

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**

---

**Кафедра: Технології машинобудування**

Спеціальність *7.05050201 – Технологія машинобудування*

Дисципліна *Проектування спеціальної технологічної оснастки*

**КОМПЛЕКТ  
ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ  
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Ухвалено на засіданні кафедри технології  
машинобудування

Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ р.

Завідувач кафедри,  
к.т.н., доц.

/В.С. Гришин/

Розробник: асистент

/С.В. Бончук/

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**

**РОБОЧА ПРОГРАМА**

та методичні вказівки до виконання  
курсної роботи з дисципліни  
“Проектування спеціальної технологічної оснастки”  
для студентів спеціальності 7.050502 01 та 8.050502 01

Дніпропетровськ НМетАУ 2016

## I. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Для спеціальності 7.050502 01 – технологія машинобудування - дисципліна “Проектування спеціальної технологічної оснастки” викладає зміст і послідовність виконання проектних робіт при створенні спеціальної технологічної оснастки механоскладального виробництва. Основна увага приділяється найважливішим елементам технологічної оснастки - пристроям механоскладального виробництва.

Дисципліна “Проектування спеціальної технологічної оснастки” вивчається студентами усіх форм навчання на останньому курсі і передбачає лекційні та практичні заняття і виконання курсової роботи. Основною формою вивчення даної дисципліни є самостійна робота студентів з літературними джерелами. Велику користь студенту принесе ознайомлення в цехах заводів із конструкціями реальних пристроїв.

Вивчення розділів дисципліни здійснюється в послідовності, що рекомендується. Певну допомогу у вивченні дисципліни надають теоретичні відомості, що роз'яснюють методику виконання курсової роботи.

Завдання на курсову роботу видається студенту індивідуально. Завдання передбачає проектування комплексу пристроїв, які необхідні для обробки (верстатний пристрій і пристрій для закріплення різального інструмента) та контролю якості обробки (контрольний пристрій) заданої поверхні деталі.

Курсова робота повинна виконуватися студентами тільки після вивчення і засвоєння теоретичного курсу. Курсова робота включає виконання основних проектних розрахунків верстатного і контрольного пристроїв та пристрою для закріплення різального інструменту й оформлюється у вигляді розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу (складальних креслень пристроїв на двох-трьох аркушах формату А1) відповідно до даних методичних вказівок і основних вимог ЕСКД. Після виконання студент захищає курсову роботу у процесі обговорення з викладачем і отримує відповідну оцінку. Контроль якості засвоєння вивченого матеріалу здійснюється за допомогою екзамену.

Матеріали дисципліни використовуються в курсовому і дипломному проектуванні при розробці верстатних, складальних і контрольних пристроїв та пристроїв для закріплення різального інструмента.

### 1.1. Мета викладання дисципліни

Підвищення продуктивності праці і поліпшення якості продукції - найважливіші задачі машинобудування. Один з ефективних шляхів удосконалення виробництва - підвищення оснащеності виробничих процесів прогресивною механізованою й автоматизованою технологічною оснасткою. Найважливішими елементами цієї оснастки є пристрої механоскладального виробництва. Правильно спроектований і виготовлений пристрій є ефективним засобом підвищення продуктивності праці і якості виробів, зниження їхньої собівартості, полегшення праці робітників і підвищення безпеки роботи.

У результаті вивчення дисципліни “Проектування спеціальної технологічної оснастки” студент повинен засвоїти теоретичні основи, принципи і методику проектування, що дозволить йому грамотно і творчо підходити до створення працездатних, високопродуктивних і економічних пристроїв.

### 1.2. Задача вивчення дисципліни

Задача вивчення дисципліни - оволодіння сучасними методами проектування пристроїв відповідно до поставлених технологічних, організаційних і інших задач; засвоєння методики економічного обґрунтування доцільності застосування спроектованого пристрою, одержання навичок використання стандартів у процесі проектування; підготовка до самостійного вирішення задач в області проектування пристроїв у процесі курсового і дипломного проектування.

### 1.3. Рекомендації по вивченню дисципліни

Для успішного вивчення дисципліни “Проектування спеціальної технологічної оснастки” студент повинен мати відповідний обсяг знань з технології машинобудування, проектування спеціальних верстатних пристроїв, теоретичної механіки, опору матеріалів, різання металів. У результаті вивчення дисципліни студент повинен засвоїти, що задача проектування технологічної оснастки впливає з більш загальної задачі розробки технологічного процесу виготовлення деталей. При цьому варто звернути увагу на спільність задач (базування, закріплення і т.д.), що розв'язуються при проектуванні пристроїв різноманітного цільового призначення, і єдність методики проектування. Необхідно засвоїти, що вимоги до точності пристрою можна правильно обґрунтувати, лише розглядаючи його як один з елементів

технологічної або вимірювальної системи, тобто на основі системного підходу до рішення поставленої задачі.

## **2. РОБОЧА ПРОГРАМА**

### **Тема 1 Контрольні пристрої.**

Службове призначення і складові елементи контрольних пристроїв: базові і затискні пристрої; ті,що передають рух і рухливі елементи; вимірювальні пристрої. Контрольні пристрої для автоматизованого виробництва. Особливості проектування і розрахунку контрольних пристроїв

### **Тема 2 Пристрої для установки і закріплення робочого інструмента (допоміжний інструмент).**

Службове призначення, основні типи допоміжного інструмента і вимоги до нього, пристрої для установки і закріплення інструмента на верстатах різноманітного типу. Допоміжний інструмент для верстатів з ЧПК й автоматичних ліній. Стандартизація допоміжного інструмента. Специфіка проектування допоміжного інструмента.

### **Тема 3 Складальні пристрої**

Характерні види складальних пристроїв, їхнє службове призначення й особливості проектування. Методика розрахунку складальних пристроїв на точність. Пристрої для автоматичного складання. Використання адаптивних систем і складальних пристроїв

### **Тема 4 Верстатні пристрої для змінювально-потоккових автоматичних ліній, верстатів з ЧПК і ГАВ.**

Універсально-складні і універсально-налагоджувальні пристрої. Пристрої для групового виробництва. Пристрої-супутники для автоматичних ліній, верстатів із ЧПК і ГАВ; особливості конструктивного оформлення основних і допоміжних баз. Напрямки розвитку конструкцій пристроїв для верстатів з ЧПК і ГАВ. Особливості пристроїв для роботизованого виробництва.

## ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

1. Приведите основные разновидности сборочных приспособлений.
2. Охарактеризуйте содержание и особенности выполнения проектных расчетов сборочных приспособлений.
3. Приведите основные разновидности контрольных приспособлений.
4. Охарактеризуйте содержание и особенности выполнения проектных расчетов контрольных приспособлений.
5. Охарактеризуйте основные разновидности измерительных средств, используемых в контрольных приспособлениях.
6. Приведите основные разновидности приспособлений для закрепления режущего инструмента.
7. Охарактеризуйте содержание и особенности выполнения проектных расчетов приспособлений для закрепления режущего инструмента.
8. Охарактеризуйте структуру и состав комплектов универсально-сборочных (УСП) и универсально-наладочных приспособлений (УНП).
9. Приведите основные преимущества использования комплектов УСП.
10. Укажите основные особенности конструкции приспособлений-спутников.
11. Охарактеризуйте основные направления автоматизации станочных и сборочных приспособлений.
12. Охарактеризуйте особенности базирования деталей в станочных, сборочных и контрольных приспособлениях, а также режущего инструмента в приспособлениях для его закрепления.
13. Укажите особенности конструкции и расчета многошпиндельных сверлильных головок.
14. Как производится оценка эффективности использования станочных приспособлений?
15. Охарактеризуйте последовательность проектирования приспособлений.

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Проектирование приспособлений осуществляется в определенной последовательности, основными этапами которой являются:

- выбор принципиальной схемы приспособления;
- анализ схемы базирования деталей (инструмента) и выбор установочных элементов для ее реализации;
- расчет усилия закрепления;
- оценка точности приспособления;
- расчет зажимных механизмов;
- расчет силового привода;
- разработка общего вида сборочного чертежа приспособления;
  - технико-экономическое обоснование целесообразности использования приспособления данного вида.

В зависимости от вида приспособления объем проектных работ каждого этапа может существенно различаться. В наиболее полном составе проектирование выполняется для специальных станочных и сборочных приспособлений. При проектировании контрольных приспособлений большую важность имеет обоснование точности приспособления.

При выполнении курсовой работы эти этапы сгруппированы в логически обособленные части, соответствующие разделам пояснительной записки, и выполняются в соответствующем объеме для каждой разновидности проектируемых приспособлений, а именно, для специального станочного приспособления, приспособления для закрепления режущего инструмента и контрольного приспособления. Все три приспособления проектируются для обработки и контроля качества одной из поверхностей заданной детали.

Исходными данными при проектировании приспособлений являются:

1. Чертежи заготовки и готовой детали с техническими требованиями.
2. Карты технологического процесса обработки детали.
3. Количество изготавливаемых деталей (программа выпуска).
4. ГОСТы и нормали на детали и узлы приспособлений, альбомы

нормализованных конструкций приспособлений, паспорта станков.

Целью анализа исходных данных является получение информации, необходимой для проектирования приспособлений, в частности, сведений о форме поверхностей детали, размерах и допусках на размеры детали, припусках, шероховатости поверхностей, материале детали, местах разъема штампов или опок, состоянии поверхностей обрабатываемой детали на предшествующем и данном этапах обработки, требованиях к точности формы и взаимного расположения обрабатываемых поверхностей, схеме базирования, применяемых режущих и измерительных инструментах и оборудовании, режимах резания, проектной норме штучного времени (с выделением времени на установку, закрепление и снятие детали и режущего инструмента) и времени выполнения контрольных операций.



### 3.1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

#### 3.1.1. Выбор принципиальной схемы приспособления

##### Теоретические сведения

Учитывая, что станочное приспособление будет использоваться совместно с конкретным металлорежущим станком (будет размещаться на станке), следует определить (по паспорту станка) основные установочные и присоединительные размеры станка, связанные с установкой приспособления (размеры стола, размеры и расположение Т-образных пазов и т.д.). Кроме того, целесообразно ознакомиться со станком в цехе, выявить технологические возможности инструментального цеха, где будут изготавливать приспособление, изучить работу и конструктивные особенности аналогичных приспособлений. Тщательный анализ исходных данных позволяет правильно выбрать рациональную схему станочного приспособления. При этом должны быть определены принципиальные особенности конструкции приспособления, а именно, количество одновременно устанавливаемых и обрабатываемых заготовок (одноместное или многоместное приспособление), количество позиций обработки (однопозиционное и многопозиционное приспособление), вид привода зажимного устройства (ручной или механизированный).

Количество одновременно обрабатываемых деталей и позиций обработки определяется принятыми в технологическом процессе схемой обработки детали и структурой технологической операции.

Заданная производственная программа может быть выполнена с применением одноместного приспособления в том случае, если затраты времени на данном этапе обработки не превосходят фонда времени на изготовление одной детали. Иными словами, штучное время в этом случае должно быть меньше (или равно) такту выпуска деталей:

$$T_{шт.} \leq \frac{F_{\delta} \cdot n \cdot 60}{N}, \quad (3.1)$$

где  $T_{шт.}$  - штучное время, мин;

$F_{\delta}$  - действительный годовой фонд времени при односменной работе, час;

*n* - количество рабочих смен;

*N* - производственная программа, шт.

Если это условие не выполняется, то производственная программа может быть выполнена с использованием на одном рабочем месте многоместного приспособления или на нескольких рабочих местах одноместных приспособлений. Количество мест определяется округлением до ближайшего большего целого величины отношения штучного времени и такта выпуска.

Вид привода зажимного устройства определяется величиной задаваемого технологом времени, которое затрачивается в основном на управление приводом, закрепление и открепление заготовки.

Затраты времени на эти действия входят в состав вспомогательного времени. Ориентируясь на известные нормативные затраты времени на эти действия /9, 10/, можно определить рекомендуемый вид привода. Кроме того, при решении этого вопроса следует учитывать особенности используемого оборудования (в частности, наличие гидравлической системы станка) и других условий производства (наличие в цехе и энергетические возможности пневматических сетей и т.п.). Обычно в условиях серийного (начиная со среднесерийного) и массового производства целесообразным оказывается использование механизированных приводов (наиболее распространены пневматический и гидравлический приводы).

Вид установочных элементов приспособления определяется в результате анализа принятой технологом схемы базирования. Здесь учитываются в первую очередь форма и состояние базовых поверхностей заготовки, а также жесткость конструкции детали и контактная жесткость материала. При проектировании приспособлений целесообразно использовать стандартизованные установочные элементы /6/. Между формой базовых поверхностей и видом установочных элементов существует достаточно определенная связь (таблица 3.1).

Таблица 3.1

Форма базовой поверхности	Вид установочных элементов
Плоскость	Штыри, пластины
Наружная цилиндрическая поверхность	Призмы, кулачки
Внутренняя цилиндрическая поверхность	Установочные пальцы, оправки, кулачки
Центровые гнезда	Центры

Типоразмеры стандартизованных установочных элементов выбираются из соответствующих стандартных рядов размеров, исходя из размеров базовых поверхностей. Одновременно необходимо установить координаты расположения установочных элементов относительно базовых поверхностей. Состояние базовых поверхностей (шероховатость, твердость, наличие окалины и других загрязнений) определяет конструктивные особенности рабочей части установочных элементов, а также требования к их износостойкости (а, следовательно, вид материала установочного элемента и твердость рабочих поверхностей). Например, если базовая плоскость имеет низкую шероховатость и незначительные погрешности, в качестве установочных элементов могут быть использованы штыри с плоской головкой или пластины. Если же базовая плоскость имеет высокую шероховатость и низкую точность, то следует выбрать штыри со сферической головкой. При наличии же окалины - штыри с насеченной головкой.

При выполнении контрольной работы набор исходных данных будет неполным, в частности тип используемого оборудования и инструмента, схема базирования и некоторые другие данные студент принимает самостоятельно.

### Порядок выполнения раздела работы

1. Провести анализ исходных данных, обратив внимание на материал детали, форму, размеры и качество обрабатываемой поверхности и требования к их точности. Считая, что все поверхности, кроме заданной для обработки, выполнены в соответствии с требованиями чертежа, принять решение о способе и последовательности обработки заданной поверхности (выбрав металлорежущий станок и соответствующие инструменты). Проектирование приспособления выполнять для обработки на станке выбранного типа на наиболее нагруженном этапе обработки.

