.

Курсовая работа включает пояснительную записку, состоящую из 20–25 листов *рукописного текста, выполненного чертежным или близким к нему шрифтом (обязательно)* черного или синего цвета, содержащую эскизы и схемы, оформленные черным карандашом вручную. Пояснительную записку следует составлять в самом начале работы. Недопустимо составлять записку по отрывочным предварительным записям. Она должна быть краткой, без переписанных из учебников, справочников и пособий общих рекомендаций и формулировок.

Курсовую работу следует выполнять, используя приведенный в данном пособии порядок и информацию из справочников, учебников, альбомов конструкций и иных источников со ссылками на них, приведенных в списке литературы.

Решение задач курсового проектирования относится к широкому кругу вопросов, связанных с дисциплинами учебного плана специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения», и предполагает знание этих дисциплин. Приведенная в данном пособии информация может использоваться студентами при выполнении конструкторских разделов курсовых и дипломных проектов по технологии машиностроения.

1. Цели выполнения курсовой работы

Выполнение курсовой работы предусматривает следующие цели:

– изучить и применить методику проектирования станочных приспособлений для оснащения операций технологического процесса механической обработки;

– приобрести навыки практического решения технологических и конструкторских задач при проектировании станочного приспособления (СП) для заданной операции механической обработки.

2. Содержание пояснительной записки

2.1. Техническое задание.

2.1.1. Разработка плана обработки детали.

2.1.2. Разработка оснащаемой операции.

2.1.2.1. Анализ обрабатываемых поверхностей и параметров точности (ПТ), выдерживаемых на оснащаемой операции.

2.1.2.2. Указание конструкторских баз для всех выдерживаемых ПТ обрабатываемых поверхностей и выбор оптимальных для них комплекта баз и схемы конструкторского базирования на эскизе заготовки, образующейся после оснащаемой операции.

2.1.2.3. Изображение схемы технологического базирования для выдерживаемых ПТ обрабатываемых поверхностей на эскизе поступающей заготовки с ПТ технологических баз и расчет возникающих погрешностей базирования для выдерживаемых ПТ.

2.1.2.4. Выбор и изображение (условными обозначениями установочных и зажимных элементов и их рабочих поверхностей) схемы

установки на операционном эскизе и обоснование ее допустимости для всех выдерживаемых ПТ обрабатываемых поверхностей оснащаемой операции.

2.1.2.5. Расчет режимов резания на оснащаемой операции.

2.1.2.6. Определение технической нормы времени.

2.1.2.7. Определение рациональной для применения системы приспособлений.

2.2. Техническое предложение.

2.3. Эскизный проект СП.

2.4. Технический проект (разработка сборочного чертежа СП).

2.4.1. Выбор и расположение установочных, направляющих, зажимных элементов и корпуса (базового агрегата) СП.

2.4.2. Разработка спецификации сборочного чертежа СП.

2.5. Техническая характеристика СП.

2.6. Расчеты.

2.6.1. Расчет точности изготовления элементов СП.

2.6.2. Определение необходимого усилия закрепления заготовки в СП.

2.6.3. Разработка зажимного устройства, привода и расчет размеров «слабого звена».

2.6.4. Расчет экономичности применения СП.

3. Рекомендации по выполнению курсовой работы

3.1. Техническое задание (ТЗ) следует выполнять в соответствии с [1, с. 18–80], [2, с. 5–26]. Пример выполнения ТЗ в [3, с. 15–29].

3.1.1. Разработку плана обработки детали вначале необходимо выполнять на черновике с учетом технологических принципов проектирования процессов механической обработки деталей для заданных организационно-технических условий производства по [4]. Оптимальность этого плана проверяется и утверждается руководителем работы. Затем эскизы плана обработки следует выполнить в пояснительной записке, изображая обрабатываемые поверхности толстыми линиями [3, рис. 2], и только потом – на графическом листе работы. Эскизы должны иметь главные виды заготовок в положениях установки на применяемых станках, настроенных для автоматических получений требуемых параметров точности обработанных поверхностей в условиях серийных и массового типов производства. Это предпола-

гает такое деление техпроцесса на операции, чтобы в них вспомогательные времена (на установку-снятие, переустановку, закрепление-открепление, подвод-отвод инструмента, замену инструмента, включение-выключение механизмов станка, изменение режимов резания, контроль и измерения) были меньше основных (машинных) времен.

3.1.2. Разработка оснащаемой операции.

3.1.2.1. Выполняется анализ поверхностей, обрабатываемых на оснащаемой операции, и связанных с ними параметров точности. Для этого эскиз выходящей после оснащаемой операции заготовки (см. рис. 3, *a*) или ([3, рис. 5] без схемы установки) нужно изобразить со всеми ПТ, значения которых необходимо определить из чертежа детали, соответствующих таблиц, справочников и ГОСТов, или рассчитать по соответствующим технологическим размерным цепям [3, с. 18, 19] с учетом припусков и уточнений обрабатываемых поверхностей в структурной формуле технологического процесса обработки поверхностей детали (см. пример в п. 4.1).

3.1.2.2. Все выдерживаемые ПТ обрабатываемых поверхностей оснащаемой операции анализируют и для каждого заглавными буквами со стрелками указывают конструкторские базы (см. рис. 3, *a*, [5, с. 11–14]). Из всех конструкторских баз следует выбрать три, наиболее подходящих для всех выдерживаемых ПТ, и объединить их в один из следующих комплектов баз: «1-й» – установочная – направляющая – опорная; «2-й» – установочная – двойная опорная – опорная; «3-й» – двойная направляющая – опорная – опорная. Затем шестью опорными точками изобразить конструкторскую схему базирования (см. рис. 3, *a*).

3.1.2.3. Необходимо изобразить эскиз поступающей заготовки и шесть опорных точек теоретической схемы базирования выбранного ранее комплекта баз на ее технологических базах (схему технологического базирования (см. рис. 3, *б*)) для выдерживаемых ПТ обрабатываемых поверхностей. При этом технологические базы поступающей заготовки, т. е. принадлежащие ей поверхности, их сочетания, плоскости, оси симметрии и их пересечения должны наиболее точно совпадать с выбранными ранее конструкторскими базами для исключения возникающих погрешностей базирования для выдерживаемых ПТ. При совпадении технологических баз с конструкторскими погрешности базирования равны нулю ($\varepsilon_{Bi} = 0$). При несовпадении технологических баз с конструкторскими следует выполнить расчет возникающих погрешностей базирования для вы-

держиваемых ПТ. Для этого на эскизе поступающей заготовки для принятых технологических баз следует указать ПТ, по которым определяют возникающие погрешности базирования $\varepsilon_{Бi}$. Схема технологического базирования является основой для разработки схемы установки заготовки на оснащаемой операции (см. рис. 3, в, [1, с. 28–34], [2, с. 14–17], [3, рис. 3], [5, с. 14–17]).

3.1.2.4. Следует изобразить операционный эскиз с условными обозначениями установочных элементов, соприкасающихся с технологическими базами выбранного комплекта или материализующих технологические базы, и зажимных элементов, соприкасающихся с поверхностями, назначенными для закрепления, и рабочих поверхностей этих элементов (см. рис. 3, в, [1, с. 28–34], [2, с. 14, 15], [5, с. 14–17]), т. е. со схемой установки. Затем необходимо выполнить обоснование допустимости схемы установки по возникающим погрешностям установки (ε_i) для всех выдерживаемых ПТ обрабатываемых поверхностей оснащаемой операции в виде таблицы [3, табл. 1].

3.1.2.5. Расчет режимов резания на оснащаемой операции следует выполнять после выбора инструмента режущего [10, с. 111–259], вспомогательного [19] и станка [10, с. 7–66], [6, с. 154–196] по [6, с. 92–101] с использованием справочников [10, с. 261–304], [11] и расчетных формуляров из [6, с. 235–247].

3.1.2.6. Необходимо определить техническую норму времени на оснащаемую операцию по рекомендациям [6, с. 101–105].

3.1.2.7. Следует определить рациональную для применения систему приспособлений на оснащаемую операцию по рекомендациям [1, с. 12–15], [2, с. 25–26], [3, с. 28, 29].

3.2. Техническое предложение необходимо выполнять по рекомендациям [1, с. 80], [2, с. 26], [3, с. 29].

3.3. Эскизный проект СП нужно выполнять по рекомендациям [1, с. 80], [2, с. 26, 27], [3, с. 29, 30].

3.4. Технический проект (разработка сборочного чертежа СП) следует выполнять по рекомендациям [1, с. 80–86], [2, с. 28–30], [12].

3.4.1. Необходимо выбрать и расположить установочные, направляющие, зажимные элементы и корпус (базовый агрегат) СП по рекомендациям [1, с. 81–85], [2, с. 28–30].

3.4.2. Разработка спецификации сборочного чертежа СП должна выполняться в соответствии с ГОСТ 2.108–68 (СТ СЭВ 2516–80), [12].

Спецификация – текстовый конструкторский документ, определяющий состав специфицированного изделия и разработанной для него рабочей конструкторской документации, предназначенный для комплектования конструкторских документов, подготовки производства и изготовления изделия. Спецификация составляется на отдельных листах формата А4 и заполняется сверху вниз по правилам ГОСТ 2.306–96.

Спецификация заполняется по таким разделам, как *документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты*. Название каждого раздела указывается в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивается. После каждого раздела в спецификации следует оставлять несколько свободных строк, чтобы в случае необходимости можно было дополнить таблицу новыми номерами позиций.

В раздел «Документация» вносят документы, которые составляют основной комплект конструкторских документов специфицируемого изделия, кроме его спецификации, ведомостей эксплуатационных документов и документов для ремонта, а также документы основного комплекта записываемых в спецификацию неспецифицируемых составных частей (деталей), кроме их рабочих чертежей.

В разделы «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали» вносятся все комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Запись указанных объектов рекомендуется выполнять в алфавитном порядке сочетаний букв кодов организаций-разработчиков или кодов, выделенных для централизованного присвоения обозначений; в пределах этих кодов – в порядке возрастания классификационной характеристики; при одинаковой классификационной характеристике – по возрастанию порядкового регистрационного номера.

Детали должны иметь свои наименования и позиции. Наименование деталей записывается в именительном падеже единственного числа независимо от количества деталей, входящих в сборочную единицу. Предпочтение отдается однословным наименованиям, например: *Корпус, Планка, Фланец*. В наименованиях, состоящих из двух и более слов, на первое место ставится имя существительное, например: *Втулка кондукторная; Колесо зубчатое*.

Для деталей, не имеющих рабочего чертежа, в графе спецификации «Формат» пишется «БЧ» (без чертежа), а в графе «Наименование» указы-

вается материал, из которого изготовлена данная деталь, со всеми обозначениями и указанием ГОСТа, например:

*Стенка правая. Лист $2 \times 352 \times 290$. ГОСТ 19903–74.
Ст. 3 ис. ГОСТ 380–80*

В разделе «Стандартные изделия» на все объекты указываются позиция и условные обозначения наименований с указанием ГОСТа. Например: *Болт М 10 × 50.109.С. ГОСТ 7808–70*. Запись наименований производится по группам изделий в алфавитном порядке и по возрастанию стандартов, а в каждом стандарте – по возрастанию основных параметров или размеров изделия. Например: *Болт М 5 × 40 ...; Болт М 10 × 30 ...; Болт М 10 × 50 ...; Болт М 20 × 30 ...; Болт М 20 × 50 ...*.

В раздел «Материалы» вносят материалы, которые входят в специфицируемое изделие отдельной позицией с указанием номера позиции в графе «Поз.», условных обозначений или названий в графе «Наименование», массы – в графе «Кол.» с указанием единицы измерения в графе «Примечание».

3.5. В разделе «Техническая характеристика СП» следует привести описание выбранной конструкции приспособления с обоснованием необходимости каждой позиции спецификации сборочного чертежа и указать технические параметры его работы.

3.6. В разделе пояснительной записки «Расчеты» необходимо определить точность изготовления элементов СП, необходимое усилие закрепления, выбрать тип и параметры привода, рассчитать прочность деталей, являющихся «слабыми звеньями», и экономичность применения.

3.6.1. По указанию руководителя курсовой работы следует выполнить расчет точности изготовления нескольких элементов сборочного чертежа, отвечающих за обеспечение точности выдерживаемых ПТ обрабатываемых поверхностей оснащаемой операции.

3.6.2. Нужно определить необходимое усилие закрепления заготовки в СП по рекомендациям [1, с. 104–114], [2, с. 30–33], используя следующую методику:

1. На основании схемы установки заготовки на операционном эскизе построить схему сил, действующих на заготовку при обработке для «наихудшего» случая сочетания силовых и размерных факторов, приводящего к нарушению ее неподвижности. Точки приложения сил на схеме силового воздействия определяются с учетом следующих до-

пущений: силы, распределенные на площади, располагают в ее центре тяжести; силы, распределенные по кольцевой площади, располагают по окружности трения с радиусом (r), рассчитанным по формуле $r = (1/3)(D^3 - d^3)/(D^2 - d^2)$, где D – наружный диаметр кольца; d – внутренний диаметр кольца. Направления внешних (сдвигающих) сил (резания, инерции, силы тяжести) принимаются для этого «наихудшего» случая обеспечения неподвижности заготовки. Такой случай может быть неочевидным, однозначно. Тогда рассматриваются несколько случаев и выбирается «наихудший». В схеме сил, действующих на заготовку, направления реакций от опор выбираются перпендикулярными базовым поверхностям заготовки. Направления сил закрепления выбираются перпендикулярно поверхностям заготовки, выбранным для закрепления. Направления сил трения выбираются так, чтобы они были перпендикулярны соответствующим реакциям и силам закрепления и противодействовали бы смещению заготовки для «наихудшего» случая. Возможны случаи разного направления сдвигающих силовых факторов (сил и моментов), вызывающих неопределенность направлений сил трения. Тогда такие направления принимаются в качестве неизвестных и, применяя принцип независимости действия сил, определяются несколько векторов соответствующих сил трения для разных силовых факторов, а затем определяется их векторная сумма. В этом случае рассматриваются дополнительные схемы раздельного силового воздействия на заготовку и выполняются соответствующие расчеты (см. пп. 4.3.1 и 4.3.2).

2. Необходимо определить максимально допустимые точностью обработки значения необходимых усилий закрепления заготовки Q_{maxi} , так как, чем больше значения реакций опор и усилий закреплений, тем больше деформации и погрешности закрепления и обработки. Для операций окончательной обработки, где должна быть обеспечена высокая точность обработки (точнее 8 квалитета), определяются допустимые деформации и погрешности закрепления (в пределах до $0,2 \cdot T$ выдерживаемого допуска). Для операций черновой и промежуточной обработки допустимые деформации и погрешности закрепления могут достигать до $0,5 \cdot T$ выдерживаемого допуска. По допустимым деформациям и погрешностям закрепления заготовки определяются соответствующие им максимально допустимые усилия закрепления заготовки Q_{maxi} .

3. Не следует искать оптимальную расчетную силу закрепления заготовки на пути формального составления и решения системы шести линейных уравнений (1):

$$\begin{cases} \sum P_{iZ} = 0; \\ \sum P_{iY} = 0; \\ \sum P_{iX} = 0; \\ \sum M_{iZ} = 0; \\ \sum M_{iY} = 0; \\ \sum M_{iX} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где P_{iZ} , P_{iY} , P_{iX} – соответствующие проекции сил на оси расчетной системы координат; M_{iZ} , M_{iY} , M_{iX} – моменты сил относительно соответствующих осей расчетной системы координат. На практике система (1) может иметь бесконечное множество решений, а вероятность получить оптимальное решение с первого раза невелика.

4. Следует сравнить схему действующих на заготовку сил со схемами сил, приведенными в справочниках или учебниках, проанализировать совпадения и расхождения этих схем и возможность применения соответствующих формул. Эти действия позволят глубже вникнуть в проблему, исправить возможные ошибки на схеме сил, понять, как выведена формула, и, возможно, рассчитать необходимую силу закрепления по формуле из справочника [13, с. 376–384] как первое приближение к оптимальному значению.

5. Если схема действующих на заготовку сил не совпадает ни с одной из 22 схем справочника [13, с. 376–384], не совсем совпадает, или совпадает, но есть сомнения в правильности полученного значения силы закрепления при анализе результата, то следует определить оптимальные (минимально допустимые) значения расчетных сил закрепления. Примерами определения таких решений являются упоминавшиеся ранее выводы формул для необходимых сил закрепления по типовым расчетным схемам из справочника [13], учебника [16, с. 68–85]. Оптимальное решение должно содержать минимальные и достаточные для неподвижности заготовки значения реакций опор и сил закрепления. Это решение следует искать с использованием принципа независимости действия силовых факторов на неподвижную заготовку для одного или нескольких «наихудших» случаев и последующего векторного суммирования результатов отдельного определения расчетных сил закрепления.

Для определения неизвестных значений расчетных сил закрепления и реакций опор следует решать уравнения моментов из системы (1), в которых сдвигающие силовые факторы создают наибольшие моменты относительно опор, а останавливающие заготовку силы (силы закрепления, трения, реакции опор) противодействуют этим моментам. При превышении числом неизвестных останавливающих сил количества уравнений моментов следует присвоить некоторым реакциям, действие которых приводит к увеличению сил закрепления, значения, равные нулю. Выбор опор с такими реакциями зависит от схемы сил, действующих на заготовку, т. е. от их направлений и точек воздействия на заготовку. Универсальной рекомендацией для этого может быть правило – приравнять к нулю реакции, действие которых может привести к сдвигу заготовки. Реакции опор и силы трения на них должны удерживать заготовку. Если же реакции некоторых опор в уравнениях моментов «помогают» сдвинуть заготовку, то их значения принимаются равными нулю. Возможны случаи, когда заготовку гарантированно удерживают только реакции и силы трения опор, тогда силы закрепления принимаются равными нулю, как, например, при протягивании отверстий.

6. Полученные значения и направления реакций опор и расчетных сил закрепления W_i следует проанализировать. Значения результатов в полученном решении могут оказаться противоречащим здравому смыслу. Например, они могут быть отрицательными, что говорит об их противоположном направлении, в отличие от направления, принятого в схеме силового воздействия на заготовку. Нужно помнить, что большие силы закрепления вызывают большие противодействующие им реакции опор и чрезмерные деформации заготовки. Затем значения расчетных сил закрепления W_i следует умножить на соответствующий условиям обработки коэффициент запаса (K) [1, с. 106–108], [2, с. 30–32] и сравнить их произведение с Q_{\max} .

7. Если $0 \leq W_i K \leq Q_{\max}$, то задача решена. В противном случае следует уменьшить значения сдвигающих силовых факторов (изменить режимы обработки для уменьшения сил и моментов резания) и снова выполнить пп. 5 и 6, т. е. повторно определить расчетные и необходимые силы закрепления, удовлетворяющие условиям приведенного выше неравенства.

Нахождение решений для «нетиповых» схем силового воздействия, которые встретятся в Ваших расчетах (что, скорее всего, и про-

изойдет, так как оригинальных схем установок, можно сказать, бесконечно много) станет проявлением Вашей компетентности и способностей к творчеству.

3.6.3. Выбор и необходимые расчеты зажимного устройства, привода, размеров «слабого звена» следует выполнять по указанию руководителя курсовой работы с использованием справочников [13], [14], [20], [21], учебников [16]–[18] и других источников информации.

3.6.4. Расчет экономичности применения СП необходимо выполнять по рекомендациям [2, с. 33–42], как, например, в [3, с. 35, 36].

4. Примеры расчетов

4.1. Пример определения расчетных параметров точности, соответствующих уточнениям поверхностей по структурной формуле технологического процесса

В технологическом процессе механической обработки гайки регулировочной (рис. 1) после обработки двух соосных отверстий с диаметрами $\varnothing 9$ и $\varnothing 6,7$ производится шлифовка торца, для которой оставляется припуск $Z = 0,2$ мм.

Поскольку на операции сверления поступающая заготовка имеет размер $13,2$, а не $13_{-0,43}$ (как на чертеже детали), требуется определить следующие расчетные параметры точности: допуск T_1 на размер $13,2_{-T_1}$ и размер с допуском $A_2 \pm T_2/2$ для расположения общей оси отверстий $\varnothing 9$ и $\varnothing 6,7$ от торца.

По формулам (5.13), (5.15), (5.16) в [1, с. 98] для решения «прямой задачи» расчета размерных цепей (рис. 2), для метода полной взаимозаменяемости записываем следующие уравнения:

$$A_{\Delta 1} = A_1 - Z; \quad (2)$$

$$C_{\Delta 1} = C_1 - C_Z; \quad (3)$$

$$T_{\Delta 1} = T_1 + T_Z; \quad (4)$$

$$A_{\Delta 2} = A_2 - Z; \quad (5)$$

$$C_{\Delta 2} = C_2 - C_Z; \quad (6)$$

$$T_{\Delta 2} = T_2 + T_Z. \quad (7)$$

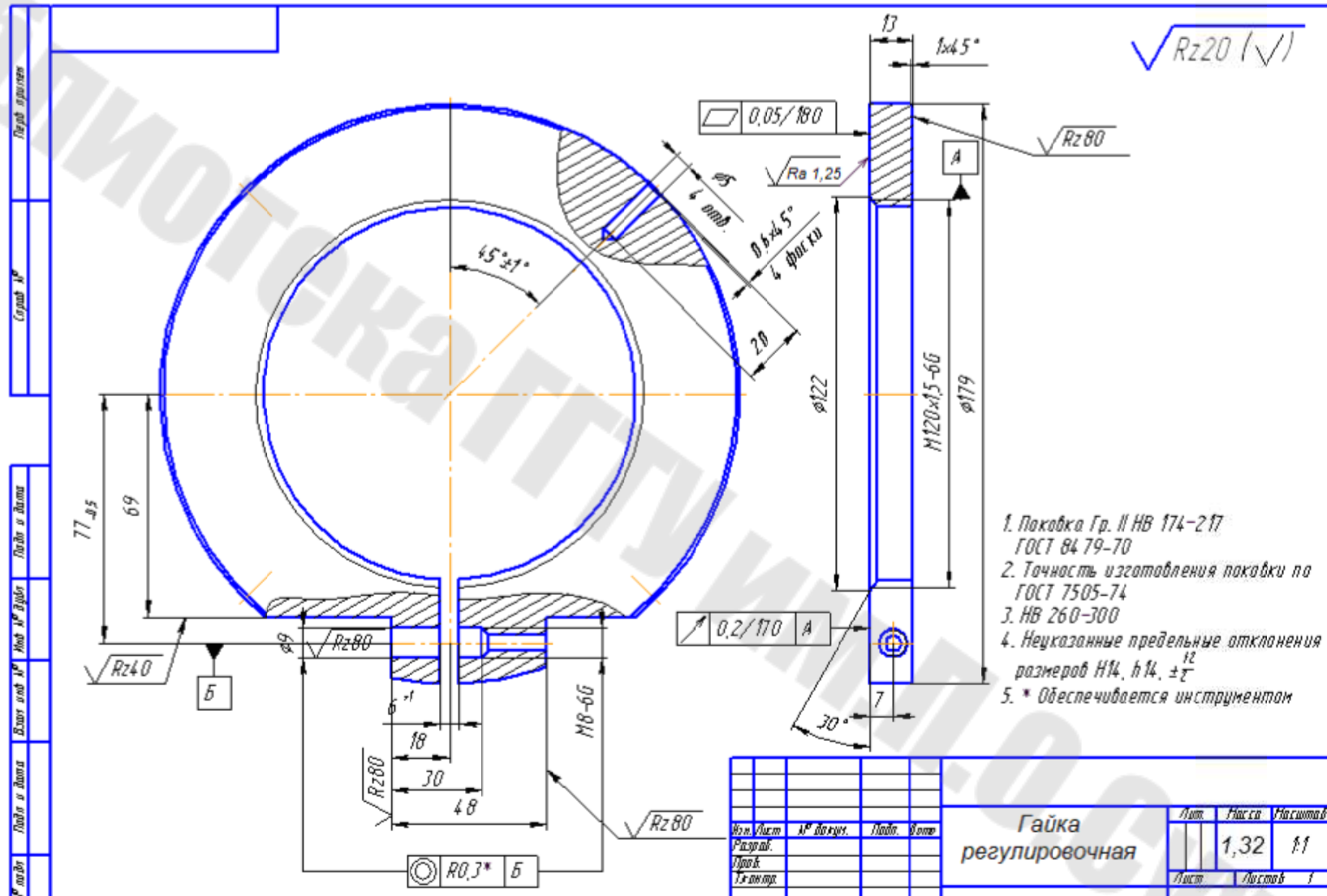


Рис. 1. Чертеж детали

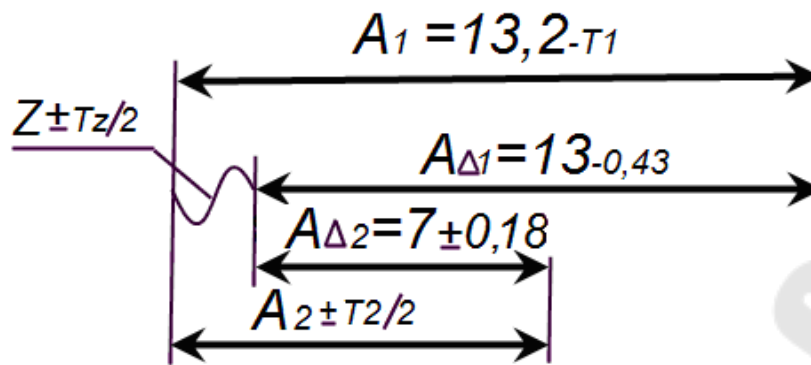


Рис. 2. Размерные цепи для определения расчетных параметров точности

По формуле (2) размер толщины поступающей заготовки $A_1 = 13,2$. От торца, на котором оставлен припуск на подшлифовку, на чертеже детали задан размер $A_{\Delta 2} = 7 \pm 0,18$, определяющий расположение оси указанных выше отверстий.

Таблица 1

Интервал размеров, мм	До 3	Свыше 3 до 6	6 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120
i , мкм	0,55	0,73	0,9	1,08	1,31	1,56	1,86	2,17

Продолжение табл. 1

Интервал размеров, мм	120 180	180 250	250 315	315 400	400 500	500 630	630 800	800 1000
i , мкм	2,52	2,89	3,22	3,54	3,89	4,27	4,72	5,23

Таблица 2

Квалитет	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
a	5	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000

Допуск $T_{\Delta 1} = 430$ мкм первого исходного (замыкающего) звена $A_{\Delta 1}$ на основе принципа равной точности изготовления составляющих звеньев размерной цепи по формуле (4) распределяем по [15], [20]. По табл. 1 единицы допусков для: $A_1 = 13,2$; $i_1 = 1,08$; $Z = 0,2$; $i_z = 0,55$. Средний относительный коэффициент точности для составляющих звеньев размерной цепи $a_p = T_{\Delta} / \sum i_i = 430 / (0,55 + 1,08) = 263,8$ расположен (табл. 2) между квалитетами 13 и 14. При этом определяемые допуски звеньев по таблице допусков (СТ СЭВ 145–75) с учетом принци-

па равной точности изготовления должны располагаться в интервалах: $T_1 = (270-430)$; $T_Z = (140-250)$. Примем: $T_1 = 330$ мкм; $T_Z = 100$ мкм.