2. Определить возможность выполнения заданной производственной программы, для чего:

2.1. Рассчитать величину такта выпуска, приняв, что работа будет выполняться в две смены при действительном годовом фонде времени 2020 час

$$\tau = \frac{60 \cdot F_{\delta} \cdot n}{N}, \text{ мин.}$$

2.2. Проверить выполнение условия (3.1) и принять решение о количестве одновременно обрабатываемых деталей, обеспечивающих выполнение заданной производственной программы.

3. Выбрать схему базирования детали на данном этапе обработки (с учетом решений, принятых в п.1 и 2), определив комплект баз. Выполнить эскиз детали и обозначить на нем базовые поверхности в соответствии с ГОСТ.

4. Выбрать установочные элементы для реализации принятой схемы базирования, для чего:

4.1. Установить форму, размеры и состояние (шероховатость) базовых поверхностей.

4.2. Определить тип установочных элементов (из числа стандартных) для каждой из базовых поверхностей (приложения 1,2,3).

4.3. Определить размеры выбранных установочных элементов из стандартных рядов значений соответствующих размеров, ориентируясь на размеры базовых поверхностей, количество установочных элементов и их взаимное расположение.

Выполнить эскизы установочных элементов.

5. Определить взаимное расположение установочных элементов, а также их положение относительно базовых поверхностей, обеспечив наибольшее возможное расстояние между установочными элементами. На эскизе детали указать координаты взаимного расположения установочных элементов, а также их координаты относительно базовых поверхностей.

Пример выполнения этого раздела курсовой работы для обработки поверхностей уступа детали (рис. 3.1) приведен в методических указаниях /14, 15/.

### 3.1.2. Силовой расчет приспособления

#### Теоретические сведения

Силовой расчет приспособления выполняется с целью обеспечения гарантированной неподвижности обрабатываемой заготовки под действием технологических нагрузок.

Силовой расчет приспособления включает:

- анализ схемы действия сил;
- расчет усилия закрепления;
- расчет зажимного механизма;
- расчет силового привода.

В процессе анализа схемы действия сил необходимо:

- определить величины и характер действия основных силовых факторов;
- проанализировать усилия механической обработки и определить величину коэффициента запаса;
- установить наиболее опасную, с точки зрения возможной потери неподвижности заготовки, ситуацию воздействия технологических нагрузок.

Основными силовыми технологическими факторами, действующими при механической обработке, являются силы резания, трения, веса и инерции.

Величины сил резания и трения рассчитываются по известным формулам /7, 6/ теории резания и обработки. Эмпирические коэффициенты и показатели степени определяются по справочникам /8/. Силами веса и инерции в большинстве случаев, кроме обработки сравнительно тяжелых (более 100 Н) и быстроперемещающихся заготовок (более 1 м/с) пренебрегают.

Как известно /1, 8/, условия механической обработки в определенной мере носят случайный характер, что обуславливает возможные случайные изменения силовых факторов, зависящих от условий обработки. В первую очередь это касается силы резания. Для компенсации возможных случайных отклонений силовых факторов от рассчитанных (средних) значений в силовой расчет вводится коэффициент запаса

$$K=K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 ,$$

где  $K_0 = 1,5$  - гарантированный коэффициент запаса;

$K_1 = 1,0 - 1,2$  - учитывает состояние базовых поверхностей;

$K_2 = 1,0 - 1,9$  - учитывает затупление инструмента;

$K_3 = 1,0 - 1,2$  - учитывает ударную нагрузку на инструмент;

$K_4 = 1,0 - 1,3$  - учитывает стабильность сил, развиваемых приводом;

$K_5 = 1,0 - 1,2$  - учитывает удобство управления зажимными механизмами с ручным приводом;

$K_6 = 1,0 - 1,5$  - учитывает определенность расположения опорных точек при смещении заготовки моментом сил.

Величины коэффициентов  $K_1, \dots, K_6$  определяются в результате анализа условий обработки. Если условия обработки благоприятные, то соответствующие коэффициенты принимают значение 1,0. В этом случае общий коэффициент запаса равен по величине гарантированному коэффициенту запаса, т.е.  $K = K_0 = 1,5$ .

При наиболее неблагоприятных условиях, например, в случае обработки заготовки, установленной в немеханизированном приспособлении по протяженным опорным базовым поверхностям, изношенным инструментом с ударным нагружением и при действии момента сил, общий коэффициент запаса достигает максимальной величины  $K=9,6$ . Во всех других случаях коэффициент запаса принимает промежуточные значения, соответствующие конкретным условиям обработки.

Определение ситуации, при которой наиболее вероятна потеря неподвижного положения заготовки, осуществляется в процессе анализа возможных последствий для различных вариантов нагружения заготовки. Для облегчения анализа следует изобразить в 2 - 3 проекциях заготовку на данном этапе обработки с указанием координат мест расположения установочных элементов (для этой цели можно использовать эскиз, полученный при выполнении предыдущего раздела). К изображению обрабатываемой поверхности на эскизе присоединяется упрощенное изображение режущего инструмента и указываются основные кинематические особенности данного вида обработки и направления действия технологических силовых факторов (составляющих силы резания, силы веса и т.д.) путем изображения соответствующих векторов в местах приложения сил. Варианты действия силовых факторов, при которых составляющие силы резания прижимают заготовку к установочным элементам, не являются опасными, т.к. в этих случаях устойчивость

положения заготовки увеличивается. Очевидно, что наиболее опасны ситуации, при которых возможны смещение или поворот заготовки относительно установочных элементов. При этом следует принимать во внимание не только значительные смещения и повороты, но также и возможность незначительных по величине смещений и поворотов, например, в пределах зазоров при установке на пальцы по отверстию. Как правило, таких наиболее опасных ситуаций оказывается несколько.

Для каждой из этих ситуаций проводится расчет величины усилия закрепления, включающий:

- определение направления действия и точки приложения усилия закрепления;
- составление уравнений равновесия заготовки под действием технологических нагрузок и усилия закрепления;
- определение величины усилия закрепления.

Направление действия и точка приложения усилия закрепления определяются, исходя из общего требования: необходимо исключить возможность смещения или поворота, которые могут возникнуть для рассматриваемой опасной ситуации. То есть, сила закрепления непосредственно или через создаваемые ею силы трения и реакции опор должна препятствовать возможному смещению или повороту заготовки. При этом следует стремиться к такому выбору направления и точки приложения усилия закрепления, чтобы одновременно исключить возможность потери неподвижного состояния заготовки для всех опасных ситуаций. В противном случае закрепление заготовки необходимо осуществлять несколькими силами, приложенными в различных точках, что существенно усложнит приспособление и процесс его проектирования.

При выборе направления действия и точки приложения усилия закрепления необходимо руководствоваться следующими правилами :

1. Сила закрепления должна быть направлена перпендикулярно рабочей поверхности установочного элемента, с которым заготовка имеет наибольшую площадь контакта.
2. Сила закрепления должна быть направлена параллельно силе веса заготовки.
3. Сила закрепления должна быть направлена параллельно силе резания.
4. Сила закрепления должна быть направлена перпендикулярно направлению

выполняемого на данной операции размера.

5. Сила закрепления не должна опрокидывать или сдвигать заготовку по установочным элементам.

6. Сила закрепления не должна деформировать заготовку.

На практике редко можно выбрать направление действия и точку приложения усилия закрепления, удовлетворяющие всем правилам. В этих случаях необходимо искать оптимальные (т.е. обеспечивающие минимальные погрешности и величину усилия закрепления) решения.

Как известно, равновесие заготовки, как твердого тела, находящегося под действием совокупности сил, описывается системой уравнений, включающей, в общем случае, шесть уравнений. Три уравнения характеризуют соотношение проекции сил, а три - соотношение моментов сил относительно осей выбранной системы координат. При выборе системы координат необходимо учитывать принятую схему базирования (целесообразно совмещать базовые плоскости и оси с элементами системы координат).

Однако в большинстве случаев при проектировании станочных приспособлений нет необходимости рассматривать полную систему шести уравнений равновесия. Как правило, схемы нагружения заготовок достаточно просты, а возможные смещения и повороты заготовок независимы. Поэтому, обычно, удается определить усилие закрепления, используя меньшее число уравнений (чаще всего одно-два уравнения). При анализе "опасной" ситуации, связанной с возможным смещением заготовки используется уравнение проекций действующих сил на направление смещения; в случае поворота - уравнение моментов относительно точки или оси поворота.

Величина усилия закрепления для рассматриваемой опасной ситуации определяется путем разрешения составленного уравнения относительно искомой силы (все необходимые данные подготовлены на предыдущих этапах проектирования). Если анализируется несколько опасных ситуаций, компенсируемых одной силой закрепления, то для дальнейших расчетов при проектировании принимается максимальное из рассчитанных значений усилия закрепления.

После определения величины усилия закрепления целесообразно оценить точность проектируемого приспособления (см. разд. 3.1.3), а затем продолжить



силовой расчет приспособления.

Дальнейший силовой расчет приспособления предполагает расчет зажимного механизма, который включает:

- выбор вида зажимного механизма;
- определение коэффициента передачи зажимного механизма;
- расчет силы зажима.

Зажимной механизм реализует усилие закрепления путем преобразования силы, развиваемой приводом приспособления. Характер преобразования определяется величиной передаточного отношения, которое однозначно соответствует виду зажимного механизма. Зажимные механизмы принято разделять на элементарные и комбинированные, т.е. состоящие из нескольких элементарных. Наиболее распространенными видами элементарных зажимных механизмов являются винтовые, рычажные и клиновые.

Выбор вида зажимного механизма осуществляется с учетом принятых решений по принципиальной схеме приспособления, требований и ограничений по габаритам и компоновке основных элементов приспособления. В частности, винтовые зажимные механизмы чаще используются в приспособлениях с ручным приводом, а рычажные и клиновые - с механизированным приводом. Рычажные и клиновые механизмы, а также их комбинации позволяют изменять направление действия и величину силы тяги, т.е. силы, развиваемой приводом. Это позволяет создавать /1-6/ более компактные зажимные механизмы и, соответственно, приспособления. Клиновые механизмы, кроме того, обладают свойством самоторможения. Передаточные отношения для наиболее распространенных типов элементарных зажимных механизмов известны и приведены в литературе /1-8/. Например, для винтового зажимного механизма передаточное отношение имеет вид /8/

$$i = \frac{l}{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} . ,$$

где  $l$  - длина вылета ключа, мм;

$r_{cp}$  - средний радиус резьбы, мм;

$\alpha$  - угол подъема резьбы;

$\varphi$  - угол трения в резьбовой паре.

С учетом этого получаем выражение для определения величины силы тяги

$$W = \frac{Q}{i} = Q \cdot \frac{r_{cp}}{l} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi).$$

При использовании комбинированного зажимного механизма передаточное отношение определяется как произведение передаточных отношений элементарных механизмов, входящих в состав комбинированного

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n,$$

где  $n$  - количество элементарных зажимных механизмов.

Например, при использовании клино-рычажного механизма:

$$i = i_1 \cdot i_2,$$

где  $i_1 = \frac{l_2}{l_1}$  - передаточное отношение для рычажного зажимного механизма;

$i_2 = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}$  - передаточное отношение для клинового механизма;

$l_1$  и  $l_2$  - плечи рычага;

$\alpha$  - угол клина;

$\varphi_1$  и  $\varphi_2$  - углы трения для поверхностей трения.

Следовательно, силу тяги в этом случае можно определить, используя выражение

$$W = \frac{1}{i_1 \cdot i_2} \cdot Q = Q \frac{l_1}{l_2} [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2].$$

Исходным условием при определении величин перемещений элементов зажимного механизма является обеспечение возможности свободного доступа к установочным элементам приспособления при установке и снятии обрабатываемой заготовки. Величина отвода прижимного элемента, обеспечивающая это условие, преобразуется элементарными зажимными механизмами с учетом принятых значений конструктивных параметров. Для определения величины перемещения прижимного элемента и хода привода исходим из условия обеспечения свободной установки заготовки с учетом возможных отклонений ее размеров. При этом следует

учесть влияние величины силы закрепления и жесткости зажимного механизма и предусмотреть необходимый запас хода, компенсирующий износ его элементов и погрешности изготовления.

Величина хода прижимного элемента определяется по формуле

$$S_{(Q)} = \Delta_{\text{gap}} + \Delta + \frac{Q}{I} + \Delta S_{(Q)},$$

где  $\Delta_{\text{gap}}$  - гарантированный зазор для свободной установки заготовки;

$\Delta$  - отклонение размера заготовки, мм (выбирается по данным чертежа);

$Q$  - известная (расчетная) сила закрепления заготовки, Н;

$I$  - (1000 ... 3500), Н/мм - жесткость зажимного механизма;

$\Delta S_{(Q)} = (0,2 \dots 0,4)$ , мм - запас хода плунжера, учитывающий износ и погрешности изготовления механизма.

Итоговое перемещение входного звена зажимного механизма является перемещением выходного звена исполнительного механизма (двигателя) силового привода. Величина хода привода определяется величиной перемещения прижимного элемента и произведением передаточных отношений перемещения механизмов, из которых состоит зажимное устройство. Например, для рассматриваемого в /14, 15/ клино-рычажного механизма

$$S_{(W)} = S_{(Q)} \cdot i_{\text{н.р.}} \cdot i_{\text{н.кл.}},$$

где  $i_{\text{н.р.}}$  - передаточное отношение перемещения рычажного механизма;

$i_{\text{н.кл.}}$  - передаточное отношение перемещения клинового механизма.

Сила тяги создается силовым приводом приспособления, который обеспечивает необходимые законы изменения силы тяги и перемещения выходного звена привода. Тип силового привода (ручной или механизированный) устанавливается на этапе выбора принципиальной схемы приспособления.

Расчет силового привода приспособления предполагает определение структурных и конструктивных особенностей привода и расчет параметров исполнительного механизма привода. Полный расчет привода при выполнении

контрольной работы не выполняется (в связи с большим объемом и самостоятельным значением этих расчетов). При использовании механизированного привода необходимо принять решение о типе привода (пневматический, гидравлический, пневмогидравлический, магнитный, центробежный и т.д.). При выполнении контрольной работы рекомендуется применять пневматический или гидравлический привод. Пневматический привод целесообразно использовать для создания сравнительно небольших усилий тяги (до 2500 Н) и перемещений (до 50 мм) прижимного элемента (т.е. в конечном итоге, перемещений выходного звена исполнительного механизма привода), что обусловлено ограничением габаритов пневматического двигателя, а также нестабильностью силы тяги при больших перемещениях исполнительного элемента.