Размер $A_1 = 13,2_{-0,33}$ является охватываемым (валом), поэтому поле его допуска направим в «тело детали», т. е. в «-». Середина его поля допуска $C_1 = -0,165$.

$$\text{По формуле (5)} \quad A_2 = A_{\Delta 2} + Z = 7 + 0,2 = 7,2.$$

$$\text{По формуле (7)} \quad T_2 = T_{\Delta 2} - T_Z = 0,36 - 0,1 = 0,26.$$

$$\text{По формуле (3)} \quad C_Z = C_1 - C_{\Delta 1} = -0,165 - (-0,215) = +0,05.$$

$$\text{По формуле (6)} \quad C_2 = C_{\Delta 2} + C_Z = 0 + 0,05 = +0,05.$$

Предельные отклонения для A_2 и Z :

$$B_2 = C_2 + T_2 / 2 = 0,05 + 0,26 / 2 = 0,18;$$

$$H_2 = C_2 - T_2 / 2 = 0,05 - 0,26 / 2 = -0,08;$$

$$B_Z = C_Z + T_Z / 2 = 0,05 + 0,1 / 2 = 0,1;$$

$$H_Z = C_Z - T_Z / 2 = 0,05 - 0,1 / 2 = 0;$$

$$A_2 = 7,2_{-0,08}^{+0,18}; \quad Z = 0,2_{0}^{+0,1}.$$

Размер $A_2 = 7,2$ и припуск $Z = 0,2$ относятся к виду размеров «ни вал, ни отверстие», для которых указывают симметричные предельные отклонения полей допусков, поэтому середины их полей допусков должны равняться нулю. Рассчитав векторную сумму значений номинальных размеров с соответствующими серединами полей допусков, определяем новые номинальные размеры A'_2 и Z' с нулевыми серединами полей допусков и симметричными предельными отклонениями, которые примем в качестве расчетных параметров точности (ПТ):

$$A'_2 = A_2 + C_2 = 7,2 + 0,05 = 7,25 \pm 0,13;$$

$$Z' = Z + C_Z = 0,2 + 0,05 = 0,25 \pm 0,05.$$

Решение «обратной задачи» по формулам (5)–(7) подтверждает правильность рассчитанных параметров точности.

4.2. Пример определения выдерживаемых параметров точности и построения теоретических схем базирования конструкторского и технологического

Помимо размеров, указанных на чертеже детали рис. 1, или рассчитанных в п. 4.1, параметрами точности, задающими однозначность расположения соосных отверстий $\varnothing 9$ и $\varnothing 6,7$ на эскизе выходящей после оснащаемой операции заготовки на рис. 3, *a* будут:

- ПТ₁ = 0,5 – допуск размера $77_{-0,5}$ от оси В₆ для отверстий $\varnothing 9$ и $\varnothing 6,7$ до конструкторской базы – вертикальной плоскости симметрии Г₁, проходящей через ось центрального отверстия детали М 120 × 1,5 – 6G;
- ПТ₂ = 0,26 – допуск рассчитанного в п. 4.1 размера $7,25 \pm 0,13$ от оси В₆ до торца А₂;
- ПТ₃ = 0,52 – допуск размера $30 \pm 0,26$ глубины отверстия $\varnothing 9$ от верхней плоскости выступа детали 48;
- ПТ₄ = 0,16 – допуск параллельности оси отверстий $\varnothing 9$ и $\varnothing 6,7$ к плоскости торца А₄ [10, с. 451];
- ПТ₅ = 0,4 – допуск перпендикулярности оси отверстий $\varnothing 9$ и $\varnothing 6,7$ к горизонтальной плоскости симметрии Б₅ [10, с. 451];
- ПТ₆ = 0,22 – допуск на $\varnothing 6,7$ Н13^(+0,22), для которого конструкторской базой является ось В₆;
- ПТ₇ = 0,36 – допуск на $\varnothing 9$ Н14^(+0,36), для которого конструкторской базой является ось В₆;
- ПТ₈ = 0,25 – допуск соосности $\varnothing 9$ Н14^(+0,36) и $\varnothing 6,7$ Н13^(+0,22) относительно оси В₆ [10, с. 452].

Восемь ПТ на эскизе выходящей заготовки (рис. 3, *a*) заданы от шести конструкторских баз (А₂, А₄, Б₃, Б₅, Г₁, В₆), обозначенных заглавными буквами с индексами соответствующих ПТ.

Все выдерживаемые ПТ заданы в прямоугольной системе координат, поэтому выбираем 1-й комплект баз [1, с. 22–24] с установочной базой А, направляющей базой Б и опорной базой Г. Направляющая и опорная базы являются скрытыми, совпадающими с воображаемыми плоскостями симметрии (горизонтальной и вертикальной), проходящими через ось центрального отверстия детали. Конструкторские базы являются идеально правильными (без каких-либо погрешностей) плоскостями, прямыми линиями или точками, расположенными в координатных плоскостях конструкторской системы координат. Поэтому базы А₂ и А₄ совпадут с установочной базой А, на которой расположатся три опорные точки 1, 2, 3. База Б₅ совпадет с направляющей базой Б

с двумя опорными точками (4, 5), а база Γ_1 совпадет с опорной базой Γ с одной опорной точкой (6) выбранного комплекта баз. Базы B_3 и B_6 в этом комплекте баз остались незадействованными.

Поступающая заготовка (рис. 3, б) при обработке на оснащаемой операции базируется по реальным поверхностям, имеющим погрешности размеров, формы и расположения в пределах допусков предыдущих обработок ($13,2_{-0,33}$; $\varnothing 118,5_{+0,03}^{+0,33}$; $48_{-0,62}$; $18 \pm 0,215$). При разработке схемы технологического базирования следует учитывать ее влияние как на точность обработки, так и на конструкцию приспособления (на ее сложность, время изготовления, стоимость) и на время установки-снятия заготовки при обработке.

Обеспечить расположение опорных точек в схеме технологического базирования такое же как и в схеме конструкторского базирования на рис. 3, а, можно было бы при использовании в приспособлении механизмов материализации скрытых баз Б и Г. При использовании разжимного пальца (оправки) для отверстия $\varnothing 118,5$ опорные точки (ОТ) 5 и 6 в технологической схеме базирования расположатся также, как и конструкторской. Для расположения ОТ 4 на скрытой направляющей технологической базе Б, также, как на конструкторской базе Б (рис. 3, а), потребовался бы механизм равномерного схождения базирующих элементов (кулачков, плунжеров и т. п.) для горизонтальных плоскостей выступа $48_{-0,62}$ с центром сходимости, расположенным на 6 мм ниже базы Б. При этом схемы технологического и конструкторского базирования совпали бы, и все выдерживаемые ПТ, кроме ПТ₃, не имели бы погрешностей базирования. Но это усложнило бы конструкцию приспособления и увеличило бы время установки-снятия заготовки.

Устранить погрешность базирования для ПТ₃ можно, если в схеме технологического базирования перенести ОТ 4 на верхнюю плоскость выступа $48_{-0,62}$ и в конструкции приспособления использовать подводимую опору под нижнюю плоскость этого выступа. При этом рабочий должен был бы каждую заготовку поджимать верхней плоскостью выступа $48_{-0,62}$ к постоянной опоре подводимой опорой снизу, которая воспринимала бы осевую силу при сверлении отверстий и обеспечивала бы неподвижность заготовки. Такая конструкция установочных элементов и способ базирования значительно увеличили бы время установки-снятия заготовки.

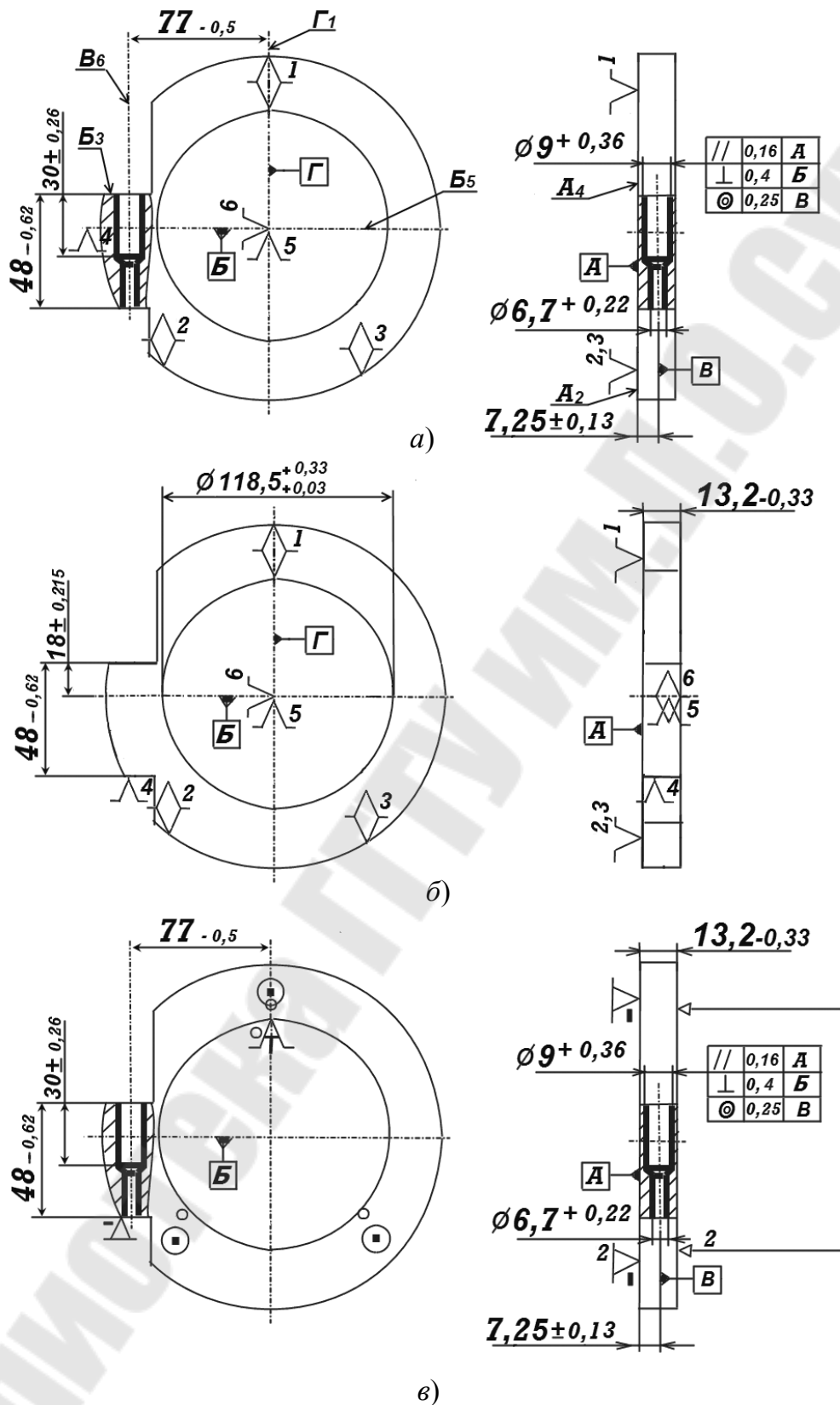


Рис. 3. Эскизы:

a – выходящей после операции заготовки с конструкторской схемой базирования; *б* – поступающей на операцию заготовки с технологической схемой базирования; *в* – операционный

Представленная на рис. 3, б схема технологического базирования с ОТ 4 на нижней плоскости выступа 48_{-0,62} обеспечивает достаточно простую конструкцию установочных элементов (с базированием на постоянную опору 11 на рис. 4) с наименьшим временем установки-снятия заготовки. Но в этой схеме технологического базирования для ПТ₃ = 0,52 погрешность базирования $\epsilon_{Б3} = 0,62$ (равная допуску на размер 48_{-0,62}) и для ПТ₅ = 0,4 погрешность базирования $\epsilon_{Б5} = 0,62 \cdot 16 / \sqrt{(77 + 5)^2 + 30^2} = 0,114$, где $\sqrt{(77 + 5)^2 + 30^2}$ – расстояние от опоры 11 до оси пальца 8 на рис. 4; 16 – длина верхней плоскости выступа детали 48.

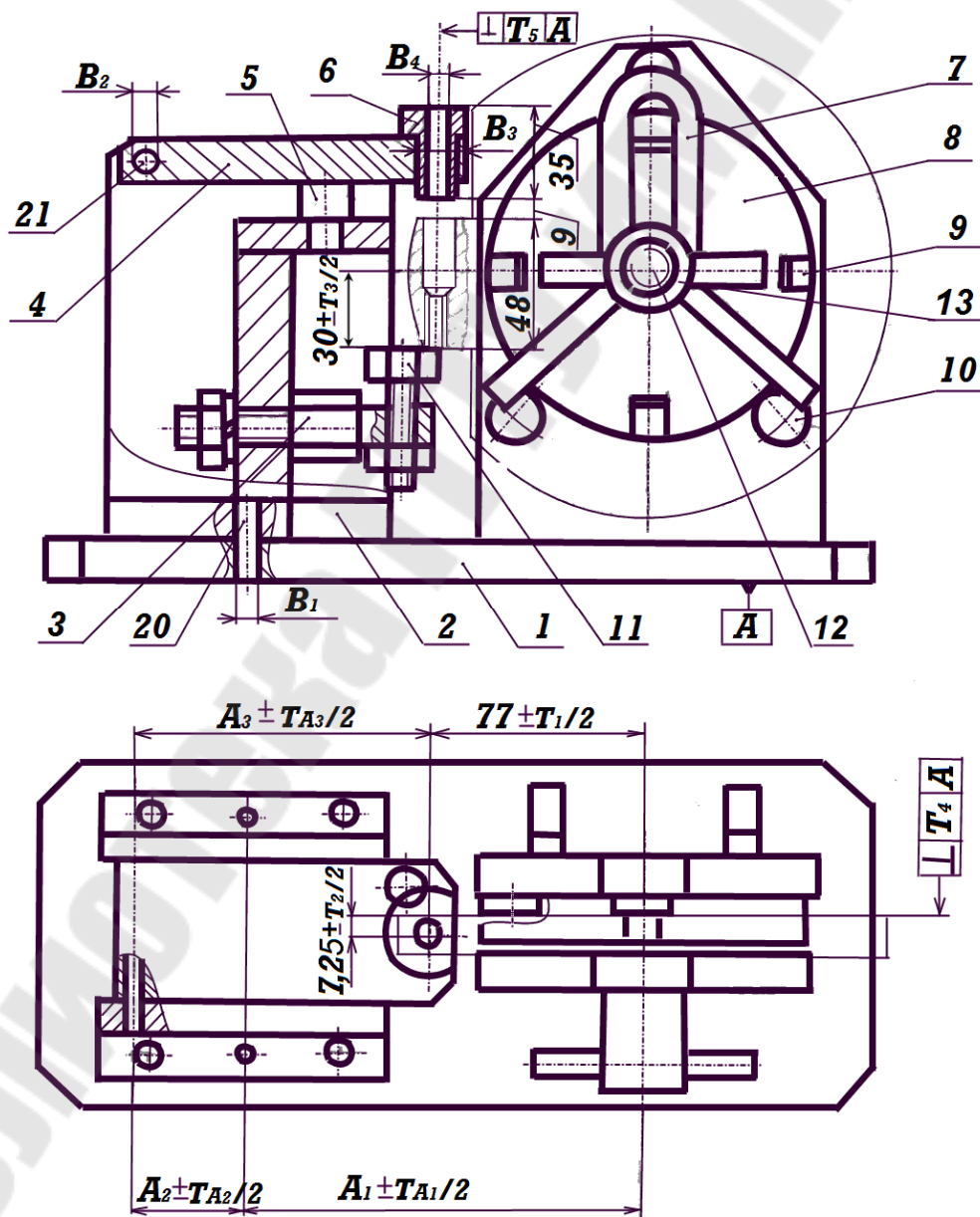


Рис. 4. Эскиз приспособления

Обеспечить точность обработки по ПТ₃ при этой схеме технологического базирования можно такими технологическими мероприятиями:

1) уменьшить допуск на размер выступа 48 до 0,25 (соответствующему 12 качеству), что, возможно, потребует двух обработок его плоскостей вместо одной, но сократит погрешности базирования до $\varepsilon_{Б3} = 0,25$ и $\varepsilon_{Б5} = 0,046$;

2) для обеспечения ПТ₃ можно применить обработку отверстия $\varnothing 9$ на глубину $30 \pm 0,26$ по лимбу станка (тогда для ПТ₅ изменится схема технологического базирования и ОТ 4 переместится в ней на верхнюю плоскость выступа 48, и исчезнет погрешность базирования $\varepsilon_{Б3} = 0$);

3) согласовать расширение допусков (если возможно) с конструктором изделия для ПТ₃ = 1,3 мм по 16 качеству. Тогда $\varepsilon_{Б3} = 0,62$ будет составлять допустимую величину в суммарной погрешности обработки для ПТ₃;

4) комбинации выше рассмотренных мероприятий.

4.3. Примеры расчетов точности изготовления элементов оснастки

4.3.1. Пример определения расчетных допусков и технических требований на изготовление некоторых элементов кондуктора для сверления отверстий

Целью этого расчета является определение требуемой точности изготовления элементов кондуктора, обеспечивающих параметры точности, заданные на операционном эскизе обработки (рис. 3, в) (на чертеже детали рис. 1): $77_{-0,5}$; $7,25 \pm 0,13$; $30 \pm 0,26$; $\varnothing 9 \text{ H}14^{(+0,36)}$; $\varnothing 6,7 \text{ H}13^{(+0,22)}$. Соосность в радиусном выражении 0,2 мм диаметров $\varnothing 9$ и $\varnothing 6,7$ обеспечивается комбинированным сверлом.

Суммарную погрешность обработки Δ_{Σ_i} определим по [7, с. 122]:

$$\Delta_{\Sigma_i} = \Delta_{И_i} + \sqrt{\Delta_{СЛ_i}^2 + \Delta_{Н_i}^2 + \varepsilon_i^2} \leq T_{Д_i}, \quad (8)$$

где $\Delta_{И} = \frac{2 \cdot I_0 \cdot l}{1000}$ – погрешность от износа инструмента;

$I_0 = 30$ мкм/км – относительный износ сверла из стали Р6М5;

$l = \frac{\pi \cdot d \cdot L \cdot n}{1000 \cdot S_0}$ – путь резания при сверлении $\varnothing 9$, м; $d = 9$ мм – диаметр;

$L = 31$ мм – длина резания; $n = 184$ шт. – размер партии;
 $S_O = 0,14$ мм/об – подача сверла на оборот;

$$l = \frac{3,14 \cdot 9 \cdot 31 \cdot 184}{1000 \cdot 0,14} = 1151,4 \text{ м}; \Delta_{И} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 1151,4}{1000} = 69 \text{ мкм};$$

$\Delta_{СЛ} = 115$ мкм – значение случайной (мгновенной погрешности) обработки [7, табл. 3.10]; $\Delta_{Н}$ – погрешность настройки, определяемая по [7, с. 130]:

$$\Delta_{Н} = \sqrt{\Delta_{ИН}^2 + \Delta_{У.И}^2},$$

где $\Delta_{ИН} = 36$ мкм – погрешность изготовления сверла, равная допуску его изготовления [7, табл. 3.15]; $\Delta_{У.И} = 50$ мкм – погрешность установки сверла [7, табл. 3.16]; $\Delta_{ИН} = \sqrt{36^2 + 50^2} = 61,6$ мкм; ε_i – погрешность установки заготовки по рассматриваемому параметру точности $T_{Ди}$, определяемая по следующей формуле:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_{Бi}^2 + \varepsilon_{Зi}^2 + \varepsilon_{ПРi}^2} \leq (0,2 - 0,5)T_{Ди}, \quad (9)$$

где $\varepsilon_{Бi}$ – погрешность базирования заготовки; $\varepsilon_{Зi}$ – погрешность закрепления заготовки; $\varepsilon_{ПРi}$ – погрешность приспособления; $T_{Ди}$ – допуск выдерживаемого параметра точности (указан на чертеже детали или на операционном эскизе обработки).

В уравнении (8) ε_i и их составляющие в формуле (9) будут иметь разные значения при определении разных расчетных параметров, так же как и значения $T_{Ди}$.

Расчетными параметрами приспособления (которые необходимо определить при расчете приспособления на точность) будут (см. рис. 4):

– T_1 – допуск на размер 77 от оси пальца 8 до оси кондукторской втулки 6;

– T_2 – допуск на размер 7,25 от плоскости опор 10 до оси кондукторской втулки 6;

– T_3 – допуск на размер 30 от опоры 11 до оси пальца 8;

– T_4 – допуск перпендикулярности плоскости торцов опор 10 к установочной плоскости (базе А) основания 1 кондуктора;

– T_5 – допуск перпендикулярности оси кондукторной втулки 6 к базе А.

Каждый из перечисленных расчетных параметров будет являться допуском замыкающего звена соответствующей размерной цепи, составленной из размеров деталей приспособления, на которые при разработке рабочих чертежей необходимо назначить соответствующие значения допусков. Эти значения определяют в ходе решения прямой задачи с использованием принципов равной точности изготовления звеньев, равного влияния, или комбинаций этих принципов, поскольку эта задача не имеет единственного решения, является многовариантной и оптимизационной, причем оптимизация может происходить по разным критериям (точности, простоты изготовления, меньшей стоимости и т. п.).

Определим допустимые погрешности изготовления приспособления по принятым расчетным параметрам:

1. Для T_1 – исходные данные:

– $T_{Д1} = 500$ мкм (выдерживаемый параметр точности совпадающий с допуском размера детали (см. рис. 1);

– погрешность базирования на разжимных сухарях 9 пальца 8 принимаем равной нулю $\varepsilon_{Б1} = 0$;

– погрешность закрепления $\varepsilon_{З1} = 0$, так как усилие закрепления перпендикулярно выдерживаемому ПТ.

Тогда по уравнению (9) $\varepsilon_1 = [\varepsilon_{ПР1}]$ погрешность установки для первого расчетного параметра равна допустимой погрешности приспособления по этому параметру, а из уравнения (8) с учетом ранее найденных составляющих определяем допустимую погрешность приспособления:

$$[\varepsilon_{ПР1}] = \sqrt{(500 - 69)^2 - 115^2 - 61,6^2} = 411 \text{ мкм.}$$

2. Для T_2 – исходные данные:

– выдерживаемые размер $(7,25 \pm 0,13)$ и допуск $T_{Д2} = 260$ мкм (рис. 3, а, в) рассчитаны по технологической размерной цепи (см. п. 4.1) исходя из того, что соответствующий размер у детали $7 \pm 0,18$ является замыкающим звеном, а поступающая заготовка имеет толщину $13,2_{-0,33}$ и односторонний припуск на последующую обработку. Величина этого припуска и допуск на него $(0,2^{+0,1} = 0,25 \pm 0,05)$ определяются из технологической размерной цепи с замыкающим звеном толщины детали $13_{-0,43}$ (см. рис. 2);

- $\varepsilon_{Б2} = 0$;
- $\varepsilon_{32} = 70$ мкм по [2, табл. 7], [7, табл. 3.23].

Тогда по (8) $\Delta_{Hi} + \sqrt{\Delta_{СЛi}^2 + \Delta_{Hi}^2 + \varepsilon_2^2} \leq T_{Д2} = 260$;

$$\varepsilon_2 = \sqrt{\varepsilon_{Б2}^2 + \varepsilon_{32}^2 + [\varepsilon_{ПР2}]^2}; \quad [\varepsilon_{ПР2}] = \sqrt{(260 - 69)^2 - 115^2 - 61,6^2 - 70^2} = 120,7 \text{ мкм.}$$

3. Для T_3 – исходные данные:

- для размера 30 у детали (см. рис. 1);
- $T_{Д3} = 520$ мкм;
- $\varepsilon_{Б3} = 0$ (с учетом технологического мероприятия № 2 из п. 4.2);
- $\varepsilon_{33} = 0$ (усилие закрепления перпендикулярно выдерживаемому ПТ);

$$[\varepsilon_{ПР3}] = \sqrt{(520 - 69)^2 - 115^2 - 61,6^2} = 432 \text{ мкм.}$$

4. Для T_4 – исходные данные:

- $T_{Д4} = 160$ мкм (допуск параллельности оси отверстия торцу детали для размера 7 по 14 степени точности [10, с. 451]);
- $\varepsilon_{Б4} = 0$;
- $\varepsilon_{34} = 70$ мкм по [7, табл. 3.23];

$$[\varepsilon_{ПР4}] = \sqrt{(160 - 69)^2 - 115^2 - 61,6^2 - 70^2} = \sqrt{-13658,56},$$

что свидетельствует о том, что параллельность оси отверстия торцу детали не обеспечивается по 14 степени точности.

Примем $T_{Д4} = 250$ мкм по 15 степени точности, тогда

$$[\varepsilon_{ПР4}] = \sqrt{(250 - 69)^2 - 115^2 - 61,6^2 - 70^2} = 104 \text{ мкм.}$$

5. Для T_5 – исходные данные:

- $T_{Д5} = ПТ_5 = 400$ мкм – (см. п. 4.2);
- $\varepsilon_{Б5} = 114$ мкм;
- $\varepsilon_{35} = 0$ (усилие закрепления перпендикулярно выдерживаемому ПТ);

$$[\varepsilon_{ПР5}] = \sqrt{(400 - 69)^2 - 115^2 - 61,6^2 - 114^2} = 282 \text{ мкм.}$$

Допустимые погрешности приспособления по соответствующим параметрам точности обработки являются допусками замыкающих

звеньев в соответствующих размерных конструкторских цепях. Обеспечение этих допустимых погрешностей ($[\varepsilon_{\text{ПР}i}] = T_i$) при изготовлении приспособления будет зависеть как от числа составляющих звеньев соответствующей размерной цепи, так и от метода достижения точности в ней.

Например, для условий полной взаимозаменяемости всех звеньев размерной цепи для первого расчетного параметра $T_1 = [\varepsilon_{\text{ПР}1}]$ уравнение для решения прямой задачи расчета размерной цепи, составленной из размеров элементов приспособления (см. рис. 4):

$$T_{A1} + Z_{B1} + T_{A2} + Z_{B2} + T_{A3} + Z_{B3} + e_3 + Z_{B4} + e_{\text{П}} = T_1 = 411 \text{ мкм}, \quad (10)$$

где T_{A1} – допуск расстояния A_1 от оси пальца 8 до осей штифтов 20; Z_{B1} – зазор в соединении колодки 2 с основанием 1 при помощи штифтов 20; T_{A2} – допуск расстояния A_2 между осями штифтов 20 и осью 21 для шарнирной кондукторной плиты 4; Z_{B2} – зазор в сопряжении плиты 4 с колодкой 2 при помощи оси 21; T_{A3} – допуск расстояния A_3 между центром отверстия для оси 21 и центром отверстия под кондукторную втулку 6 в кондукторной плите 4; Z_{B3} – зазор в сопряжении втулки 6 с плитой 4; e_3 – эксцентриситет отверстия кондукторной втулки B_4 относительно посадочной поверхности втулки 6 в кондукторную плиту 4; Z_{B4} – зазор между отверстием во втулке 6 и сверлом при обработке $e_{\text{П}}$ – перекос сверла во втулке 6 из-за наличия зазора между сверлом и втулкой.