В качестве исполнительного механизма в пневматическом и гидравлическом приводе, используются цилиндры и мембранные камеры. Цилиндры используются при необходимости обеспечения сравнительно больших (10–100 мм) перемещений выходного звена (штока). Основные параметры цилиндра – диаметры поршня и штока определяются с учетом конструктивных особенностей цилиндра.

Диаметр поршня цилиндра одностороннего действия (рабочий ход выполняется под действием давления жидкости или газа, а обратный ход – под действием пружины) определяется выражением

$$d_n = \sqrt{\frac{4(W + cL)}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \text{ м,}$$

где  $W$  – сила тяги, Н;

$L$  – наибольший ход штока цилиндра, мм;

$c$  – жесткость пружины обратного хода, Н/мм;

$p$  – давление рабочей среды (жидкости или газа), Н/м<sup>2</sup> (Па);

$\eta$  – коэффициент полезного действия цилиндра;

Жесткость пружины рекомендуется определять по формуле /2/

$$c = 0.1 \frac{W}{L}.$$

Диаметр штока цилиндра предварительно можно принять равным:

для пневматического  $d_{ш} = \frac{1}{4}d_n$  ,

для гидравлического  $d_{ш} = \frac{1}{2}d_n$  .

Диаметр поршня одноштокового цилиндра двухстороннего действия (рабочий и обратный ходы выполняются под действием давления рабочей среды) определяется выражением

$$d_n = \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot p \cdot \eta}} , \text{ м} .$$

При использовании двухштокового цилиндра двухстороннего действия диаметр поршня можно определить следующим образом

$$d_n = \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot p \cdot \eta(1 - a^2)}} , \text{ м} ,$$

где  $a$  – принятая величина отношения диаметра штока к диаметру поршня.

Усилие на штоке мембранной камеры (диафрагменного двигателя) сложным образом зависит от свойств деформируемого элемента, конструктивных особенностей и величины перемещения штока. Для упрощения расчета примем приближенное соотношение величин в виде /1/

$$D = \sqrt{\frac{W}{0.56 \cdot p}} .$$

Это выражение приближенно определяет величину диаметра мембраны при смещении штока от исходного положения на величину 0.2 (т.е. рабочего хода).

По рассчитанному значению диаметра рекомендуется установить величину диаметра двигателя, ориентируясь на стандартные ряды значений диаметров, приняв ближайшее к расчетному значению большее стандартное значение. Соответственно следует уточнить все размеры двигателя (в том числе и диаметр штока).

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Определить величины и характер действия основных силовых факторов.
2. Проанализировать условия механической обработки и определить величину коэффициента запаса.

3. Определить наиболее опасную ситуацию воздействия технологических нагрузок.
4. Определить направление действия и точку приложения усилия закрепления.
5. Составить уравнение равновесия и определить величину усилия закрепления.
6. Определить вид зажимного механизма.
7. Определить коэффициент передачи зажимного механизма.
8. Рассчитать величину зажимной силы (силы тяги).
9. Определить величину перемещения прижимного элемента и штока двигателя.
10. Выбрать тип двигателя.
11. Рассчитать величину рабочего диаметра двигателя.
12. Уточнить параметры двигателя по стандартным значениям для двигателя.

Пример выполнения этого раздела курсовой работы для обработки поверхности уступа детали (рис. 3.1) приведен в методических указаниях /14, 15/.

### 3.1.3. Оценка точности приспособления

#### Теоретические сведения

Проектируемое приспособление должно обеспечивать требуемый уровень точности обработки, что соответствует выполнению следующего условия

$$\varepsilon \leq [\varepsilon], \quad (3.2)$$

где  $[\varepsilon]$  - допустимая величина погрешности приспособления (мкм);

$\varepsilon$  - действительная величина погрешности приспособления (мкм).

Допустимая величина погрешности зависит от величины допуска на геометрический параметр, получаемый при обработке с помощью данного приспособления, и определяется с учетом погрешностей механической обработки другого вида

$$T = \sqrt{\Delta_n^2 + \Delta_y^2 + [\varepsilon]^2 + 3\Delta_u^2 + 3\Delta_m^2} + \Delta_{\Sigma\phi},$$

откуда

$$[\varepsilon] = \sqrt{(T - \Delta_{\Sigma\phi})^2 - \Delta_n^2 - \Delta_y^2 - 3\Delta_u^2 - 3\Delta_m^2},$$

где  $T$  - допуск на выполняемый геометрический параметр;

$\Delta_n$  - погрешность настройки технологической системы;

$\Delta_y$  - погрешность из-за упругих отжатий элементов технологической системы;

$\Delta_u$  - погрешность из-за износа режущего инструмента;

$\Delta_m$  - погрешность из-за тепловых деформаций элементов технологической системы;

$\Delta_{\Sigma\phi}$  - суммарная погрешность формы.

Учитывая, что оценка величин элементарных погрешностей механической обработки трудоемка, на практике обычно используют более простой способ

$$[\varepsilon] = T - k_y \cdot \overline{\omega}, \quad (3.3)$$

где  $\overline{\omega}$  - средняя экономическая точность данного вида обработки, определяемая по справочнику /7/ (приложения 4 и 5);

$k_y$  - коэффициент ужесточения (0,6 - 0,8).

Оба указанных выражения аналогичны, так как определяют величину допустимой погрешности приспособления как часть допуска, которая рассчитывается с учетом суммарного влияния погрешностей всех видов.

Действительная погрешность приспособления включает три составляющие

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_n^2}, \quad (3.4)$$

где  $\varepsilon_b$  - погрешность базирования (мкм);

$\varepsilon_z$  - погрешность закрепления (мкм);

$\varepsilon_n$  - погрешность положения (мкм).

Все погрешности, входящие в состав действительной погрешности, определяются величиной разности между предельными положениями проекций измерительной базы на направление выполняемого размера. Однако причины, вызывающие появление предельных положений измерительной базы, различны /1/.

Погрешность базирования возникает при несовпадении технологической и

измерительной баз. Погрешность закрепления обусловлена неоднородностью свойств поверхности обрабатываемой заготовки в (основном шероховатости и твердости), а также нестабильностью величины усилия закрепления. Погрешность положения определяется неточностью установки приспособления на столе станка, погрешностью изготовления приспособления и износом установочных элементов приспособления.

Оценку составляющих погрешностей следует начинать с проверки выполнения условий, при которых погрешности будут минимальными:

- погрешность базирования равна нулю, если при выбранной схеме базирования совпадают измерительная и технологическая базы для выполняемого размера;
- погрешность закрепления равна нулю, если линия действия усилия закрепления перпендикулярна направлению выполняемого размера;
- погрешность положения равна погрешности износа установочных элементов, если используется одно одноместное приспособление.

Если указанные условия (одно или несколько) не выполняются, то соответствующие погрешности должны быть оценены.

При оценке погрешности базирования рекомендуется использовать типовые схемы расчета /1, 8/, предварительно подобрав приемлемый вариант схемы (приложение 6).

Погрешность закрепления определяется контактными деформациями поверхности (в основном) заготовки, выражения для расчета которых для различных схем базирования установлены эмпирическим путем /1,8/. Наибольшее и наименьшее значения смещений заготовки в результате контактных деформаций определяются при подстановке в соответствующие выражения сочетаний величин факторов, от которых зависит деформация. Например, наибольшее смещение возникает при максимальной величине шероховатости и минимальной твердости поверхности, а также при наибольшем значении усилия закрепления. Наименьшее смещение, наоборот, при минимальной шероховатости, максимальной твердости и минимальном значении усилия закрепления. Предельные значения шероховатости и твердости соответствуют границам диапазонов шероховатости и твердости реальных поверхностей. Например, если шероховатость задана как  $R_z = 40$  мкм, т.е. не более 40, то максимальное значение шероховатости 40 мкм, а минимальное 20 мкм. Максимальное и



минимальные значения усилия закрепления определяются через отклонения от номинального значения усилия, рассчитанного ранее, например, для механизированного привода отклонения могут составлять  $\pm 5\%$ , т.е.

$$Q_{\max} = 1.05Q ;$$

$$Q_{\min} = 0.95Q .$$

Погрешность закрепления рассчитывается по рассчитанным величинам смещений заготовки

$$\varepsilon_3 = (y_{\max} - y_{\min}) \cdot \cos \alpha , \quad (3.5)$$

где  $y_{\max}$  и  $y_{\min}$  - наибольшее и наименьшее смещение заготовки (мкм);

$\alpha$  - угол между линией действия силы закрепления и направлением выполняемого размера.

Погрешность положения определяется величинами своих составляющих

$$\varepsilon_n = \sqrt{\varepsilon_y^2 + \varepsilon_c^2 + \varepsilon_u^2} , \quad (3.6)$$

где  $\varepsilon_y$  - погрешность, обусловленная неточностями изготовления деталей приспособления и их сборки (в основном, неточностью установочных элементов), мкм;

$\varepsilon_c$  - погрешность, обусловленная неточностью установки приспособления на столе металлорежущего станка, мкм;

$\varepsilon_u$  - погрешность, обусловленная линейным износом рабочих поверхностей установочных элементов, мкм.

Первые две погрешности при использовании одного одноместного приспособления могут быть компенсированы соответствующей настройкой элементов технологической системы. При необходимости оценить их величины (например, для многоместного приспособления или нескольких одноместных), рекомендуется принимать:

$$\varepsilon_y = 5 - 10 \text{ мкм}; \quad \varepsilon_c = 10 - 20 \text{ мкм} .$$

Эти величины определяются нормальными возможностями машиностроительного производства при изготовлении станочных приспособлений.

При многократных воздействиях технологических нагрузок на участках контакта заготовки и установочных элементов будет происходить линейный износ, величина которого может быть упрощенно /1/ оценена выражением

$$\varepsilon_u = \beta \cdot \sqrt{N} \cdot \cos \alpha, \quad (3.7)$$

где  $\beta$  - эмпирический коэффициент, определяющий влияние условий обработки на величину износа, в частности, учитывается вид и состояние базовой поверхности заготовки, а также вид установочного элемента /1/;

$N$  - количество контактов установочного элемента с заготовкой в процессе его эксплуатации, т.е. эта величина эквивалента величине производственной программы для данной детали;

$\alpha$  - угол между направлением выполняемого размера и направлением, перпендикулярным поверхности установочного элемента в зоне контакта с заготовкой.

Подставив в формулу (3.4) величины элементарных погрешностей приспособления, рассчитанные по формулам (3.5-3.7), определим действительную погрешность приспособления. При этом погрешность базирования рассчитывается по формулам, соответствующим принятой типовой схеме базирования. Если действительная погрешность меньше допустимой (3.3), то требуемая точность приспособления обеспечивается. Если условие (3.2) не удовлетворяется, то необходимо установить, какая из элементарных погрешностей имеет наибольшую величину и произвести корректировку ранее принятых технических решений с целью уменьшения величины этой погрешности. При необходимости следует повторить ранее выполненные этапы проектирования. Например, если наибольшую величину имеет погрешность базирования, то уменьшить ее влияние можно, изменив принятую ранее схему базирования. Если максимальной является погрешность закрепления, то уменьшить ее можно, во-первых, изменив точку приложения и направление действия усилия закрепления, а, во-вторых, выбрав более жесткие (в смысле контактной жесткости) установочные элементы. Если наибольшей оказалась погрешность положения вследствие износа установочных элементов, то применив более износостойкий материал для их изготовления, можно уменьшить износ. Кроме того,

можно рекомендовать периодическую замену износившихся до некоторой предельной величины установочных элементов. Предельная величина износа  $[\varepsilon_u]$  обычно известна, либо достаточно просто устанавливается при известной общей допустимой погрешности приспособления. Количество деталей, после обработки которых следует заменить установочные элементы, можно определить

$$N = \frac{[\varepsilon_u]^2}{\cos^2 \alpha \cdot \beta^2}, \quad (3.8)$$

где  $N$  - количество деталей, обработка которых приводит к износу установочных элементов на величину  $[\varepsilon_u]$ .

Отработка приспособления на точность завершается после достижения условий, при которых выполняется соотношение (3.2).

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Определить допустимую погрешность приспособления по формуле (3.3).
2. Определить элементарные погрешности приспособления (предварительно проверить выполнение условий, при которых погрешности минимальны):
  - погрешность базирования;
  - погрешность закрепления;
  - погрешность положения.
3. Рассчитать действительную погрешность по формуле (3.4).
4. Проверить выполнение условия (3.2).

Пример выполнения этого раздела курсовой работы для обработки поверхности уступа детали (рис. 3.1) приведен в методических указаниях /14, 15/.

#### 3.1.4. Разработка конструкции приспособления

##### Теоретические сведения

После выполнения основных проектных расчетов осуществляется разработка общего вида приспособления. Общий вид приспособления обычно вычерчивают в масштабе 1:1 (исключение составляют приспособления для особо крупных и мелких

деталей). Разработку общего вида приспособления начинают с нанесения на лист контуров заготовки. В зависимости от сложности схемы приспособления вычерчивают несколько проекций заготовки на достаточном расстоянии друг от друга. Заготовку целесообразно изображать условными линиями (тонкими, штрихпунктирными), для того, чтобы она выделялась на чертеже приспособления.

Разработку общего вида ведут методом последовательного нанесения отдельных элементов приспособления (в том же масштабе) вокруг контуров заготовки. Сначала вычерчивают установочные детали, затем зажимные устройства и силовой привод, детали для направления инструмента и вспомогательные устройства. Затем определяют контуры корпуса приспособления, который объединяет все перечисленные выше элементы.

Далее производится детализовка. Рабочие чертежи составляют обычно только на специальные детали, а стандартные детали вносят в спецификацию.

Перед разработкой общего вида приспособления целесообразно подобрать аналог проектируемому приспособлению из числа описанных в технической литературе /2, 4, 8, 11/ или используемых на практике. Наличие такого аналога позволяет применять апробированные конструкторские решения при решении сходных конструкторских задач.

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Подобрать аналог проектируемому приспособлению по технической литературе /2, 4, 8, 11/.
2. Изобразить контуры заготовки (в определенном масштабе).
3. К базовым поверхностям заготовки пририсовать изображения установочных элементов (в том же масштабе), координированные относительно поверхностей заготовки.
4. Выбрать способ соединения установочных элементов с корпусом и изобразить места соединения.
5. К поверхности заготовки, к которой приложено усилие закрепления, пририсовать прижимной элемент выбранного вида.
6. Выбрать конструктивные решения элементов зажимного механизма и

соединений с прижимным элементом и корпусом, изобразить элементы зажимного механизма и места соединения.

7. Выбрать конструктивные решения двигателя силового привода и мест соединения с зажимным механизмом и корпусом и изобразить их.

8. Выбрать конструктивное решение корпуса и изобразить его.

9. Проставить габаритные и монтажные размеры, а также размеры двигателя силового привода.

10. Составить спецификацию и указать основные технические требования, в частности, оговорить величины рабочего давления жидкости, усилия закрепления. хода штока гидроцилиндра.

#### Пример разработки конструкции приспособления

Применительно к принципиальной схеме проектируемого приспособления /14, 15/ аналог конструктивного решения в известной нам технической литературе отсутствует. В некоторых известных конструкциях (например: /2/, рис.IV.81, с. 293 и рис. VIII.74, с. 600) имеются лишь отдельные функциональные элементы, которые, с определенными коррективами, могут быть использованы в проектируемом приспособлении. Следовательно, необходима самостоятельная разработка конструкции.

Исходными данными для проектирования являются результаты предыдущих расчетов и разработанная ранее принципиальная схема /14, 15/.

Конструктивную разработку элементов и компоновку сборочной единицы приспособления, на первой стадии проектирования целесообразно осуществлять в виде эскизного проекта, который должен содержать принципиальные конструктивные решения, позволяющие составить общее представление об устройстве и принципе действия приспособления, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры. Эскизный проект служит основанием для последующей разработки технического проекта, который должен содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разработанной конструкции и исходные данные для разработки рабочей документации.

С целью облегчения работы и экономии времени рекомендуется эскиз-ный проект выполнять на миллиметровой бумаге, а для ощущения реальности конструкции, - масштаб изображения принимать 1:1. Число проекций (видов), разрезов и сечений определяется из расчета, чтобы изображение давало наиболее полное представление о форме, размерах, назначении и принципе действия приспособления, облегчало бы использование чертежа при его изготовлении.

В нашем случае, в соответствии с принципиальной схемой /14, 15/, изображение приспособления достаточно представить на двух плоскостях проекций: фронтальной - вид спереди и горизонтальной - вид сверху. При этом изображение детали будет представлено соответственно ее положению в приспособлении.

Разработка и компоновка конструкции осуществляется в такой последовательности (см. сборочный чертеж рис.3.2):

1. На виде спереди изображаются контуры обрабатываемой детали (по чертежу рис. 3.1 , ее профильная проекция - вид слева). Место изображения детали на поле чертежа выбирается так, чтобы вокруг нее оставалось достаточно места для размещения на проекциях всех деталей и узлов приспособления.

2. Относительно базовых поверхностей детали, в соответствии с координирующими размерами (см. /14,15/ рис.3.4) вычерчиваются опорные элементы: опоры постоянные 2 , пластина 25.

3. Относительно поверхности детали, к которой приложено усилие закрепления, вычерчивается рычажный прихват 4 с роликом 8 в одном из крайних его положений. Форма рычага-прихвата выбирается конструктивно с учетом его функционального назначения, а также обеспечения компактности конструкции приспособления, способов и элементов соединения с корпусом и роликом. Размеры плеч рычага принимаются расчетными, а ролика и шарнирных валиков 6 - конструктивно.

4. Из центра оси качания рычага описываются траектории перемещения центра оси ролика и точки контакта прихвата с поверхностью детали. С учетом ранее рассчитанной величины хода  $S(\varrho)$  прижимного элемента на линиях траекторий определяются аналогичные точки другого крайнего положения рычага - прихвата и вычерчивается его изображение (одно из изображений выполняется пунктирной линией).

5. Относительно образующей поверхности ролика вычерчивается клиновой механизм, состоящий из клина 12 и направляющей опоры 9, которая препятствует отжиму клина и смещению его в поперечном направлении. Клин вычерчивается соответственно положениям рычага-прихвата. Угол скоса клина и длина контактной с роликом его поверхности принимаются расчетными, остальные размеры - конструктивно с учетом способа соединения со штоком гидроцилиндра 16 и обеспечения достаточной жесткости конструкции.

6. В соответствии с расчетными величинами основных параметров (площадь поршня и хода) выбираются основные размеры гидроцилиндра из числа стандартных (нормализованных). Конструктивное его решение определяется с учетом обеспечения компактности приспособления, технологичности сборки, удобства обслуживания, ремонта и др.

В нашем случае наиболее подходящим по конструктивному решению является гидроцилиндр двустороннего действия с креплением на лапах ( $l/2$ , рис. 28 а). Такая конструкция обеспечивает удобство крепления цилиндра к корпусу приспособления, подвода и присоединения трубопроводов рабочей жидкости, обслуживания узла.

Выбранный таким образом гидроцилиндр (полностью собранный узел) в разрезе изображается на чертеже. При этом резьбовое отверстие в штоке соединяется с резьбовым хвостовиком клина. Для обеспечения установки и фиксации клина в заданном положении предусмотрена гайка 13.

7. Решается конструктивно способ шарнирного соединения рычага-прихвата с корпусом. Здесь целесообразно применить ушко 5 с резьбовым хвостовиком, ввинчивающимся в корпус приспособления. Для фиксации его в определенном положении предусматривается стопорный болт 3.

8. Прорабатывается конструкция корпуса приспособления. При этом его форма, размеры, материал, способ получения заготовки (литье, сварка), конфигурация отдельных элементов определяются исходя из ряда требований, к которым относятся: максимально простой доступ и удобство позиционирования детали, обрабатываемой в приспособлении; простота конструкции, прочность, жесткость и устойчивость; достаточная толщина стенок для установки и закрепления опорных элементов и присоединяемых деталей; удобство установки и закрепления приспособления на

станке; технологичность сборки; удобство обслуживания и ремонта приспособления.

С учетом этого, в нашем случае целесообразно выполнить корпус литым, чугуном, с отъемным элементом, к которому крепится гидроцилиндр. Форма места позиционирования обрабатываемой детали предусматривается трехгранной, открытой, что обеспечивает простоту и удобство установки и снятия детали. В верхней части предусматривается полка, к которой крепится ушко шарнира качания рычага и щеки 7, с помощью которых направляющая опора 9 клина жестко соединяется с корпусом. Нижняя часть, которой приспособление устанавливается на столе станка, выполняется в виде опорной поверхности с проушинами для крепежных болтов. Соединения всех элементов предусмотрены разъемными с применением стандартных крепежных деталей (болтов, гаек, шайб, колец).

9. Изображение скомпонованной конструкции приспособления, представленное на виде спереди, проектируется на горизонтальную плоскость, т.е. вычерчивается вид сверху.

10. Указываются габаритные В, Н, L, присоединительные X, У и отдельные контрольные размеры с допусками и посадками (например, ход поршня, диаметр поршня с посадкой в цилиндре).

11. Обозначаются номера позиций деталей, входящих в приспособление, делается основная надпись, записываются технические условия на приспособление и составляется спецификация (приложение 13).

Все оформление графической части курсовой работы и заполнение спецификации выполняется в строгом соответствии с требованиями норм и правил ЕСКД. Спецификация оформляется на отдельных листах и подшивается в расчетно-пояснительной записке.

### 3.1.5. Технико-экономическое обоснование целесообразности использования приспособления

#### Теоретические сведения

Проектирование специального станочного приспособления должно завершаться обоснованием экономической целесообразности его изготовления и эксплуатации. При этом целесообразность оценивается по отношению к варианту



аналогичного приспособления, используемого равнее для тех же целей, либо другого конкурирующего варианта приспособления.

Если принять, что расходы на режущий инструмент, амортизацию станка и электроэнергию одинаковы, то элементы себестоимости обработки, зависящие от конструкции приспособления, для сравниваемых вариантов определяются по формуле /1, 2, 7/

$$C = L \left( 1 + \frac{Z}{100} \right) + \frac{S}{N} \left( \frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right), \quad (3.9)$$

где  $L$  - штучная заработная плата при использовании данного варианта приспособления в руб.;

$Z$  - процент цеховых накладных расходов на заработную плату;

$S$  - себестоимость изготовления данного варианта приспособления в грн.

$N$  - годовая программа выпуска деталей (шт);

$i$  - срок амортизации приспособления (год);

$q$  - процент расходов, связанных с применением приспособлений.

Для определения величины  $L$  нужно знать штучное время  $t_{шт.}$  на данную операцию /7-10/ и минутную заработную плату  $l$  рабочего данной квалификации

$$L = t_{шт.} \cdot l .$$

При использовании более совершенного приспособления  $t_{шт.}$  и  $l$  снижаются в результате уменьшения основного и вспомогательного времени, а также облегчения условий труда и упрощения вспомогательных манипуляций.

Накладные цеховые расходы устанавливаются в процентах от заработной платы  $Z = (100 - 200) \%$ . При выполнении расчетов величину накладных расходов для сравниваемых вариантов можно принимать одинаковой.

Точные значения себестоимости изготовления приспособлений на этапе проектирования как правило неизвестны, т.к. калькуляция себестоимости осуществляется после составления рабочих чертежей и разработки технологических процессов изготовления приспособлений. Поэтому для ориентировочных расчетов можно пользоваться следующей приближенной формулой:

$$S = C \cdot K ,$$

где  $C$  - количество деталей в приспособлении;

$K$  - постоянная, зависящая от сложности приспособления

(для простых приспособлений  $C = 1,5$ ; для приспособлений средней сложности  $C = 3,0$ ; для сложных приспособлений  $C = 4,0$ ).

Величину  $i$  берут равной сроку (в годах), в течение которого приспособление будет использовано для выпуска заданной продукции. Если, например, данные детали выпускаются в течение двух лет, то  $i$  также принимается равным двум годам. Если производимая продукция стабильна и сроки прекращения ее выпуска неизвестны, то  $i$  рекомендуется брать для простых приспособлений равным 1 году, для приспособлений средней сложности - от 2 до 3 лет и для сложных - от 4 до 5 лет.

Величину  $q$  (в %), определяющую долю расходов, связанных с применением приспособлений (ремонт, регулирование и т.п.), рекомендуется брать равной 20 %.

При сопоставлении двух вариантов приспособлений выбирается тот, для которого рассчитанная величина себестоимости меньше.

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Подобрать аналог проектируемому приспособлению по технической литературе /2, 4, 8, 11/.
2. Определить значения величин, входящих в выражение для расчета себестоимости (3.9) выполнения операции при использовании проектируемого приспособления и без специального приспособления. Во втором случае принять штучное время и минутную заработную плату в два раза больше, а количество крепежных элементов, используемых для закрепления детали на столе станка без специального приспособления, в три раза меньше, чем для проектируемого приспособления. Остальные величины принять одинаковыми для обоих вариантов.
3. Рассчитать величины себестоимостей вариантов выполнения операций и сопоставить эти величины. Сделать вывод о целесообразности использования спроектированного приспособления.

Пример выполнения этого раздела курсовой работы для обработки поверхности уступа детали (рис. 3.1) приведен в методических указаниях /14, 15/.

## **3.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

### **3.2.1. Выбор принципиальной схемы приспособления**

#### **Теоретические сведения**

Разработка принципиальной схемы приспособления для закрепления режущего инструмента предполагает определение (для выбранного ранее (см. раздел 3.1.1) металлорежущего станка и инструмента) способа установки и закрепления режущего инструмента. Базирование режущего инструмента при каждом виде обработки осуществляется в соответствии с типовыми схемами базирования. Реализация принятой схемы базирования выполняется с помощью стандартных или специальных установочных элементов.

Обработку на настроенных станках ведут, точно устанавливая и фиксируя режущий инструмент относительно обрабатываемой заготовки. Положение заготовки в данной, предварительно настроенной технологической системе определяется опорами приспособления, а положение режущего инструмента - соответствующей частью станка (суппортом, шпинделем, револьверной головкой).

Для ускорения установки и точной фиксации инструмента на станке применяют соответствующие устройства - приспособления для крепления и фиксации режущего инструмента. К простейшим устройствам этого типа относятся переходные втулки для крепления инструмента на сверлильных станках, оправки для цилиндрических и дисковых фрез, расточные скалки, державки инструмента для револьверных станков. Значительная часть из них нормализована и стандартизована.

Часто возникает потребность в специальных приспособлениях. Так, при выполнении последовательных переходов на сверлильном станке целесообразно применять специальные патроны для смены инструментов без остановки шпинделя. Значительного повышения производительности достигают применением многошпиндельных сверлильных, резьбонарезных или фрезерных головок, устанавливаемых на универсальные одно-шпиндельные сверлильные или фрезерные станки, а также применением многолезцовых державок в универсальных токарных станках. Особую многочисленную группу составляют приспособления, расширяющие технологические возможности металлорежущих станков. К ним относятся

приспособления для протачивания кольцевых канавок и нарезания резьбы на вертикально-сверлильных станках, долбления шпоночных пазов на поперечно-строгальных станках, точения сферических поверхностей, а также «летучие» суппорты расточных станков для протачивания торцов, поворотные головки к фрезерным станкам и другие устройства.

Эти приспособления являются дополнительными устройствами к универсальным металлообрабатывающим станкам. Они дают возможность выполнять на этих станках работы, которые по своему характеру обычно производятся на станках других типов. Указанные приспособления способствуют лучшему использованию оборудования и позволяют заменить дорогостоящее специальное оборудование более дешевым - универсальным. В условиях тяжелого машиностроения такие приспособления дают возможность на одном станке выполнить большой объем работы в результате более полного осуществления принципа последовательной или параллельно-последовательной концентрации технологических переходов. Вследствие этого уменьшается количество перестановок крупных деталей и сокращается цикл их изготовления.

В связи с перспективой широкого развития многоинструментальных станков, переменного-поточных и автоматических (особенно - переналаживаемых) линий большую значимость приобретают устройства для быстрой и точной установки режущего инструмента. Большой интерес представляет блочная сменная наладка инструментов (многолезцовые суппорты, револьверные головки). Инструменты в таких наладках устанавливаются и точно выверяются вне станка. Затем наладку при помощи центрирующих поясков, конусов или других элементов ставят на станок в точно ориентированное положение. При этом экономится много времени на смену инструментов и переналадку станка.

В приспособлениях для закрепления режущего инструмента применяют в основном ручные зажимные устройства (рычажные, пружинные, винтовые, эксцентриковые).