Применяя принцип равной точности изготовления звеньев размерной цепи и рекомендации справочников [8], [9], [13], [14] по зазорам в сопряжениях соответствующих деталей, решаем прямую задачу расчета размерной цепи – распределение допуска замыкающего звена на допуски составляющих звеньев. Например, если принять $Z_{B1} = Z_{B2} = 0$;

$e_3 = 5$ мкм; для сопряжения $12 \frac{H7}{h6}$ $Z_{B3} = 18 + 11 = 29$ мкм; для сопряжения $9 \frac{F7}{h6}$ $Z_{B4} = 28 + 9 = 37$ мкм, то по [1, с. 101, 102] перекос сверла

$e_{\text{П}} = \frac{37(9 + 48)}{35} = 60,3$ мкм.

Тогда для звеньев $A_1 = 150$, $A_2 = 30$, $A_3 = 100$ сумма допусков по формуле (10):

$$T_{A1} + T_{A2} + T_{A3} = 411 - 5 - 29 - 37 - 60,3 = 279,7 \text{ мкм}.$$

Определяем по [15, с. 8], [20] для этих звеньев сумму единиц допусков:

$$\sum i = 2,52 + 1,31 + 2,17 = 6$$

и среднее расчетное значение относительного коэффициента точности $a_p = \frac{279,7}{6} \approx 46,6$, которое в табл. 2 расположено между значениями, соответствующими 9 и 10 квалитетам, ближе к 9 с $a = 40$.

Далее назначаем на размеры соответствующие допуски: $A_1 = 150$ мм по JS9 – $T_{A1} = 100$ мкм; $A_2 = 30$ мм по JS9 – $T_{A2} = 52$ мкм; $A_3 = 100$ мм по JS9 – $T_{A3} = 87$ мкм.

Делаем проверку результатов решения прямой задачи (решаем «обратную задачу» расчета размерной цепи) по формуле (10):

$$\begin{aligned} & T_{A1} + Z_{B1} + T_{A2} + Z_{B2} + T_{A3} + Z_{B3} + e_3 + Z_{B4} + e_{II} = \\ & = 100 + 0 + 52 + 0 + 87 + 29 + 5 + 37 + 60,3 = 370,3 < [\varepsilon_{ПР1}] = 411 \text{ мкм}. \end{aligned}$$

Как видно из предложенного варианта решения «прямой задачи», с учетом принципа равной точности изготовления, размеры A_1 – A_3 для условий полной взаимозаменяемости должны изготавливаться с точностью по 9 квалитету.

Аналогичным образом можно составить размерную цепь для T_2 и выполнить решение прямой задачи с учетом принципа равного влияния для условий неполной взаимозаменяемости [15, с. 10–12], [20].

В практике изготовления приспособлений чаще «прямая задача» решается по методу пригонки (изготовление по месту отверстия B_3 в кондукторной плите 4 под кондукторную втулку б, например, на вертикальном координатно-расточном станке). В таком случае на сборочном чертеже приспособления или в технических требованиях записывают над «штампом» сборочного чертежа указания о точности изготовления и сборки приспособления по расчетным параметрам точности.

Например, для допуска перпендикулярности T_4 рабочих плоскостей опор 10 подошве основания 1 следует указать на сборочном чертеже значение 0,1 мм ($T_4 = 100$ мкм $< [\varepsilon_{ПР4}] = 104$ мкм), что будет соответствовать для размеров до 250 мм 9–10 степени точности [10, с. 451].

Для остальных расчетных параметров T_3 и T_5 (поскольку контроль за выполнением каждого из них можно производить по параллельности 16 мм верхней плоскости выступа размером 48 эталонной детали отно-

сительно подошвы основания 1) принимаем меньшее значение допустимой погрешности приспособления ($[\varepsilon_{\text{ПР5}}] = 282 < [\varepsilon_{\text{ПР3}}] = 432$). Допустимая погрешности изготовления приспособления $[\varepsilon_{\text{ПР5}}] = 282$ мкм будет допуском замыкающего звена размерной цепи, состоящей из допусков размера 48 выступа, перпендикулярности оси отверстия плоскостям выступа эталонной детали (по которой будет производиться настройка приспособления), перпендикулярности оси отверстия в кондукторной плите 4 относительно подошвы основания 1 и допуска высоты регулируемой опоры 11, определяющей положение эталонной детали относительно подошвы основания 1 (при настройке приспособления):

$$[\varepsilon_{\text{ПР5}}] = T_{48} + T_{\perp} + T_{\text{К}} + T_{\text{Р}}.$$

При допуске эталонной детали на размер $T_{48} = 16$ мкм (по $h6$); допуске перпендикулярности $T_{\perp} = 8$ мкм (по 7 степени точности для верхней стороны в 16 мм); допуске перпендикулярности оси отверстия в кондукторной плите 4 относительно подошвы основания $T_{\text{К}} = 12$ мкм (по 7 степени точности для отверстия длиной 30 мм в кондукторной плите 4), допуск регулировки высоты опоры 11 составит:

$$T_{\text{Р}} = 282 - 16 - 8 - 12 = 246 \text{ мкм.}$$

В технических требованиях на чертеже приспособления указываем: «При наладке кондуктора вращением опоры 11 отклонение от параллельности верхней плоскости эталонной детали от нижней плоскости основания 1 не более 0,05». Это значение меньше значения, рассчитанного из угловой размерной цепи:

$$282 \cdot 16 / 77 = 58,6 \text{ мкм,}$$

где 77 – горизонтальный размер до оси поворота эталонной детали; 16 – длина верхней плоскости выступа размером 48.

4.3.2. Пример расчетов точности изготовления элементов приспособления для контроля торцового биения

Приспособление для контроля торцового биения (рис. 5) предназначено для проверки биения торца гайки регулировочной при допуске 0,2 мм на диаметре 170 мм (0,2/170 (см. рис. 1)) относительно внутренней резьбы М 120 × 1,5-6G.

Приспособление состоит из стандартных элементов: станины 13, неподвижного центра 11, бабки 10, подвижного центра 9, измери-

тельной стойки 8, в кронштейне которой крепится индикатор часового типа 7, и специальной резьбовой оправки, состоящей из вала 1, резьбовой пробки 2 и упора 3.

Перед контролем биения на резьбовую часть оправки (пробку 2) навинчивается гайка регулировочная 12 до упора 3. Винтом 6 гайка сжимается для устранения зазора в резьбе между гайкой 12 и пробкой 2. Затем оправка с гайкой устанавливается без зазоров центровыми гнездами на центра 9 и 11 приспособления.

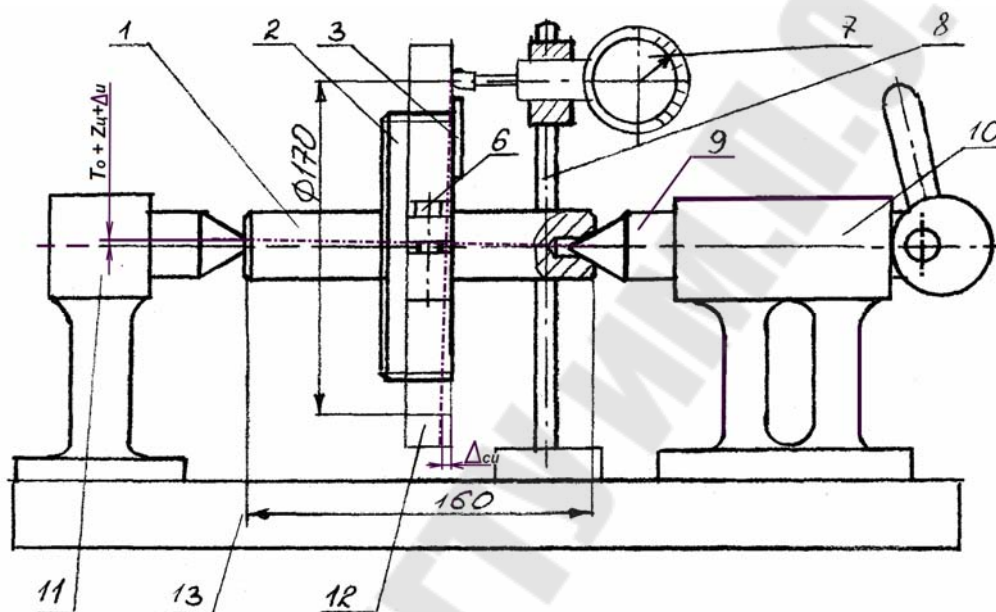


Рис. 5. Приспособление для контроля торцового биения гайки регулировочной

Измерительная стойка 8 с индикатором 7 располагается на станине 13 так, чтобы измерительный наконечник индикатора 7 упирался в проверяемый торец гайки 12 на диаметре 170 мм с измерительным натягом 2–3 мм. Стрелка индикатора выставляется на нулевую отметку. Проворачивая гайку с оправкой в центрах на 360°, отмечают наибольшие абсолютные отклонения стрелки ($| -a |$, $| +b |$). Сумма этих значений определяет измеренное биение торца гайки 12 относительно оси поворота, проходящей через центровые гнезда оправки, которое не должно превысить допуск в 0,2 мм, т. е.

$$S = | -a | + | +b | \leq 0,2,$$

где S – измеренное биение торца гайки на оправке; $| -a |$ – наибольший модуль отрицательного отклонения стрелки; $| +b |$ – наибольший модуль положительного отклонения стрелки.

При этом фактическое биение торца гайки будет меньше величины измеренного значения S на величину погрешности измерения по этому параметру точности.

Погрешности измерений должны находиться в пределах соответствующих допустимых погрешностей измерений [10, с. 463]. Для допуска биения 0,2 мм при 14 квалитете точности контролируемой поверхности допустимая погрешность измерения $[\Delta] = 50$ мкм.

Для изготовления резьбовой оправки и настройки приспособления для контроля торцового биения гайки регулировочной необходимо рассчитать допуски изготовления установочных поверхностей оправки и технические требования для настройки.

По [1, с. 191, 192] и [10, с. 462–464] систематические погрешности результата измерения (средства измерения $\Delta_{С.И}$ и его настройки $\Delta_{Н}$) должны составлять:

$$0,4[\Delta] = 0,4 \cdot 50 = 20 \text{ мкм} = \Delta_{С.И} + \Delta_{Н},$$

где $\Delta_{С.И}$ – погрешность средства измерений (рис. 5) возникает из-за погрешностей изготовления и сборки конструкции контрольного приспособления ($\Delta_{К}$) и износа ($\Delta_{ИЗ}$) его элементов в процессе эксплуатации $\Delta_{С.И} = \Delta_{К} + \Delta_{ИЗ}$; $\Delta_{Н}$ – погрешность настройки по мере (эталоны) средства измерений в рассматриваемом случае равна нулю ($\Delta_{Н} = 0$), так как эталон не применяется и настройка контрольного приспособления выполняется непосредственно на измеряемой детали.

Погрешностями элементов контрольного приспособления, оказывающими влияние на биение торца гайки, будут:

– T_0 – допуск параллельности среднего диаметра резьбы пробки 2 относительно центровых гнезд вала 1;

– $Z_{Ц}$ – зазор в сопряжении подвижного центра 9 с направляющим отверстием подвижной бабки 10, в пределах которого возможно отклонение подвижного центра 9 вместе с правым центровым гнездом резьбовой оправки, приводящим к изменению положения торца гайки;

– $\Delta_{ИЗ}$ – суммарный неравномерный износ центровых гнезд оправки и центров на поверхностях сопряжения с оправкой, который будет смещать торец гайки 12, навинченной до упора 3, при повороте ее с оправкой относительно центров.

Тогда с учетом размеров длины оправки 160 мм, длины резьбы на гайке 13 мм и диаметра 170 мм, на котором контролируется биение торца гайки, составим уравнение угловой размерной цепи:

$$\Delta_{\text{С.И}} = T_{\text{О}} \cdot 170/13 + (Z_{\text{Ц}} + \Delta_{\text{ИЗ}})170/160 = 20 \text{ мкм.}$$

Для этой размерной цепи примем:

– $T_{\text{О}} = 1,2$ мкм – равный допуску параллельности среднего диаметра резьбы до 120 мм центровым гнездам оправки по 3 степени точности [10, с. 451], достигаемый при совместном шлифовании на пробке 2 резьбы (М 120 × 1,5-3h) [10, с. 459], относительно центровых гнезд оправки в сборе;

– $Z_{\text{Ц}} = 0$ – при наличии зажима для подвижного центра.

Тогда допустимый суммарный износ центровых гнезд оправки с центрами $\Delta_{\text{ИЗ}} = 160 \cdot 20/170 - 1,2 \cdot 170/13 = 3,1$ мкм.

Эта информация указывается в технических требованиях на сборочном чертеже приспособления.

4.4. Примеры расчетов необходимых усилий закрепления заготовок в станочных приспособлениях

4.4.1. Пример расчета необходимого усилия закрепления заготовки гайки в кондукторе при сверлении отверстий

Исходные данные: операционный эскиз на рис. 3, в: осевая сила при рассверливании отверстия $\varnothing 6,7 \text{ Н13}$ до $\varnothing 9 \text{ Н14}$ – $P_{\text{О}} = 2025 \text{ Н}$; крутящий момент $M_{\text{К}} = 5600 \text{ Н} \cdot \text{мм}$; коэффициенты трения между заготовкой, опорами и местами прижима ее прихватом, так как все поверхности гладкие, примем равными $f = 0,1$; эскиз приспособления для определения расположения сил в расчетной системе координат на рис. 4.