В современных станках с программным управлением, на станках-автоматах, на станках автоматических линий используется автоматическая смена инструмента, а также устройства с приводом (например, пневматическим), которые используются

для привода вспомогательных механизмов приспособления (перемещение, поворот или выталкивание режущего инструмента).

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Провести анализ исходных данных, обратив внимание на материал, форму, размеры и качество поверхностей режущего инструмента, который был выбран ранее (см. раздел 3.1.1).

2. Выбрать схему базирования режущего инструмента на данном этапе обработки (с учетом решений, принятых в п.1), определив комплект баз. Выполнить упрощенный эскиз режущего инструмента и обозначить на нем базовые поверхности в соответствии с ГОСТ.

3. Выбрать установочные элементы для реализации принятой схемы базирования, для чего:

3.1. Установить форму, размеры и состояние (шероховатость) базовых поверхностей.

3.2. Определить тип установочных элементов (из числа стандартных) для каждой из базовых поверхностей (приложения 1,2,3).

3.3. Определить размеры выбранных установочных элементов из стандартных рядов значений соответствующих размеров, ориентируясь на размеры базовых поверхностей, количество установочных элементов и их взаимное расположение.

Выполнить эскизы установочных элементов.

4. Определить взаимное расположение установочных элементов, а также их положение относительно базовых поверхностей, обеспечив наибольшее возможное расстояние между установочными элементами. На эскизе режущего инструмента указать координаты взаимного расположения установочных элементов, а также их координаты относительно базовых поверхностей.

5. Выбрать способ закрепления режущего инструмента (вид зажимного механизма).

#### Пример выполнения раздела работы

Обработка уступа (пов. Б) выполняется на горизонтально-фрезерном

универсальном станке нормальной точности типа 6Т804Г. В качестве режущего инструмента применена фреза дисковая трехсторонняя со вставными ножами типа А,  $D=160$  мм,  $B=36$  мм,  $Z=16$  (ГОСТ1671-77), с цилиндрическим посадочным отверстием  $d=40$  мм (откл. Н7) и продольным шпоночным пазом. Усилие резания  $P_z = 1,2$  кН (120 кгс). Положение и фиксация фрезы относительно обрабатываемой заготовки определяется частью станка – шпинделем.

Базирование выбранной фрезы может быть осуществлено на оправке по схеме базирования (см. рис. 3.3) коротких цилиндрических тел (класса «диски»). В этом случае в качестве установочной базы может быть принята торцевая поверхность А фрезы, примыкающая к буртику оправки (или промежуточному опорному кольцу). Базирование по ней лишает фрезу трех степеней свободы ( $C_{1,2,3} \Leftrightarrow S_x; Rot_{y,z}$ ). Цилиндрическая поверхность Б посадочного отверстия будет двойной опорной (совмещенной с осью фрезы) базой, лишаящей фрезу двух степеней свободы ( $C_{4,5} \Leftrightarrow S_{y,z}$ ). Поверхность В шпоночного паза здесь будет опорной базой, лишаящей фрезу одной степени свободы ( $C_6 \Leftrightarrow Rot_x$ ). В качестве приспособления для крепления дисковой фрезы принята оправка с коническим хвостовиком конусностью 7:24 для крепления ее в шпинделе станка и резьбовым концом под прижимную гайку для закрепления фрезы на оправке. Такое приспособление с винтовым зажимным механизмом является простым в изготовлении и обслуживании, надежным в работе и способно обеспечить необходимое усилие закрепления инструмента.

### 3.2.2. Силовой расчет приспособления

#### Теоретические сведения

Силовой расчет приспособления для закрепления режущего инструмента выполняется с целью обеспечения гарантированной неподвижности режущего инструмента под действием технологических нагрузок. Основной технологической нагрузкой является сила резания, величина которой была определена ранее при выполнении силового расчета специального станочного приспособления (отличие состоит в том, что для режущего инструмента сила резания направлена в противоположную сторону).

Содержание и последовательность силового расчета приспособления для

закрепления режущего инструмента аналогичны силовому расчету специального станочного приспособления (см. раздел 3.1.2). Очевидно, что при использовании ручного привода для создания усилия тяги для зажимного механизма, расчет механизированного (гидравлического, пневматического и т.п.) силового привода не производится.

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Определить величины и характер действия основных силовых факторов.
2. Проанализировать условия механической обработки и определить величину коэффициента запаса.
3. Определить наиболее опасную ситуацию воздействия технологических нагрузок.
4. Определить направление действия и точку приложения усилия закрепления.
5. Составить уравнение равновесия и определить величину усилия закрепления.
6. Определить вид зажимного механизма.
7. Определить коэффициент передачи зажимного механизма.
8. Рассчитать величину зажимной силы (силы тяги).
9. Определить величину перемещения прижимного элемента и штока двигателя.
10. Выбрать тип двигателя.
11. Рассчитать величину рабочего диаметра двигателя.
12. Уточнить параметры двигателя по стандартным значениям для двигателя.

При использовании ручного привода пп. 9-12 не выполняются.

#### Пример выполнения раздела работы

##### Расчет усилия закрепления

В процессе обработки заданной поверхности со стороны заготовки на фрезу (см. рис. 3.4) будет действовать сила резания (окружная сила)  $P_z = 1,2$  кН (задано условием) и, соответственно, момент резания  $M_{рез}$ , стремящийся повернуть фрезу вокруг ее оси (точка О) против часовой стрелки. При этом передача нагрузки обеспечивается шпоночным соединением фрезы с оправкой. Однако, при "нормальном" шпоночном соединении, сопряжение шпонки с пазом фрезы, осуществленное по подвижной посадке (D10/h9) с гарантированным зазором, не исключает возможности смещения фрезы относительно оправки (в пределах зазора).

С целью обеспечения неподвижности фрезы относительно оправки в процессе обработки момент резания  $M_{рез}$  должен быть уравновешен моментами трения  $M_{mp1}$  и  $M_{mp2}$ . При определении момента резания для компенсации возможных случайных отклонений силы резания от ее номинального значения введен ранее принятый коэффициент запаса  $K=2,1$ . Необходимые уравновешивающие моменты трения обеспечиваются силами трения  $Q \cdot f$ , действующими на поверхностях фрезы, контактирующих с прижимными элементами (установочной шайбой и опорным кольцом), которые возникают в результате действия силы закрепления  $Q$  (и равной ей по величине реакции). При определении величины силы трения принят коэффициент трения  $f=0,16$ , т.к. фреза контактирует с прижимными элементами обработанными поверхностями /1, 2/. Величину силы закрепления  $Q$  определим из условия обеспечения равновесия моментов от силы резания  $P_z$  и сил трения  $Qf$ .

Условие равновесия моментов имеет вид

$$M_{рез} = M_{mp1} + M_{mp2}.$$

Непосредственно из расчетной схемы с учетом коэффициента запаса  $K$  и коэффициента трения  $f$  находим:

момент от силы резания  $P_z$

$$M_{рез} = K \cdot P_z \cdot \frac{D}{2};$$

момент от сил трения  $Qf$  на поверхности контакта фрезы с установочной шайбой

$$M_{mp1} = \frac{1}{3} Qf \frac{D_1^3 - d_1^3}{D_1^2 - d_1^2};$$

момент от сил трения на поверхности контакта фрезы с опорным кольцом

$$M_{mp2} = \frac{1}{3} Qf \frac{D_2^3 - d_2^3}{D_2^2 - d_2^2}.$$

Подставив выражения моментов получим:



$$K \cdot P_z \frac{D}{2} = \frac{1}{3} Q f \frac{D_1^3 - d_1^3}{D_1^2 - d_1^2} + \frac{1}{3} Q f \frac{D_2^3 - d_2^3}{D_2^2 - d_2^2} \quad \text{или}$$

$$K \cdot P_z \frac{D}{2} - \frac{1}{3} Q f \left( \frac{D_1^3 - d_1^3}{D_1^2 - d_1^2} + \frac{D_2^3 - d_2^3}{D_2^2 - d_2^2} \right) = 0, \quad \text{откуда}$$

$$Q = \frac{K \cdot P_z \frac{D}{2}}{\frac{1}{3} f \left( \frac{D_1^3 - d_1^3}{D_1^2 - d_1^2} + \frac{D_2^3 - d_2^3}{D_2^2 - d_2^2} \right)}$$

Подставив числовые значения величин, входящих в формулу, получим величину силы закрепления

$$Q = \frac{2,1 \cdot 1,2 \frac{0,16}{2}}{\frac{1}{3} \cdot 0,16 \left( \frac{0,063^3 - 0,04^3}{0,063^2 - 0,04^2} + \frac{0,063^3 - 0,04^3}{0,063^2 - 0,04^2} \right)} = 22,4 \text{ кН}$$

#### Расчет зажимного механизма

Необходимая сила закрепления  $Q$  может быть обеспечена моментом силы затяжки  $W$  (силы, приложенной на рукоятке ключа, см. рис. 3.5).

Величина силы затяжки определяется по формуле  $W = \frac{Q}{i}$ ,

где  $Q$  – сила закрепления ( $Q=22,4$  кН),

$i$  - передаточное отношение.

Для винтового зажимного механизма

$$i = \frac{l}{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})},$$

где  $l$  – длина вылета ключа – расстояние от оси винта до точки приложения силы, мм,

$r_{cp}$  – средний радиус резьбы винта, мм;

$\alpha$  - угол подъема резьбы;

$\varphi_{np}$  – приведенный угол трения в резьбовой паре.

Для стандартных метрических резьб  $\alpha \approx 2^\circ 30' - 3^\circ 30'$ ;  $\varphi_{np} \approx 6^\circ 40'$  (для нашего случая принимаем  $\alpha = 3^\circ 20'$ ,  $\varphi_{np} = 6^\circ 40'$ ).

Значения размеров  $l$  и  $r_{cp}$  определяются по величине номинального диаметра резьбы винта, который определяется по формуле

$$d = C \sqrt{\frac{Q}{[\sigma]_p}},$$

где коэффициент  $C = 1,4$ ;

$Q$  – сила закрепления ( $Q = 22400$  Н);

$[\sigma]_p$  – допустимое напряжение растяжения материала винта; для винтов из стали 45 можно брать, с учетом износа резьбы, в пределах  $8000-10000$  Н/см<sup>2</sup> (в нашем случае принимаем  $[\sigma]_p = 9000$  Н/см<sup>2</sup>).

Подставив числовые значения в формулу, получим

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{22400}{9000}} = 2,21 \text{ см}$$

Принимаем ближайший стандартный (по ГОСТ 9150-59) диаметр винта М24.

В соответствии с принятым диаметром для нашего случая находим:

средний радиус резьбы  $r_{cp} = 11,026$  мм, длина вылета ключа (по рекомендации /5/  $l \approx 14d_{ном}$ )  $l = 14 \cdot 24 \approx 330$  мм.

Подставив выражение для передаточного отношения и числовые значения величин в исходную формулу, найдем величину силы, приложенной на рукоятке ключа

$$W = \frac{1}{l} \cdot Q \cdot r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) = \frac{1}{330} \cdot 22,4 \cdot 11,026 \cdot \operatorname{tg}10^\circ = 0,132 \text{ кН (13,2 кГс)}.$$

Учитывая стандартные физические возможности рабочего (около 50 кГс), делаем вывод о том, что предлагаемый способ закрепления можно реализовать.

### 3.2.3. Оценка точности приспособления

#### Теоретические сведения

При анализе точности механической обработки влияние погрешности приспособления для закрепления режущего инструмента обычно учитывается косвенно через другие элементарные погрешности механической обработки, которые

входят в состав общей погрешности. В частности, элементарные погрешности, обусловленные настройкой технологической системы, тепловыми и упругими деформациями элементов технологической системы, учитывают наличие соответствующих погрешностей приспособления для закрепления режущего инструмента.

Если предположить, что доля погрешности приспособления для закрепления режущего инструмента в суммарной погрешности механической обработки (которая, как обычно, принимается приблизительно равной конструкторскому допуску  $T$ ) не превышает 20% и использовать эту величину в качестве допустимой погрешности приспособления для закрепления режущего инструмента

$$[\varepsilon] = 0.2 \cdot T, \quad (3.10)$$

то оценка точности приспособления для закрепления режущего инструмента может быть выполнена по аналогии с оценкой точности специального станочного приспособления. Содержание и последовательность расчетов составляющих действительной погрешности и проверки условия обеспечения точности приведены в разделе 3.1.3.

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Определить допустимую погрешность приспособления.
2. Определить элементарные погрешности приспособления для размера режущего инструмента, определяющего положение его рабочей поверхности, с помощью которой формируется обрабатываемая поверхность детали:
  - погрешность базирования;
  - погрешность закрепления;
  - погрешность положения.
3. Рассчитать действительную погрешность (для размера режущего инструмента, определяющего положение его рабочей поверхности, с помощью которой формируется обрабатываемая поверхность детали) по формуле (3.4).
4. Проверить выполнение условия (3.2).

### Пример выполнения раздела работы

При фрезеровании уступа (пов. 2 и 3, см. рис. 3.6) с применением приспособления для закрепления режущего инструмента (фрезы) должна обеспечиваться заданная точность размеров  $190_{-0,2}$  и  $30^{+0,13}$  мм.

В этом случае для оценки точности приспособления необходимо отдельно определить погрешности: базирования, закрепления, положения и суммарные, влияющие на точность выполнения этих размеров; сопоставить их с допустимыми и сделать заключение об обеспечении требуемой точности изготовления приспособления.

Доля в суммарной погрешности механической обработки для закрепления режущего инструмента приспособления практически не превышает 20% допуска выполняемого размера. Эту величину принимают в качестве допустимой погрешности

$$[\varepsilon] = 0,2 T.$$

#### 1. Погрешности, влияющие на точность размера $190_{-0,2}$

Допустимая погрешность приспособления

$$[\varepsilon]_{190} = 0,2 T_{190} = 0,2 \times 200 = 40 \text{ мкм}.$$

#### Погрешность базирования

При посадке фрезы на оправку с зазором возможно смещение охватываемой поверхности фрезы относительно охватываемой поверхности оправки в направлении перпендикулярном ее горизонтальной оси на величину радиального зазора (несоосности оправки и отверстия фрезы). Величина эта, связанная с выполняемым размером  $190_{-0,2}$ , является погрешностью базирования и определяется по формуле:

$$\varepsilon_{\delta 190} = \frac{D_{\max} - d_{\min}}{2},$$

где  $D_{\max}$  – максимальный размер диаметра отверстия фрезы, мм;

$d_{\min}$  – минимальный размер диаметра оправки, мм.