Рассматривая установку заготовки в приспособлении на рис. 4, видно, что на заготовку действуют следующие неизвестные силы: три реакции от трех опор 10; две реакции (по вертикали и горизонтали) от пальца 8, реакция от опоры 11; три силы закрепления от прижима 7; зависящие от вышеперечисленных девяти сил, перпендикулярные и соответствующие им силы трения. При расчете силы закрепления силы трения направляют противоположно возможным относительным смещениям заготовки под действием сдвигающих ее силовых воздействий – осевой силы и крутящего момента при сверлении. По-

сколькx заготовка должна быть неподвижной в процессе всей обработки, в расчете сил закрепления должен быть рассмотрен наиболее неблагоприятный (по возможному смещению) случай силового воздействия. В данном случае сдвигающим фактором будет крутящий момент, поэтому направим все силы трения так, чтобы они противодействовали смещению заготовки крутящим моментом.

Составляем схему сил, действующих на заготовку при сверлении отверстия $\varnothing 6,7$ Н13 и рассверливании его до $\varnothing 9$ Н14 (рис. 6).

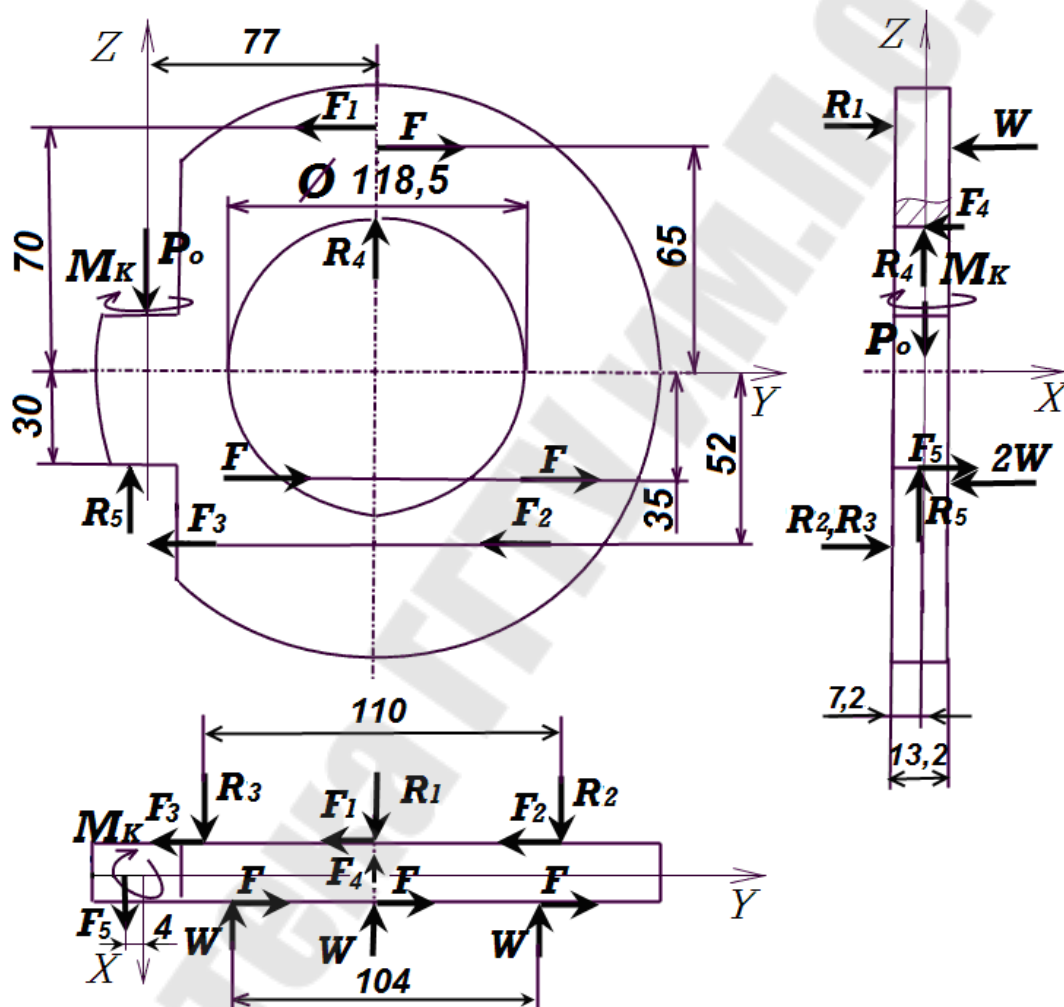


Рис. 6. Схема сил, действующих на заготовку при обработке

Примем допущения, сокращающие число неизвестных.

Поскольку прихват 7 выполнен «плавающим» и действует на заготовку в пределах «опорного треугольника» трех опор 10, примем, что общая сила закрепления будет состоять из трех равных между собой сил W . Из двух реакций от пальца 8 оставим только вертикальную R_4 . В таком случае на схеме рис. 6 останется шесть неизвестных:

- W – расчетная сила закрепления;
- R_1 – R_3 – три реакции от трех опор 10 ;
- R_4 – реакция вертикальная от пальца 8 ;
- R_5 – реакция от опоры 11 .

Зависящие от реакций и сил закрепления – силы трения:

$$F = W \cdot f; F_1 = R_1 \cdot f; F_2 = R_2 \cdot f;$$

$$F_3 = R_3 \cdot f; F_4 = R_4 \cdot f; F_5 = R_5 \cdot f.$$

Для нахождения допустимого решения вначале определим максимально допустимое точностью обработки значение необходимого усилия закрепления заготовки Q_{\max} . В п. 4.3.1 при определении допустимой погрешности приспособления для выдерживания T_2 (допуска на размер $7,25 \pm 0,13$) погрешность закрепления для него определена $\varepsilon_3 = (y_{\min} - y_{\max}) \cos 0^\circ = 70$ мкм. По [1, с. 43] наибольшее смещение заготовки (примем $y_{\max} = 80$ мкм) возникнет при площади контакта с тремя опорами 10 диаметром 16 мм ($F = 3\pi \cdot 1,6^2 / 4 = 6$ см²), наибольшей шероховатости ее установочной поверхности (примем по эскизу обработки $R_{Z\max} = 80$) и наименьшей твердости (примем по чертежу детали $HB_{\min} = 260$). Выразив формулу [1, (3.6)] относительно силы закрепления, получим:

$$Q_{\max} = \frac{y_{\max}^{1,43} \cdot F^{0,7}}{(0,004 \cdot R_{Z\max} - 0,0016 \cdot HB_{\min}) + 0,4 + 0,012 \cdot F} =$$

$$= \frac{80^{1,43} \cdot 6^{0,7}}{(0,004 \cdot 80 - 0,0016 \cdot 260) + 0,4 + 0,012 \cdot 6} = 4908 \text{ кг} \cdot \text{с} = 48151 \text{ Н}.$$

Одним из приемов, позволяющим решить стоящую задачу, является использование принципа независимости действия сил. Рассчитаем значения R_4 и R_5 с учетом действия на заготовку только осевой силы $P_0 = 2025$ Н, расстояний между опорами и точкой сверления (приложения силы P_0). Для двух неизвестных составим два уравнения:

$$\begin{cases} P_0 \cdot 77 = R_5 \cdot 81; \\ R_4 + R_5 = P_0. \end{cases}$$

Тогда $R_5 = 1925$ Н; $R_4 = 100$ Н.

Если рассмотреть на рис. 6 действие останавливающих сил (реакций опор, трения и закрепления), создающих сопротивление сдвигу

заготовки крутящим моментом относительно оси Z , уравнение равновесия заготовки примет следующий вид:

$$-R_1 \cdot 77 + F_1 \cdot 7,2 - R_2 \cdot 132 + F_2 \cdot 7,2 - R_3 \cdot 22 + F_3 \cdot 7,2 + F_4 \cdot 77 + F_5 \cdot 4 + W \cdot 25 + W \cdot 77 + W \cdot 129 + 3F \cdot 6 - M_K = 0. \quad (11)$$

Заменив силы трения произведениями неизвестных сил на коэффициенты трения ($f = 0,1$), преобразуем уравнение (11) к виду:

$$-76,28R_1 - 131,28R_2 - 21,28R_3 + 7,7R_4 + 0,4R_5 + 232,8W = 5600.$$

Затем приняв минимально допустимые значения реакций опор $R_1 = R_2 = R_3 = 0$, от которых крутящий момент «отрывает» заготовку, и ранее определенные $R_4 = 100$ Н; $R_5 = 1925$ Н, преобразуем его к виду:

$$232,8W = 5600 - 7,7R_4 - 0,4R_5 = 5600 - 7,7 \cdot 100 - 0,4 \cdot 1925 = 4060;$$

$$W = 17,4 \text{ Н.}$$

Усилие, действующее на прихват 7 со стороны зажимной гайки 13 (см. рис. 4), $P = 3W = 52,3$ Н.

Такой вариант решения можно считать оптимальным потому, что все удерживающие заготовку силы имеют минимальные значения и «правильные» направления при заданных сдвигающих силах.

Определяем коэффициент запаса [2, табл. 10]:

$$K = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6;$$

$$k_0 = 1,5; k_1 = 1; k_2 = 1,15; k_3 = 1; k_4 = 1,3; k_5 = 1,2; k_6 = 1;$$

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 = 2,691.$$

Необходимое усилие закрепления заготовки:

$$Q = K \cdot P = 2,691 \cdot 52,3 = 140,7 \text{ Н} < Q_{\max}.$$

4.4.2. Пример расчетов необходимого усилия закрепления заготовки гайки регулировочной при фрезеровании уступов

Исходные данные: операционный эскиз на рис. 7; размеры фрезерования левого уступа (глубина $t_1 = 16$ мм, ширина $B_1 = 36$ мм); размеры фрезерования правого уступа (глубина $t_2 = 14$ мм, ширина $B_2 = 26$ мм); станок 6P82Г; фрезерование набором цилиндрических фрез; рекомендуемая подача на зуб [10, с. 283] $S_Z = 0,1$ мм/зуб.

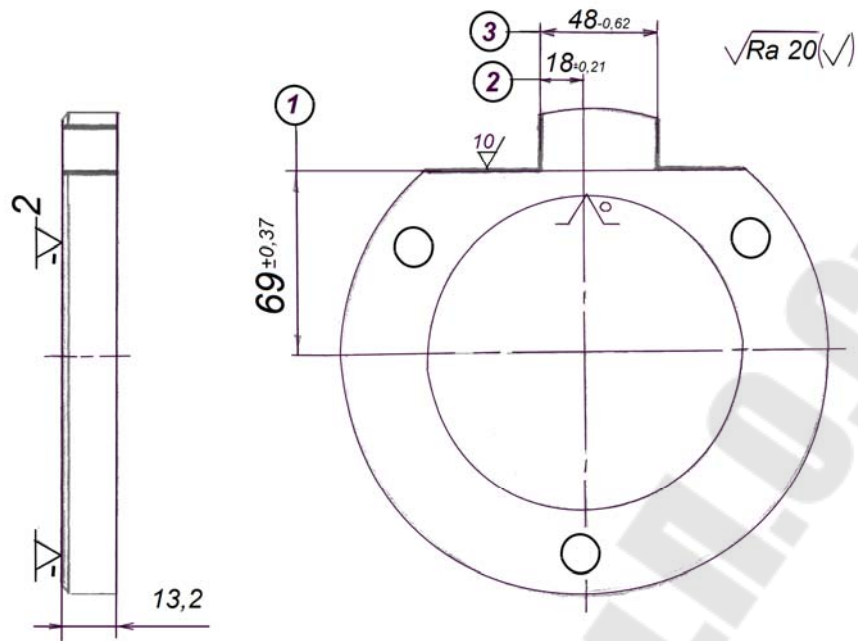


Рис. 7. Операционный эскиз операции фрезерования уступов

На рис. 8, 9 представлены два вида фрезерного приспособления для фрезерования двух уступов на гайке регулировочной.

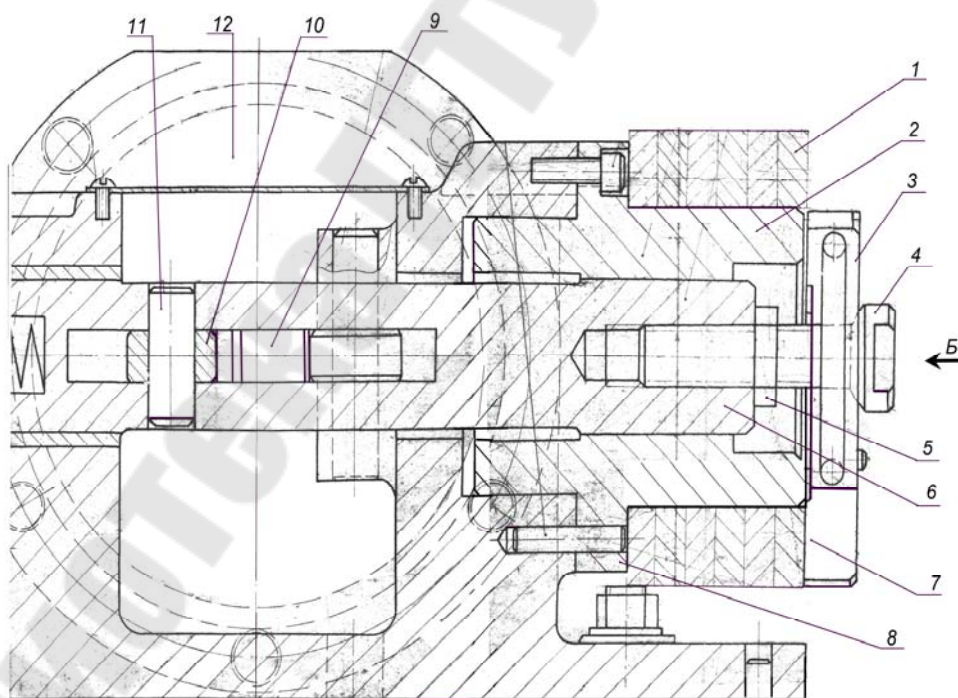


Рис. 8. Приспособление для горизонтально-фрезерной операции фрезерования двух уступов