В нашем случае, при сопряжении фрезы с оправкой по посадке  $\varnothing 40 \frac{H7}{h6}$

$$D_{\max} = 40^{+0,025}, \quad d_{\min} = 40_{-0,016}.$$

$$\varepsilon_{\sigma 190} = \frac{40,025 - 39,984}{2} = 0,0205 \text{ мм}, \quad (21 \text{ мкм}).$$

#### Погрешность закрепления

При выполнении размера  $190_{-0,2}$  усилие закрепления фрезы направлено перпендикулярно направлению выполняемого размера, поэтому погрешность закрепления будет равна нулю и на точность выполняемого размера влияния не оказывает.

#### Погрешность положения

В нашем случае приспособление одноместное, поэтому на погрешность положения окажет влияние, в основном, лишь износ посадочной поверхности оправки

$$\varepsilon_n = \sqrt{\varepsilon_u^2}, \quad \text{мкм},$$

где  $\varepsilon_u$  – погрешность от износа, мкм.

Величина погрешности, обусловленная износом посадочной поверхности оправки, зависит от числа контактных взаимодействий фрезы и оправки и определяется выражением

$$\varepsilon_u = \beta \sqrt{N}, \quad \text{мкм},$$

где  $\beta$  – коэффициент, зависящий от вида опорного элемента и условий контакта (по данным приложения 8 принимаем  $\beta=0,5$ , как для пальца установочного гладкого);

$N$  – количество контактных взаимодействий фрезы и оправки, численно равное количеству обрабатываемых деталей.

В этом случае погрешность обусловленная износом оправки составит

$$\varepsilon_u = 0,5 \sqrt{60000} \approx 122,5 \text{ мкм} = \varepsilon_n.$$

Эта величина превышает допустимую погрешность приспособления (40 мкм), поэтому необходимо определить количество деталей, после обработки которых следует заменять оправку. Для этого определяется величина (3.8) погрешности износа (допустимая):

$$\varepsilon_u = \sqrt{[\varepsilon]_{190}^2 - \varepsilon_6^2 - \varepsilon_3^2} = \sqrt{40^2 - 21^2 - 0^2} \approx 34,04 \text{ мкм},$$

$$N = \frac{\varepsilon_u^2}{\beta^2} = \frac{34,04^2}{0,5^2} \approx 4635.$$

Используя эту величину, можно установить количество оправок, необходимое для изготовления всех деталей

$$\frac{60000}{4635} \approx 13.$$

Суммарная погрешность

$$\varepsilon_{\text{сум}190} = \sqrt{21^2 + 34^2} \approx 39 \text{ мкм}.$$

Условие  $\varepsilon_{\text{сум}190} \leq [\varepsilon]_{190}$   $39 < 40$  соблюдается и, следовательно, требуемая точность выполнения размера  $190_{-0,2}$  с применением приспособления обеспечивается.

Погрешности, влияющие на точность размера  $30^{+0,13}$

Допустимая погрешность приспособления по формуле (3.10)

$$[\varepsilon]_{30} = 0,2T_{30} = 0,2 \cdot 130 = 26 \text{ мкм}.$$

Погрешность базирования

Установочной базой фрезы в приспособлении является ее левая торцевая поверхность, контактирующая с опорным кольцом. В этом случае, если предположить, что в процессе выполнения программы будет производиться замена колец, то величина погрешности базирования фрезы в горизонтальном (осевом) направлении определится величиной допуска на ширину опорного кольца. Такие кольца обычно изготавливаются с допуском на размер ширины по IT7 (в нашем случае  $l=42 \pm 0,0125$  мм). Следовательно, погрешность базирования в направлении выполняемого размера  $30^{+0,13}$  будет

$$\varepsilon_{630} = 25 \text{ мкм}.$$

Погрешность закрепления

Величина погрешности закрепления фрезы на оправке определяется разностью предельных смещений ее в осевом направлении под действием силы закрепления (3.5)

Перемещение  $Y_{max}$  и  $Y_{min}$  определяются величиной контактной деформации в месте контакта фрезы с торцевой поверхностью опорного кольца по формуле

$$Y = [(K_{Rz} \cdot R_z + K_{HB} \cdot HB) + C_1] \cdot \frac{0,1 \cdot Q^n}{F^m}, \text{ мкм,}$$

где  $K_{Rz}$  – коэффициент, учитывающий влияние шероховатости поверхности (для стали  $K_{Rz}=0,004$ );

$K_{HB}$  – коэффициент, учитывающий влияние твердости материала (для стали  $K_{HB} = -0,0016$ );

$R_z$  – высотный параметр шероховатости, мкм;

$HB$  – твердость материала по Бринеллю;

$F$  – площадь контакта опорного кольца с фрезой,  $\text{см}^2$ , в нашем случае

$$F = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{3,14(6,3^2 - 4^2)}{4} = 18,6 \text{ см}^2;$$

$C_1$  – коэффициент, учитывающий влияние геометрии контакта (т.к. контакт происходит по плоской поверхности, определим  $C_1$ , как для опоры с плоской головкой)

$$C_1 = 0,4 + 0,012F = 0,4 + 0,012 \cdot 18,6 = 0,62;$$

$Q$  – сила закрепления, Н (из расчета  $Q=22400\text{Н}$ );

$n$  – показатель степени у силы закрепления;

$m$  – показатель степени у площади контакта (для стали, как в нашем случае  $n=m=0,7$ ).

Величина перемещения будет максимальной в случае, когда в формулу подставляются  $Q_{max}, HB_{min}$  и  $R_{zmax}$ , а минимальной, когда  $Q_{min}, HB_{max}$  и  $R_{zmin}$ .

В нашем случае  $Q_{max} = 1,05 \cdot 22400 = 23520$ ;  $Q_{min} = 0,95 \cdot 22400 = 21280$ .

Материал, из которого обычно изготавливаются опорные кольца – сталь 40Х улучшенная твердостью  $HB_{max}280$  и  $HB_{min}240$ ; шероховатость поверхности торцев выполняют с  $R_{zmin} = 6,3$  мкм и  $R_{zmax} = 10$  мкм.

С учетом этого, подставив числовые значения в исходную формулу, определим

$$Y_{\max} = [(0,004 \cdot 10 - 0,0016 \cdot 240) + 0,62] \cdot \frac{0,1 \cdot 23520^{0,7}}{18,6^{0,7}} = 8,17;$$

$$Y_{\min} = [(0,004 \cdot 6,3 - 0,0016 \cdot 280) + 0,62] \cdot \frac{0,1 \cdot 21280^{0,7}}{18,6^{0,7}} = 5,85.$$

При этих значениях погрешность закрепления будет

$$\mathcal{E}_3 = 8 - 6 = 2 \text{ мкм.}$$

#### Погрешность положения

В этом случае погрешность обусловленная износом оправки с учетом коэффициента  $\beta$ , зависящего от вида опорного элемента и условий контакта (принимая по приложению 8  $\beta=0,3$ , как опоры постоянной с плоской рабочей поверхностью) составит

$$\mathcal{E}_u = 0,3 \sqrt{60000} \approx 73,48 \text{ мкм} = \mathcal{E}_n.$$

Эта величина превышает допустимую погрешность приспособления (26 мкм), поэтому необходимо определить количество деталей (3.8), после обработки которых следует заменять опорное кольцо. Погрешность положения, обусловленная износом установочного элемента (торцевой поверхности опорного кольца), определяется аналогично расчету значений, связанных с размером 190

$$\mathcal{E}_n = \mathcal{E}_u = \sqrt{[\mathcal{E}]_{30}^2 - \mathcal{E}_6^2 - \mathcal{E}_3^2} = \sqrt{26^2 - 25^2 - 2^2} = 6,7 \text{ мкм};$$

$$N = \frac{\mathcal{E}_u^2}{\beta^2} = \frac{6,7^2}{0,3^2} \approx 500.$$

Используя эту величину, можно установить количество опорных колец, необходимое для изготовления всех деталей

$$\frac{60000}{500} = 120.$$

Суммарная погрешность приспособления в осевом направлении

$$\mathcal{E}_{\text{сум}} = \sqrt{25^2 + 2^2 + 6,7^2} = 25,9 \text{ мкм.}$$

Проверка соблюдения условия



$$\varepsilon_{\text{сум}30} \leq [\varepsilon]_{30} \rightarrow 25,9 < 26 \text{ мкм}$$

Условие соблюдается и требуемая точность обеспечивается.

### 3.2.4. Разработка конструкции приспособления

#### Теоретические сведения

При разработке конструкции приспособления для закрепления режущего инструмента следует в наибольшей мере использовать типовые конструктивные решения элементов и узлов приспособления, которые приведены в справочной литературе /6, 7/.

Методика проектирования приспособления для закрепления режущего инструмента в целом аналогична методике проектирования специального станочного приспособления, которая приведена в разделе 3.1.4.

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Подобрать аналог проектируемому приспособлению для закрепления режущего инструмента по технической литературе /2, 4, 8, 11/.
2. Изобразить контуры режущего инструмента (в определенном масштабе).
3. К базовым поверхностям режущего инструмента пририсовать изображения установочных элементов (в том же масштабе), координированные относительно поверхностей режущего инструмента.
4. Выбрать способ соединения установочных элементов с корпусом и изобразить места соединения.
5. К поверхности режущего инструмента, к которой приложено усилие закрепления, пририсовать прижимной элемент выбранного вида.
6. Выбрать конструктивные решения элементов зажимного механизма и соединений с прижимным элементом и корпусом, изобразить элементы зажимного механизма и места соединения.
7. Выбрать конструктивные решения двигателя силового привода и мест соединения с зажимным механизмом и корпусом и изобразить их.
8. Выбрать конструктивное решение корпуса и изобразить его.
9. Проставить габаритные и монтажные размеры, а также основные размеры

двигателя силового привода.

10. Составить спецификацию и указать основные технические требования, в частности, оговорить величины рабочего давления жидкости, усилия закрепления, хода штока гидроцилиндра.

Очевидно, что п. 7 выполняется в том случае, если применяется механизированный силовой привод.

#### Пример выполнения раздела работы

Для крепления дисковых фрез в шпинделе станка с конусом 7 : 24 применяют оправки, выполненные по нормам машиностроения МН20-58 или (в случае отсутствия подходящей нормализованной) специально спроектированные оригинальные. В этом случае при проектировании оправки в качестве исходных привязочных размеров будут: размеры хвостовика, сопрягаемого со шпинделем станка и посадочного отверстия фрезы. Остальные могут быть приняты конструктивно, пропорционально соответствующим исходным привязочным.

В нашем случае размеры присоединительного отверстия в шпинделе станка с конусностью 7:24 соответствуют конусу 40 ГОСТ15945-71. Основные размеры хвостовой конической части оправки и центрального отверстия могут быть приняты по справочнику /16/. Диаметр участка, сопрягаемого с фрезой и размеры шпоночного паза назначаются в соответствии с присоединительными размерами фрезы (в нашем случае  $\varnothing 40H7$  и размеры паза:  $b=12h9$ ;  $t_1=5^{+0,2}$  ).

Длина этого участка и ширина опорного кольца назначаются конструктивно в зависимости от ширины фрезы, размеров обрабатываемой заготовки, местоположения обрабатываемой поверхности относительно торца шпинделя и, связанного с этим необходимого вылета инструмента. Передача крутящего момента от шпинделя оправке передается за счет натяга, возникающего в коническом соединении при затяжке оправки шомполом и дополнительного крепления - шпонок, закрепленных на торце шпинделя, для которых в опорном буртике оправки предусмотрены соответствующие пазы. Размеры резьбового конца оправки под прижимную гайку могут быть определены расчетом на прочность, назначены конструктивно или приняты (в нашем случае М24-8g;  $l_1=36$  мм), как для концов шлифовальных шпинделей (ГОСТ2323-76). Соответственно размерам резьбы принимаются

стандартные размеры прижимной гайки (ГОСТ8381-73) и простановочной шайбы (ГОСТ11371-78). Сборочный чертеж приспособления для закрепления фрезы приведен на рис. 3.7, а спецификация в приложении 13.

### 3.2.5. Технико-экономическое обоснование целесообразности использования приспособления

#### Теоретические сведения

При технико-экономическом анализе целесообразности применения проектируемого специального приспособления для закрепления режущего инструмента можно использовать подход аналогичный соответствующему анализу для специального станочного приспособления, а именно, применение специального приспособления экономически оправдано, если себестоимость выполнения технологической операции с его использованием меньше, чем при использовании универсального приспособления. Позитивный эффект применения специального приспособления для закрепления режущего инструмента обуславливается в основном за счет уменьшения длительности настройки технологической системы, длительности самой технологической операции (например, за счет концентрации обработки) и уровня необходимой квалификации наладчика и рабочего (т.е. за счет уменьшения требуемой заработной платы).

Содержание и последовательность расчетов, которые выполняются при технико-экономическом анализе, описаны в разделе 3.1.5.

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Подобрать аналог проектируемому специальному приспособлению для закрепления режущего инструмента по технической литературе [2, 4, 8, 11].

2. Определить значения величин, входящих в выражение для расчета себестоимости (3.9) выполнения операции при использовании проектируемого приспособления и без специального приспособления. Во втором случае принять штучное время и минутную заработную плату в два раза больше, чем для проектируемого приспособления. Остальные величины принять одинаковыми для обоих вариантов.

3. Рассчитать величины себестоимостей вариантов выполнения операций и сопоставить эти величины. Сделать вывод о целесообразности использования спроектированного специального приспособления для закрепления режущего инструмента.

#### Пример выполнения раздела работы

Экономическую целесообразность проектируемого приспособления определим ориентировочно в сравнении с возможным другим, которое может быть применено для выполнения данной операции.

В нашем случае для сравнительной оценки предположим применение опорной оправки устанавливаемой в шпинделе и подвеске хобота станка с применением при этом набора установочных колец. Применение такой оправки требует затрат времени и труда на определение и выверку места – положения фрезы на оправке, подбор набора установочных колец установки оправки в опору подвески. Это требует достаточно высокой квалификации рабочего, увеличивает штучное время и, следовательно себестоимость выполнения операции.

Проектируемая консольная оправка обеспечивает достаточную жесткость, заданную точность обработки, значительно упрощает процесс установки и закрепления фрезы; способствует повышению производительности, облегчению труда рабочего и уменьшению штучного времени. Это, в свою очередь, позволяет снизить штучную зарплату и технологическую себестоимость выполнения операции.

Количественно экономичность применения того и другого варианта приспособления оценим по величине технологической себестоимости выполнения операции. Приняв, что расходы на амортизацию станка, инструмент и электроэнергию с применением сопоставляемых вариантов одинаковы, определим элементы себестоимости операции, зависящие от конструкции приспособления.

#### Себестоимость при применении проектируемого приспособления

Технологическую себестоимость выполнения операции с применением приспособления определим по формуле 3.9.

Величина заработной платы определяется также как для станочного приспособления /14, 15/

$$L = t_{ум.} \cdot l, \text{ грн.},$$

где  $t_{шт.}$  – штучное время на данную операцию (по условию  $t_{шт.} = 4$  мин.);

$l$  – минутная зарплата рабочего (полагаем, что для выполнения данной операции достаточна квалификации рабочего III разряда, по приложению 11 находим  $l = 2,68$  коп/мин.).

Подставив значения в исходную формулу, получим

$$L = 4 \cdot 0,0268 = 0,1072 \text{ грн.}$$

Ориентировочная себестоимость изготовления приспособления зависит от количества деталей в приспособлении и его сложности

$$S = C \cdot K, \text{ грн.},$$

где  $C$  – постоянная, зависящая от сложности приспособления (приспособление простое,  $C = 1,5$ );

$K$  – количество деталей в приспособлении (по спецификации приложение 13  $K = 7$  шт.).

С учетом этих данных

$$S = 1,5 \cdot 7 = 10,5 \text{ грн.}$$

Срок амортизации оправки примем  $i = 2$  года.

Подставив числовые значения в формулу (3.9), определим технологическую себестоимость операции:

$$C_A = 0,1072 \left(1 + \frac{300}{100}\right) + \frac{10,5}{60000} \left(\frac{1}{2} + \frac{20}{100}\right) = 0,43 \text{ грн.}$$

Себестоимость при применении оправки опорной

Расчет выполняется аналогично предыдущему.

Числовые значения величин  $z$ ,  $N$ ,  $q$ , постоянная  $C$  и срок амортизации  $i$  остаются такими же, остальные примут значения:

- штучное время  $t_{ум.}$ , с учетом дополнительных затрат на установку, выверку и закрепление увеличится (практически можно принять
- $t_{ум.} = 8$  мин.);

- минутная зарплата  $l$  рабочего более высокого разряда (примем, что квалификация рабочего соответствует IV разряду и по приложению 11  $l=2,96$  коп/мин.);
- количество деталей в приспособлении (с учетом дополнительного количества установочных колец примем  $K = 10$ ).

С учетом этих данных:

Величина штучной зарплаты

$$L = 8 \cdot 0,0296 = 0,237 \text{ грн.}$$

Ориентировочная себестоимость изготовления приспособления

$$S = 1,5 \cdot 10 = 15 \text{ грн.}$$

Технологическая себестоимость операции

$$C_B = 0,237 \left(1 + \frac{300}{100}\right) + \frac{15}{60000} \left(\frac{1}{2} + \frac{20}{100}\right) = 0,948 \text{ грн.}$$

Сопоставляя величины  $C_A$  и  $C_B$  себестоимости выполнения операции, видим, что экономически целесообразным будет применение нового приспособления, т.к. с его применением величина себестоимости операции ниже.

### 3.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНТРОЛЬНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Высокая точность современных машин обуславливает необходимость применения в контрольных приспособлениях измерителей высокой чувствительности, а также правильного выбора принципиальной схемы и конструкции приспособления.

#### 3.3.1. Выбор принципиальной схемы приспособления

##### Теоретические сведения

Разработка принципиальной схемы контрольного приспособления предполагает выбор метрологически обоснованного метода проверки контролируемого параметра и способа его конструкторской реализации.

Методы проверки контролируемых параметров (линейных и угловых размеров, погрешностей формы и взаимного расположения поверхностей) рассматриваются в специальных разделах «Технологии машиностроения» и выбираются с учетом вида и формы детали, требований к точности контроля и количества контролируемых деталей на основании рекомендаций справочной литературы. Базирование деталей при каждом методе проверки осуществляется в соответствии с типовыми схемами базирования. Реализация принятой схемы базирования выполняется с помощью стандартных или специальных установочных элементов (штыри, пальцы, призмы, оправки, центры и т.д.). Дополнительно предпринимаются меры для повышения износостойкости рабочих поверхностей установочных элементов.

Контрольные приспособления применяют для проверки заготовок, деталей и узлов машин. Приспособления для проверки деталей применяют на промежуточных этапах обработки (межоперационный контроль) и для окончательной их приемки. При помощи этих приспособлений проверяют точность размеров и взаимного положения поверхностей, а также правильность их геометрической формы.

При конструировании контрольных приспособлений необходимо тщательно изучить физическую сущность возникновения первичных погрешностей и отыскать пути их уменьшения или полного устранения. На выбор принципиальной схемы контрольного приспособления большое влияние

оказывает заданная производительность контроля. При 100%-ной проверке обработанных деталей при поточном методе производства время контроля не должно быть больше темпа работы поточной линии. Для выборочного контроля деталей при хорошо отлаженных стабильных технологических процессах их изготовления требования к производительности контрольного приспособления могут быть снижены, поэтому можно применять более простые конструкции.

Для проверки небольших и средних деталей применяют стационарные контрольные приспособления. Для крупных изделий используют переносные приспособления, устанавливаемые на проверяемую деталь (узел).

Наряду с одномерными находят широкое применение многомерные приспособления, с помощью которых за одну установку проверяют несколько параметров. Еще большего эффекта в повышении производительности и облегчении условий труда достигают, применяя контрольные полуавтоматы и автоматы, являющиеся звеньями автоматических линий обработки и сборки.

Измерительные устройства контрольных приспособлений делятся на предельные и отсчетные. Особую группу составляют устройства, работающие по принципу нормальных калибров.

В качестве простейших предельных измерительных устройств применяют встроенные в контрольные приспособления жестко закрепленные или выдвижные предельные элементы (скобы, пробки, щупы).

Широкое распространение имеют также электроконтактные датчики, которые применяются в контрольных приспособлениях и в контрольно-сортировочных автоматах. Электроконтактные датчики обеспечивают точность измерения  $\pm 1$  мкм и  $\pm 3$  мкм; такая точность сохраняется до 25000 измерений без регулировки датчиков. Предел измерения 1 мм, а сила измерения  $(1 \div 2)$  Н.

В качестве устройств, работающих по принципу нормальных калибров, в контрольных приспособлениях обычно используют контурные (плоские или объемные) шаблоны. Оценка соответствия проверяемых деталей производится при помощи щупов или на просвет. Часто в приспособлениях этого типа проверяют координацию контура базовым отверстиям. Это осуществляют при помощи контрольных скалок (пробок). Деталь бракуют, если ее не удастся установить в



приспособлении и ввести пробки, а также в том случае, если ее установка производится с большим зазором.

В качестве отсчетных измерителей обычно используют индикаторы с рычажной или зубчатой передачами. Индикаторы часового типа, имеющие цену деления 0.01 мм, выпускаются с пределами измерения (0÷5) или (0÷10) мм. Малогабаритные индикаторы имеют меньшие пределы измерения (0÷2) или (0÷3) мм. Сила измерения в начале и конце хода колеблется от 0.8 до 2 Н.

По точности исполнения индикаторы выпускаются с погрешностью показаний соответственно 0.01, 0.015 и 0.02 мм за один оборот стрелки. Для более точных измерений применяют индикаторы с ценой деления 0.002 мм (микроиндикаторы) и миниметры (цена деления до 0.001 мм).

Получили развитие также индуктивные датчики и пневматические микрометры. Их использование в контрольных приспособлениях обеспечивает точность измерений (0.5÷0.2) мкм.

Пневматические микрометры применяются двух основных типов: с манометрами и с воздушными расходомерами (ротаметрами).

Для выбора отсчетных измерительных средств в зависимости от величин допусков и серийности производства необходимо учитывать их метрологические и экономические показатели.

К метрологическим показателям относятся: цена деления шкалы, пределы измерения, чувствительность (отношение перемещения указателя к изменению проверяемой величины), погрешность показаний (разность между показанием измерителя и действительным значением измеряемой величины), порог чувствительности (наименьшее значение измеряемой величины, которое может вызвать изменение положения указателя прибора), период успокоения стрелки, что существенно влияет на производительность контроля, а также давление при измерении.

К экономическим показателям относятся затраты на измерительное устройство; продолжительность его работы до повторной установки; продолжительность работы измерительного устройства до ремонта; время, затраченное на измерение; квалификация контролера; время и затраты на установку измерительного устройства;

увеличение затрат вследствие уменьшения допусков, вызываемые погрешностью измерительного устройства.

Относительное влияние каждого показателя меняется в каждом конкретном случае. Наибольшее влияние на общую калькуляцию обычно оказывает последний показатель. Применение малоточных средств измерения вызывает необходимость уменьшения допуска. Практикой установлено, что затраты на повышение точности измерения весьма малы по сравнению с возможным уменьшением допуска. При выборе измерительных устройств необходимо в каждом конкретном случае найти рациональное решение для получения изделий с наименьшей себестоимостью.

Контрольные приспособления должны обеспечивать заданную точность и производительность контроля, быть удобными в эксплуатации, простыми в изготовлении, надежными при длительной работе и экономичными.

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Провести анализ исходных данных, обратив внимание на материал детали, форму, размеры, качество поверхностей и требования к их точности. Принять решение о методе проверки заданного контролируемого параметра, а также о целесообразности и способе закрепления детали при контроле.

2. Выбрать измерительное устройство для реализации принятого метода контроля.

3. Описать содержание и последовательность действий при контроле параметра с использованием принятого метода.

4. Описать схему базирования детали при контроле (с учетом решений, принятых в п.1 и 2), определив комплект баз. Выполнить эскиз детали и обозначить на нем базовые поверхности в соответствии с ГОСТ.

5. Выбрать установочные элементы для реализации принятой схемы базирования, для чего:

5.1. Установить форму, размеры и состояние (шероховатость) базовых поверхностей.

5.2. Определить тип установочных элементов (из числа стандартных) для каждой из базовых поверхностей (приложения 1,2,3).

5.3. Определить размеры выбранных установочных элементов из стандартных рядов значений соответствующих размеров, ориентируясь на размеры базовых поверхностей, количество установочных элементов и их взаимное расположение.

Выполнить эскизы установочных элементов.

6. Определить взаимное расположение установочных элементов, а также их положение относительно базовых поверхностей, обеспечив наибольшее возможное расстояние между установочными элементами. На эскизе детали указать координаты взаимного расположения установочных элементов, а также их координаты относительно базовых поверхностей.

#### Пример выполнения раздела работы

У изготавливаемой детали при фрезеровании уступа контролю подлежат следующие параметры, заданные чертежом (см. рис. 3.1): точность размеров  $190_{-0,2}$  и  $30^{+0,13}$  мм; допуск неплоскостности  $T=0,03$  мм поверхности Б; допуск непараллельности  $T=0,05$  мм поверхности Б относительно базовой поверхности А; допуск перпендикулярности  $T=0,04$  мм поверхности Б относительно поверхности В; шероховатость обрабатываемых поверхностей уступа  $R_a=3,2$  мкм.

В нашем случае контролю подлежит достаточно большое количество ( $N=60000$  шт.) деталей и по специфике контролируемых параметров необходимо применять средства контроля, которые не могут быть перенесены к рабочему месту, где обрабатывается деталь. В этих условиях удобно и целесообразно применить стационарный контроль на специально приспособленном рабочем месте для выполнения контроля, которое может быть включено в ритм технологического процесса.

Для контроля точности заданных чертежом параметров необходимые средства контроля выбираются, исходя из величины допуска контролируемого параметра. При контроле в производственных (цеховых) условиях средства контроля выбираются такими, для которых (при принятом методе контроля), погрешность измерения меньше (с учетом возможных погрешностей других видов) предельно допустимой. Практически принято, что достаточная точность контроля обеспечивается при предельно допустимой погрешности равной  $(10\div 30)\%$  допуска контролируемого

параметра. Пусть:

$$[\varepsilon] = 0,3 \cdot T .$$

С учетом этого предельно допустимые погрешности измерения контролируемых параметров будут :

- при контроле размера  $190_{-0,2}$  мм

$$[\varepsilon]_{190} = 0,3 \cdot T_{190} = 0,3 \cdot 200 = 60 \text{ мкм};$$

- при контроле размера  $30^{+0,13}$  мм

$$[\varepsilon]_{30} = 0,3 \cdot T_{30} = 0,3 \cdot 130 = 39 \text{ мкм};$$

- при контроле допуска неплоскостности  $T=0,03$  мм поверхности Б

$$[\varepsilon]_{\square} = 0,3 \cdot T = 0,3 \cdot 30 = 9 \text{ мкм};$$

- при контроле допуска непараллельности  $T=0,05$  мм поверхности Б

$$[\varepsilon]_{\parallel} = 0,3 \cdot T = 0,3 \cdot 50 = 15 \text{ мкм};$$

- при контроле допуска неперпендикулярности  $T=0,04$  мм поверхности Б относительно поверхности В

$$[\varepsilon]_{\perp} = 0,3 \cdot T = 0,3 \cdot 40 = 9 \text{ мкм}.$$

В соответствии с полученными значениями из таблиц (приложения 14, 15, 16) выбираем подходящие по точности измерительные средства, с применением которых  $[\varepsilon]_{\text{изм}} < [\varepsilon]$ .

Для контроля размера  $190_{-0,2}$  принимаем микрометр с отсчетом 0,01 мм. Контроль осуществляется при температурном режиме  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ . При работе микрометр находится в руках. Погрешность измерения при настройке на нуль (приложение 14) установочной мере составляет  $[\varepsilon] = \pm 21 < [\varepsilon]_{190} = 60$  мкм.

Для контроля размера  $30^{+0,13}$  мм принимаем микрометрический глубиномер 2-го класса точности. Контроль осуществляется при температурном режиме  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ . Погрешность измерения (приложение 15) составляет  $[\varepsilon]_{\text{изм}} = \pm 3 \text{ мкм} < [\varepsilon]_{30} = 39$  мкм.