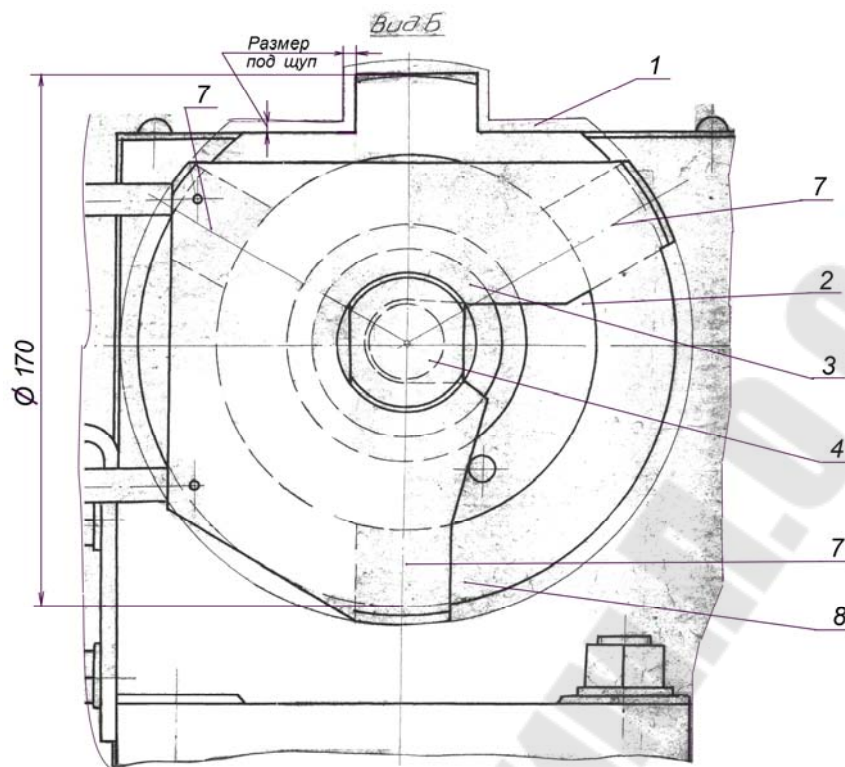


Рис. 9. Вид Б приспособления

Выбор фрез для набора может потребовать уточняющих расчетов для оптимального результата, обеспечивающего достаточные прочность и жесткость оправки для набора фрез и мощность выбранного станка.

Например, для рассматриваемого примера вначале по [19, с. 158] был рассчитан диаметр оправки для набора дисковых фрез по следующей формуле:

$$d = 14,2 \cdot h_{\text{п}}^{0,373},$$

где $h_{\text{п}}$ – максимальная глубина профиля фрезерования.

Для $h_{\text{п}} = 16$ мм; $d = 14,2 \cdot 16^{0,373} = 39,9$ мм, ближайшие стандартные значения по ГОСТ 9472–90 – 32 и 40 мм.

Вначале были выбраны [10, с. 187] две фрезы ГОСТ 9304–69 ($D = 100$; $L = 50$; $d = 32$; $z = 18$; $\omega = 30^\circ$), для которых расчетная скорость резания по [10, с. 282] получилась $V = 33$ м/мин; после расчета частоты вращения и выбора ближайшей имеющейся у станка 6Р82Г $n = 100$ об/мин, скорость резания стала $V = 31,4$ м/мин.

При установленной на станке минутной подаче $S_{\text{мин}} = 160$ мм/мин действительная подача на зуб $S_z = 0,09$ мм/зуб. Расчетные по [10, с. 282]

окружные силы резания составили $P_{z1} = 16263$ Н, $P_{z2} = 10454$ Н. Возникающие при обработке изгибающие и крутящие моменты потребовали применения диаметра оправки в наиболее нагруженном сечении не менее $d = 49,12$ мм [1, с. 153, 154]. Поэтому потребовался выбор других фрез с большими посадочными диаметрами.

Были выбраны [10, с. 182] две фрезы ГОСТ 1669–78 ($D = 200$; $L = 40$; $d = 50$; $z = 16$; $\omega = 15^\circ$), для которых расчетная скорость резания по [10, с. 282] получилась $V = 40$ м/мин; после расчета частоты вращения и выбора ближайшей имеющейся у станка 6Р82Г $n = 63$ об/мин, скорость резания стала $V = 39,6$ м/мин.

При установленной на станке минутной подаче $S_{\text{мин}} = 100$ мм/мин действительная подача на зуб $S_z = 100 / (16 \cdot 63) = 0,1$ мм/зуб. Расчетные по [10, с. 282–292] окружные силы резания составили:

$$P_{z1} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 16^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 36 \cdot 16}{200^{0,86} \cdot 63^0} 0,935 = 7974 \text{ Н};$$

$$P_{z2} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 14^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 26 \cdot 16}{200^{0,86} \cdot 63^0} 0,935 = 5120 \text{ Н}.$$

Силы резания, действующие на заготовку [10, с. 292]:

– горизонтальная составляющая силы резания при встречном фрезеровании ($P_h / P_z = 1,1 \div 1,2$) примем:

$$P_{h1} = 1,15 \cdot 7974 = 9170 \text{ Н};$$

$$P_{h2} = 1,15 \cdot 5120 = 5888 \text{ Н};$$

– вертикальная составляющая ($P_v / P_z = 0 \div 0,25$) примем:

$$P_{v1} = 0,25 \cdot 7974 = 1994 \text{ Н};$$

$$P_{v2} = 0,25 \cdot 5120 = 1280 \text{ Н};$$

– осевая составляющая ($P_x / P_z = 0,2 \div 0,4$) $\text{tg} \omega$):

$$P_{x1} = (0,3 \cdot 7974) \text{tg} 15 = 406 \text{ Н};$$

$$P_{x2} = (0,3 \cdot 5120) \text{tg} 15 = 260 \text{ Н};$$

Коэффициенты трения между заготовками, опорами и точками прижима прихватом, так как все поверхности гладкие, примем равными $f = 0,1$.

Закрепление заготовок в приспособлении на рис. 8 и 9 выполняется следующим образом. При снятом с болта 4 прихвате 3 на оправку 2 с фланцем 8 устанавливают шесть заготовок 1. Затем прихват 3 устанавливают на болт 4 под его сферическую головку, обеспечивающую «плавающее» расположение прихвата 3 на крайней заготовке. Болт 4 стопорится при настройке приспособления контргайкой 5 на штоке 6.

Шток 6 перемещается в горизонтальном направлении, закрепляя прихватом 3 шесть заготовок 1, при воздействии на ролик 10 клина 9. Ролик 10 установлен на оси 11, запрессованной в штоке 6. Клин 9 сопряжен со штоком пневмоцилиндра 12 и предназначен для увеличения толкающей силы штока пневмоцилиндра, передающейся на прихват 3.

Прихват 3 имеет три выступа 7, расположенных под углом 120° . Такая его конструкция делит общую силу закрепления от штока 6 на три точки воздействия прихвата 3 на крайнюю правую заготовку 1. От этой заготовки сила закрепления передается на остальные пять заготовок 1. При этом крайняя левая заготовка опирается на фланец 8 оправки 2.

«Наихудшим» случаем силового воздействия будет встречное фрезерование, направленное навстречу силе закрепления заготовки.

Составляем схему сил, действующих на крайнюю правую заготовку 1 при фрезеровании двух уступов для «наихудшего» случая, приводящего к наиболее вероятному сдвигу заготовки (рис. 10). Применяя принцип раздельного влияния силовых факторов, примем следующие допущения.

Поскольку прихват 3 выполнен «плавающим» и действует на заготовку в пределах «опорного треугольника» трех выступов 7 прихвата 3, примем, что общая расчетная сила закрепления будет состоять из трех, равных между собой сил W .

Реакцию R_2 от оправки 2 направим вертикально вниз, полагая, что она будет противодействовать вертикальной составляющей силы резания $P_v = P_{v1} + P_{v2}$.

Реакцию R_1 от пятой заготовки 1 расположим в левом нижнем углу крайней заготовки 1, так как в случае нарушения ее неподвижности горизонтальной составляющей сил резания $P_h = P_{h1} + P_{h2} = 9170 + 5888 = 15058$ Н, заготовка будет поворачиваться вправо относительно оси X и упираться в соседнюю заготовку в этой точке до самого момента поворота. По этой же причине реакция R_2 стоит у нижнего левого края отверстия заготовки.

Зависящие от реакций и сил закрепления – силы трения:

$$F = W \cdot f; F_1 = R_1 \cdot f; F_2 = R_3 \cdot f$$

направляем так, чтобы они противодействовали повороту заготовки вокруг оси Z .

Расстояния до точек воздействия сил определяем из операционного эскиза и сборочного чертежа (или эскиза в масштабе 1 : 1) приспособления.

Заготовка, поступающая на операцию фрезерования двух уступов, является жесткой в направлении действия усилия закрепления. Погрешности закрепления для выдерживаемых параметров точности на этой операции равны нулю, поэтому определение максимально допустимого точною обработки значения усилия закрепления заготовки Q_{\max} не требуется. Q_{\max} может достигать огромного значения, при котором начнется пластическое деформирование крайней правой заготовки I в местах воздействия на нее прихвата 3 (при пределе текучести стали 40Х $\sigma_T = 380$ МПа и суммарной площади трех площадок контакта 30×30):

$$Q_{\max} = \sigma_T \cdot \Sigma F = 380 \cdot 3 \cdot 30^2 = 1026000 \text{ Н.}$$

Из уравнения момента относительно точки B на рис. 10 находим значение W :

$$-P_h \cdot 158,5 \cdot 2W \cdot 129,5 + W \cdot 14,5 = 0;$$

$$273,5 \cdot W = 15058 \cdot 158,5;$$

$$W = 8726 \text{ Н;}$$

$$3W = 26178 \text{ Н.}$$

Из уравнения момента относительно точки A находим значение R_1 :
 $R_1 \cdot 158,5 - W \cdot 144 - 2W \cdot 29 = 0$; $R_1 = 202 \cdot W / 158,5$; $R_1 = 11121 \text{ Н.}$

Из уравнения равенства нулю суммы сил относительно оси Y :

$$-P_{v1} - P_{v2} + R_2 + F_Y - F_Y = 0;$$

$$R_2 = P_{v1} + P_{v2} = 3250 \text{ Н,}$$

где F_Y – проекция силы трения прихвата 7 на ось координат Y .

Для проверки достаточности значений сил закрепления и реакций для предотвращения поворота заготовки под действием осевых сил, направленных для «наихудшего» случая в одну сторону, составим уравнение моментов сил относительно оси Z . При этом определенные ранее значения реакций R_1 и R_2 подставим в уравнение суммы моментов, а значение W' оставим в качестве неизвестной:

$$F_1 \cdot 89,5 + 3F \cdot 75 + F_2 \cdot 59,25 - (P_{x1} + P_{x2})69 = 0;$$

$$R_1 \cdot 0,1 \cdot 89,5 + 3W' \cdot 0,1 \cdot 75 + R_2 \cdot 0,1 \cdot 59,25 - (641 + 412)69 = 0;$$

$$11121 \cdot 8,95 + 3W' \cdot 7,5 + 3250 \cdot 5,925 - 1053 \cdot 69 = 0;$$

$$22,5 \cdot W' = -46125;$$

$$W' = -2050 \text{ Н.}$$

Отрицательное значение W' в этом расчете говорит о гарантированной неподвижности заготовки, так как она значительно меньше рассчитанной ранее $W = 8726 \text{ Н}$.

На крайнюю левую заготовку сила закрепления передается от крайней правой заготовки через промежуточные заготовки комплекта по всей плоскости правого торца. Поэтому схема сил, действующих на крайнюю левую заготовку I при фрезеровании двух уступов для «наихудшего» случая, приводящего к наиболее вероятному сдвигу заготовки (рис. 11), будет отличаться от схемы сил, действующих на крайнюю правую заготовку I на рис. 10.

Во-первых, равнодействующую расчетной силы закрепления $3W$: расположим в центре тяжести кольцевой опорной поверхности правого торца, т. е. по оси заготовки, а три силы трения F от нее расположатся по радиусу трения:

$$r = \frac{1}{3} \cdot \frac{179^3 - 118,5^3}{179^2 - 118,5^2} = 75,4 \text{ мм.}$$

Во-вторых, реакция R_1 от фланца δ оправки 2 в момент отрыва заготовки будет расположена в нижней точке фланца δ (рис. 8, 9).

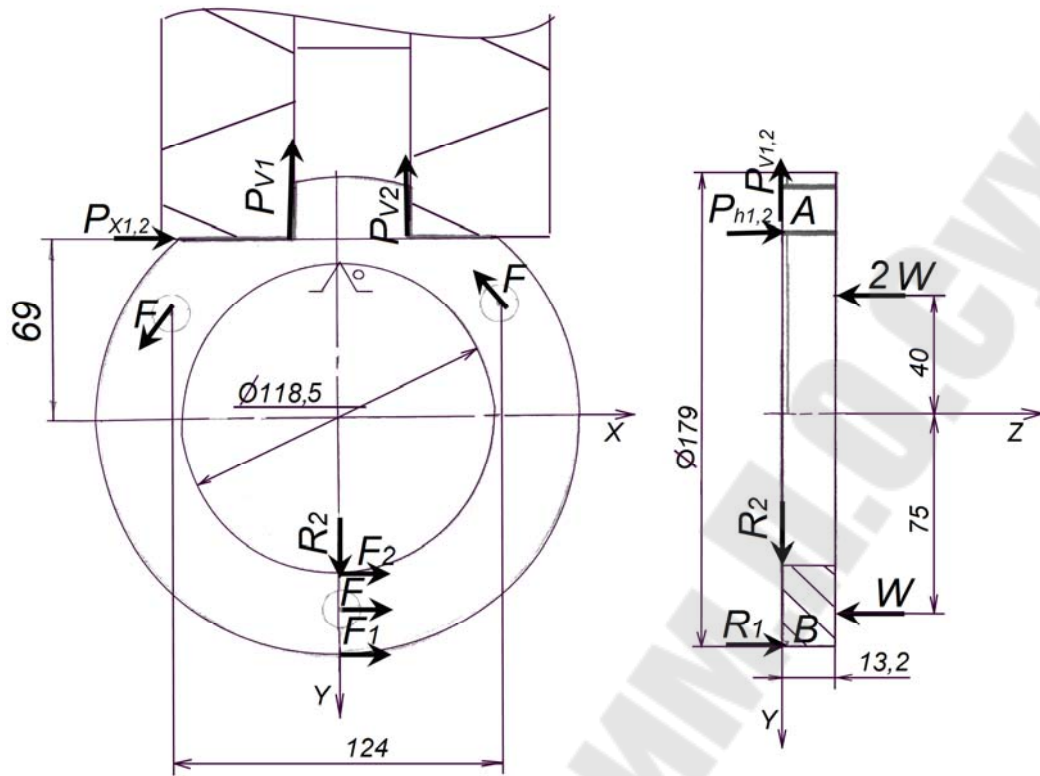


Рис. 10. Схема сил, действующих на крайнюю правую заготовку

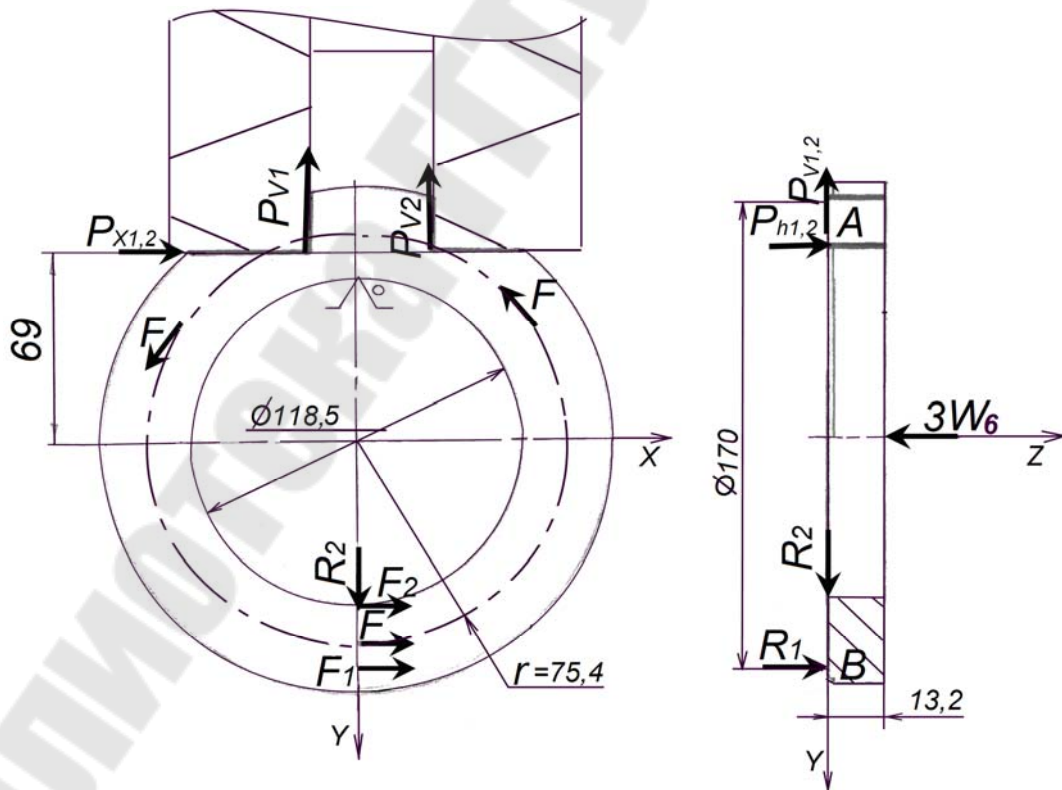


Рис. 11. Схема сил, действующих на крайнюю левую заготовку

Записав уравнение равенства суммы моментов относительно точки B на рис. 11, определим значение расчетной силы закрепления для шестой (крайней левой) заготовки $3W_6$:

$$-P_h(85 + 69) + 3W_6 \cdot 85 = 0;$$

$$3W_6 \cdot 85 = P_h \cdot 154;$$

$$3W_6 = 15058 \cdot 154 / 85 = 27282 \text{ Н.}$$

Поскольку $3W_6 > 3W$, принимаем $3W_6 = 27282 \text{ Н}$ в качестве расчетной силы закрепления для определения необходимой силы закрепления $Q = K \cdot 3W_6$:

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,88; \quad Q = 2,88 \cdot 27282 = 78571 \text{ Н.}$$

4.4.3. Пример расчета необходимого диаметра пневмопривода

Для определения параметров пневмопривода рассчитаем усилие на штоке пневмоцилиндра с учетом клинового усилителя с роликами (см. рис. 8, клин 9 , ролик 10) от него к штоку 6 приспособления. Передаточное отношение для клинового усилителя с углом клинового скоса $\alpha = 8^\circ$ с роликами по [13, с. 403] $i_C = 4,1$, тогда усилие на штоке пневмоцилиндра: $Q_{\text{ШТ}} = Q/i_C = 78571/4,1 = 19164 \text{ Н}$.

Диаметр пневмоцилиндра при давлении воздуха $p = 0,4 \text{ МПа}$:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_{\text{ШТ}}}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 19164}{\pi \cdot 0,4}} = 247 \text{ мм.}$$

Принимаем ближайшее большее стандартное значение пневмоцилиндра $d = 250 \text{ мм}$. Тогда усилие на штоке пневмоцилиндра:

$$Q'_{\text{ШТ}} = p \cdot \pi \cdot d^2 / 4 = 0,4 \cdot \pi \cdot 250^2 / 4 = 19635 \text{ Н,}$$

а соответствующее ему необходимое усилие закрепления заготовки:

$$Q' = Q'_{\text{ШТ}} \cdot i_C = 19635 \cdot 4,1 = 80503 \text{ Н,}$$

которое превышает ранее определенное значение $Q = 78571 \text{ Н}$.

4.5. Примеры определения размеров «слабых» звеньев в зажимных механизмах станочных приспособлений

4.5.1. Пример расчета размера «слабого» звена в зажимном механизме кондуктора для сверления отверстий

Для винтового зажима приспособления с ручным винтовым зажимом (см. рис. 4) определяем диаметр шпильки *I2* по [1, с. 119] $d = 1,4\sqrt{Q/[\sigma]}$. Для определенного в п. 4.4.1 $Q = 140,7$ Н, материала шпильки из стали 45, с $[\sigma] = 80$ МПа, диаметр шпильки:

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{140,7/80} = 1,86 \text{ мм.}$$

Из соображений долговечности работы кондуктора (чтобы исключить порчу из-за случайных ударов при установке заготовок, а также при транспортировке и переустановках приспособления на станках) принимаем резьбу зажимной шпильки *M16*.

4.5.2. Пример расчета размеров «слабых» звеньев в зажимном механизме приспособления для фрезерования двух уступов

В механизированном приспособлении для фрезерования двух уступов (см. рис. 8) «слабыми» звеньями будут резьбовая часть болта *4* и ось *I1* для ролика *10*.

Аналогично п. 4.5.1 диаметр резьбовой части болта *4* с учетом определенного в п. 4.4.3 усилия закрепления заготовки $Q' = 80503$ Н, для стали 45 с допустимым пределом прочности $[\sigma] = 80$ МПа:

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{80503/80} = 31,7 \text{ мм.}$$

По [21, с. 41] принимаем ближайшее большее стандартное значение метрической резьбы первого ряда *M36*.

Расчет оси *I1* выполним по [21, с. 7, 8] на срез. Диаметр оси при двух плоскостях среза ($i = 2$) и допустимом напряжении на срез $[\tau_{\text{ср}}] = 140$ МПа:

$$d = \sqrt{4Q' \cdot i / (\pi[\tau_{\text{ср}}])} = \sqrt{4 \cdot 80503 \cdot 2 / (\pi \cdot 140)} = 38,3 \text{ мм.}$$

По соображениям унификации инструмента для обработки отверстий принимаем диаметр оси *40* мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков, С. А. Технологическая оснастка : учеб. пособие / С. А. Щербаков ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 202 с.

2. Технологическая оснастка : практ. рук. к контрол. работам по одноим. курсу для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» заоч. формы обучения / авт.-сост.: С. А. Щербаков, М. П. Кульгейко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2005. – 44 с.

3. Щербаков, С. А. Технологическая оснастка : практикум по одноим. курсу для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения». – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 56 с.

4. Кульгейко, М. П. Практическое пособие к выполнению практических, расчетно-графической и контрольной работ по курсу «Технология машиностроения» для студентов специальности Т.03.01.00 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроения» / М. П. Кульгейко, А. А. Пучков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2000. – 69 с.

5. Методические указания к контрольным работам по курсу «Технология машиностроения» для студентов специальности 12.01. – Гомель : ГПИ, 1992. – 28 с.

6. Горбачевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для машиностр. специальностей вузов / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск : Выш. шк. 1983. – 256 с.

7. Дипломное проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособие для вузов / В. В. Бабук [и др.] ; под общ. ред. В. В. Бабука. – Минск : Выш. шк., 1979. – 464 с.

8. Допуски и посадки : справочник : в 2 ч. / В. Д. Мягков [и др.] – 6-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд., 1982. – Ч. 1. – 543 с. : ил.

9. Допуски и посадки : справочник : в 2 ч. / В. Д. Мягков [и др.] – 6-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд., 1983. – Ч. 2. – 448 с. : ил.

10. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 496 с.

11. Режимы резания металлов : справочник / под ред. Ю. В. Барановского. – изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1972. – 407 с.

12. Справочное руководство по черчению / В. Н. Богданов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1989. – 864 с. : ил.

13. Станочные приспособления : справочник : в 2 т. / под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова. – М. : Машиностроение, 1984. – Т. 1. – 592 с.

14. Станочные приспособления : справочник : в 2 т. / под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова. – М. : Машиностроение, 1984. – Т. 2. – 656 с.

15. Пучков, А. А. Основы алгоритмизации технологических расчетов : учеб. пособие по курсу «Технология машиностроения» для студентов специальности 12.01 «Технология машиностроения» / А. А. Пучков. – Гомель : ГПИ, 1981. – 76 с.

16. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений : учеб. / В. С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1983. – 277 с.

17. Болотин, Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – изд. 5-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1973. – 344 с.

18. Мирзоев, С. М. Универсально-сборные приспособления в машиностроении / С. М. Мирзоев. – Минск : Госиздат БССР, 1963. – 140 с.

19. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пособие / под ред. Е. Э. Фильдштейна. – Минск : Дизайн ПРО, 1997. – 384 с. : ил.

20. Вечер, Р. И. Практическое руководство к лабораторным работам по теме «Разработка техпроцесса сборки, методы обеспечения точности контроля по дисциплине «Технология станкостроения»» для студентов машиностроительного профиля / Р. И. Вечер, М. Р. Шейбак. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2000. – 33 с.

21. Расчеты деталей машин : справ. пособие / А. В. Кузьмин [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск : Выш. шк., 1986. – 400 с. : ил.

22. Уткин, Н. Ф. Приспособления для механической обработки / Н. Ф. Уткин. – Л. : Лениздат, 1969. – 299 с.

23. ГОСТ 16085–80 (СТ СЭВ 1314–78) Калибры для контроля расположения поверхностей.

Содержание

Предисловие.....	3
1. Цели выполнения курсовой работы.....	4
2. Содержание пояснительной записки.....	4
3. Рекомендации по выполнению курсовой работы.....	5
4. Примеры расчетов.....	13
4.1. Пример определения расчетных параметров точности, соответствующих уточнениям поверхностей по структурной формуле технологического процесса.....	13
4.2. Пример определения выдерживаемых параметров точности и построения теоретических схем базирования конструкторского и технологического.....	17
4.3. Примеры расчетов точности изготовления элементов оснастки.....	21
4.3.1. Пример определения расчетных допусков и технических требований на изготовление некоторых элементов кондуктора для сверления отверстий.....	21
4.3.2. Пример расчетов точности изготовления элементов приспособления для контроля торцового биения.....	27
4.4. Примеры расчетов необходимых усилий закрепления заготовок в станочных приспособлениях.....	30
4.4.1. Пример расчета необходимого усилия закрепления заготовки гайки в кондукторе при сверлении отверстий.....	30
4.4.2. Пример расчетов необходимого усилия закрепления заготовки гайки регулировочной при фрезеровании уступов.....	33
4.4.3. Пример расчета необходимого диаметра пневмопривода.....	41
4.5. Примеры определения размеров «слабых» звеньев в зажимных механизмах станочных приспособлений.....	42
4.5.1. Пример расчета размера «слабого» звена в зажимном механизме кондуктора для сверления отверстий.....	42
4.5.2. Пример расчета размеров «слабых» звеньев в зажимном механизме приспособления для фрезерования двух уступов.....	42
Литература.....	43

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

Щербаков Сергей Александрович

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

**Учебно-методическое пособие
по курсовому проектированию
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор
Компьютерная верстка

Т. Н. Мисюрова
Н. Б. Козловская

Подписано в печать 20.11.17.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 3,12.

Изд. № 66.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение
Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого.
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.
пр. Октября, 48, 246746, г. Гомель