Для контроля плоскостности принимаем головку измерительную пружинную малогабаритную с ценой деления 0,001 мм. Контроль осуществляется при температурном режиме  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Погрешность измерения составляет (приложение 16)

$$[\varepsilon]_{\text{изм}} = \pm 3,5 \text{ мкм} < [\varepsilon]_{\square} = 9 \text{ мкм}.$$

Для контроля параллельности принимаем индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм. Контроль осуществляется при температурном режиме  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Погрешность измерений в диапазоне 2–3 делений составляет (приложение 16)

$$[\varepsilon]_{\text{изм}} = \pm 6 \text{ мкм} < [\varepsilon]_{\parallel} = 15 \text{ мкм}.$$

Для контроля перпендикулярности принимаем такой же индикатор. Измерение осуществляется при том же температурном режиме, но в диапазоне размеров до 30 мм, поэтому величина погрешности измерения здесь составляет (приложение 16)

$$[\varepsilon]_{\text{изм}} = \pm 5 \text{ мкм} < [\varepsilon]_{\perp} = 12 \text{ мкм}.$$

Для контроля шероховатости поверхностей применяем стандартные эталонные образцы шероховатости. Контроль осуществляется визуально путем сравнения контролируемой поверхности с образцом.

Выбранные измерительные средства для контроля плоскостности, параллельности и перпендикулярности используются в качестве показывающих отсчетных приборов и являются одним из элементов, входящих в комплект контрольного приспособления.

Базирование детали при всех видах контроля осуществляется по типовой схеме для корпусных деталей. Комплект баз включает установочную, направляющую и опорную базы. Базирование производится (рис. 3.8, 3.9) с помощью установочных элементов – плоскопараллельных подкладок 6 одинаковой толщины. Для позиционирования детали в горизонтальной плоскости применяются упоры 5, служащие опорными элементами направляющей и опорной базовых поверхностей. Стойка 2, с установленной в ней измерительной головкой 3, может перемещаться по поверочной плите в двух взаимно перпендикулярных направлениях, что обеспечивает возможность измерений в любой точке контролируемой поверхности Б. В виду малой величины (0,03 мм) измеряемого параметра метод измерения здесь будет прямой с непосредственным отсчетом измеряемой величины по шкале индикатора. За неплоскостность принимается наибольшая разность показаний измерительной головки в различных точках контролируемой поверхности.

Контроль отклонения от параллельности поверхностей Б относительно базовой

А осуществляется (рис. 3.8) в двух крайних положениях контролируемой поверхности. Величина непараллельности определяется разностью показаний измерительной головки в крайних положениях контролируемой поверхности.

Операционный контроль от плоскостности небольших поверхностей (как в нашем случае), и особенно вогнутость, можно контролировать непосредственно на рабочем месте с помощью специального приспособления (рис. 3.10). Измерения на поверхности в продольном направлении осуществляются путем установки приспособления в контролируемое положение на поверхности, а в поперечном направлении – установкой в контролируемую точку измерительного стержня индикатора. Прилегающей поверхностью здесь является измерительная поверхность основания приспособления. Контроль - прямой с непосредственным отсчетом измеряемой величины по шкале индикатора. Величина неплоскостности определяется разностью между наибольшим и наименьшим показаниями измерительной головки.

Для измерения отклонений от взаимной перпендикулярности (рис. 3.9) поверхностей Б и В стойка индикатора устанавливается на поперечной плите 1 так, чтобы установочные вставки 9 находились в контакте с измерительной базовой поверхностью В детали 4; при этом ось измерительного стержня индикаторной головки будет параллельна поверхности В и перпендикулярна поверхности Б, и перемещение измерительного стержня будет фиксировать отклонение от взаимной перпендикулярности указанных поверхностей.

Измерение здесь будет осуществляться относительным (сравнительным) методом, при котором показывающий прибор (индикатор) устанавливается на нуль по установочной мере или блоку концевых мер и величина измеряемого параметра определяется по отклонению стрелки индикатора от нулевого положения. Отклонение от перпендикулярности измеряется в крайнем положении, в нескольких точках на поверхности Б. За величину неперпендикулярности принимается значение максимального отклонения стрелки индикатора от нулевого положения.

### 3.3.2. Силовой расчет приспособления

#### Теоретические сведения

Зажимные устройства в контрольных приспособлениях предупреждают смещения, установленной для проверки, детали (узла) относительно измерительного устройства и обеспечивают плотный контакт установочных баз детали с опорами приспособления. Работа зажимного устройства контрольного приспособления существенно отличается от работы аналогичных устройств в станочных приспособлениях. Для предупреждения деформаций проверяемых изделий силы закрепления должны быть небольшими, а их величина должна быть стабильной. Необходимость в зажимных устройствах отпадает, если деталь занимает вполне устойчивое положение на опорах приспособления, и силы от измерительного устройства не нарушают этой устойчивости. Для повышения производительности контроля зажимное устройство должно быть быстродействующим и удобным для обслуживания.

В контрольных приспособлениях применяют ручные зажимные устройства (рычажные, пружинные, винтовые, эксцентриковые), а также устройства с приводом (пневмозажимы), в которых сжатый воздух используется и для привода вспомогательных механизмов приспособления (перемещение, поворот или выталкивание детали).

Часто применяют комбинированные зажимные устройства, обеспечивающие одновременный и равномерный прижим контролируемых деталей к нескольким опорным элементам приспособления. Место приложения силы зажима должно быть выбрано так, чтобы не вызывать недопустимых деформаций детали и элементов контрольного приспособления.

Для определения величины усилия закрепления используем известное /1/ положение о том, что влияние зажимного устройства на показания измерительного прибора не должно превышать 5% от величины контролируемого параметра детали.

Приняв эту величину ( $0.05 \cdot T_{\Delta}$ ) в качестве оценки допустимой величины упругой деформации поверхности контролируемой детали в точке приложения усилия закрепления, определим соответствующую величину усилия закрепления по формулам, которые используются для расчета упругих деформаций при оценке

погрешности закрепления (см. раздел 3.1.3)

$$Q_k = \left( \frac{0.05 \cdot T_{\Delta}}{C} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (3.11)$$

где значения  $C$  и  $n$  являются эмпирическими параметрами, которые определяются в зависимости от вида материала детали, шероховатости, твердости и формы базовых поверхностей детали и вида рабочих поверхностей установочных элементов (см. приложение 7) контрольного приспособления.

Величина усилия закрепления используется далее при расчете зажимного механизма для определения силы тяги по аналогии со специальным станочным приспособлением (см. раздел 3.1.2).

Если в контрольном приспособлении применяется (необходимость этого определяется при выборе принципиальной схемы приспособления (см. раздел 3.3.1)) специальный механизм для перемещения или поворота контролируемой детали (возможно совместно с некоторыми деталями приспособления), то расчет необходимого усилия осуществляется традиционным путем. Например, если при контроле требуется перемещать по горизонтальной плоскости поступательно детали, которые имеют общую массу  $M$ , то усилие, необходимое для преодоления силы трения, можно рассчитать по формуле

$$F = g \cdot M \cdot f, \quad (3.12)$$

где  $f$  - справочный коэффициент трения для пары контактирующих деталей из соответствующих материалов. Если при контроле требуется поворачивать детали, то для определения необходимого усилия используется уравнение моментов.

Рассчитанная величина (3.12) может быть использована для определения параметров механизированного привода для перемещения (поворота) деталей (см. раздел 3.1.2).

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Определить необходимость и содержание силового расчета контрольного приспособления.



2. Проанализировать схему установки и закрепления детали при контроле, определить численные значения параметров, которые входят в формулу (3.11) и рассчитать величину усилия закрепления по формуле (3.12).

3. Выбрать вид зажимного механизма, определить его коэффициент передачи и рассчитать силу тяги.

4. Определить численные значения параметров и рассчитать величину усилия, необходимого для перемещения (поворота) деталей.

5. Выбрать вид привода для перемещения (поворота) деталей, рассчитать его параметры и выбрать их стандартные значения.

#### Пример выполнения раздела работы

При проверке контролируемых параметров в приспособлениях (см. рис. 3.8, 3.9, 3.10) не предусматривается закрепление деталей при контроле, поэтому выполнение пп. 2,3 и 5 приведенного выше порядка выполнения работы в данном случае не производится.

Учитывая, что принятые схемы контроля предполагают поступательное перемещение индикаторной стойки (с закрепленным на ней индикатором), определим величину силы, необходимой для плавного перемещения стойки по формуле (3.12). Примем, что масса перемещаемых элементов составляет 1 кг (исходя из размеров приспособления и паспортных данных индикатора), а коэффициент трения 0.1 (для пары сталь-сталь), тогда

$$F = 9.8 \cdot 1 \cdot 0.1 \approx 1 \text{ Н.}$$

Очевидно, что рассчитанная величина силы позволяет контролеру плавно перемещать подвижные элементы приспособления без применения специального механизированного привода.

### 3.3.3. Оценка точности приспособления

#### Теоретические сведения

Общая схема оценки точности контрольного приспособления аналогична подходу, который используется при оценке точности станочного приспособления, и

состоит в определении и сравнении допустимой и действительной погрешностей приспособления. Точность контроля с помощью разрабатываемого приспособления обеспечивается, если выполняется условие (3.2). Порядок определения допустимой и действительной погрешностей для контрольного приспособления имеет специфические особенности.

На основе обобщения производственного опыта в машиностроении величина погрешности измерения находится в пределах 10-30% от поля допуска  $T_{\Delta}$  на контролируемый параметр (например, допуск линейного или углового размера, допуск на отклонения от формы или взаимного расположения поверхностей). Поэтому в качестве оценки допустимой погрешности можно использовать величину

$$[\varepsilon] = 0.3 \cdot T_{\Delta} . \quad (3.13)$$

Общая (суммарная) действительная погрешность измерения определяется совокупностью ряда случайных составляющих, в частности, погрешности, свойственной самой схеме контроля; погрешности установки контролируемого изделия; погрешности настройки приспособления по эталону; износа деталей приспособления, а также погрешностей измерительных средств. Эти элементарные погрешности целесообразно сгруппировать в традиционные составляющие

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2} , \quad (3.14)$$

где  $\varepsilon_{\delta}$  - погрешность базирования (мкм);

$\varepsilon_3$  - погрешность закрепления (мкм);

$\varepsilon_{np}$  - погрешность приспособления (мкм).

Определение погрешности базирования и закрепления осуществляется (для принятых при контроле схем базирования и контроля) аналогично оценке погрешности базирования и закрепления для станочного приспособления (см. разд. 3.1.3). Очевидно, что если закрепление детали при контроле не осуществляется, то погрешность закрепления не рассчитывается. Погрешность приспособления учитывает особенности конструкции, изготовления и использования приспособления

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_y^2 + \varepsilon_{изм}^2 + \varepsilon_u^2} , \quad (3.15)$$

где  $\varepsilon_y$  - погрешность изготовления приспособления (мкм);

$\varepsilon_{изм}$  - погрешность измерительного устройства (мкм);

$\varepsilon_u$  - погрешность износа деталей приспособления (мкм).

Погрешность изготовления приспособления  $\varepsilon_y$  (имеется в виду погрешность изготовления, влияющая на точность контроля параметра) оценивается величиной  $1 \div 5$  мкм и учитывается, если используется несколько контрольных приспособлений. Погрешность, обусловленная износом деталей контрольного приспособления, оценивается величиной износа установочных элементов приспособления по формуле (3.7). При этом значения эмпирического коэффициента  $\beta$  принимаются на порядок меньше, чем для станочного приспособления, а величина  $N$  равна количеству контролируемых с помощью данного приспособления деталей (при выполнении курсовой работы принимать, что контролю подвергается 10% изготовленных деталей, если не установлена другая величина). Погрешность измерительного устройства устанавливается на этапе выбора принципиальной схемы приспособления.

Условие (3.2) должно обязательно выполняться для проектируемого приспособления. В противном случае необходимо установить составляющие действительной погрешности, которые имеют наибольшие значения и принять (по аналогии со станочным приспособлением) соответствующие технические решения для их уменьшения.

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Определить допустимую погрешность приспособления по формуле (3.13).
2. Определить элементарные погрешности приспособления (предварительно проверить выполнение условий, при которых погрешности минимальны):
  - погрешность базирования;
  - погрешность закрепления;
  - погрешность приспособления по формуле (3.15).
3. Рассчитать действительную погрешность по формуле (3.14).
4. Проверить выполнение условия (3.2).

### Пример выполнения раздела работы

Допустимые погрешности для каждого контролируемого параметра определены ранее (см. разд. 3.3.1) при выборе соответствующих измерительных средств.

При проверке большинства контролируемых параметров (рис. 3.6, 3.8, 3.9) погрешности базирования (установочная и измерительная базы совпадают), погрешности закрепления (деталь не закрепляется) и погрешность изготовления приспособления (используется одно приспособление) равны нулю. При проверке размера  $30^{+0.13}$  положение установочной базы детали не влияет на результаты измерения, поэтому принимаем погрешность базирования также равной нулю.

Действительные погрешности контроля определяются величинами двух погрешностей, а именно, погрешностей выбранных (см. разд. 3.3.1) измерительных средств и погрешностей износа соответствующих установочных элементов, которые определяются по формуле (3.7) с учетом приведенных выше рекомендаций (принимаем, что контролю подвергается 10% изготовленных деталей, значит  $N_k=0.1 \cdot N=0.1 \cdot 60000=6000$ ):

- при контроле размера  $190_{-0.2}$  мм

$$\mathcal{E}_{190} = \mathcal{E}_{np} = \sqrt{\mathcal{E}_{изм}^2 + \mathcal{E}_u^2} = \sqrt{42^2 + (0.01)^2 \cdot 6000} \approx 42 \text{ мкм};$$

- при контроле размера  $30^{+0.13}$  мм

$$\mathcal{E}_{30} = \mathcal{E}_{np} = \sqrt{\mathcal{E}_{изм}^2 + \mathcal{E}_u^2} = \sqrt{6^2 + (0.01)^2 \cdot 6000} \approx 6 \text{ мкм};$$

- при контроле допуска неплоскостности  $T=0,03$  мм поверхности Б

$$\mathcal{E}_{\square} = \mathcal{E}_{np} = \sqrt{\mathcal{E}_{изм}^2 + \mathcal{E}_u^2} = \sqrt{7^2 + (0.01)^2 \cdot 6000} \approx 7 \text{ мкм};$$

- при контроле допуска непараллельности  $T=0,05$  мм поверхности Б

$$\mathcal{E}_{\parallel} = \mathcal{E}_{np} = \sqrt{\mathcal{E}_{изм}^2 + \mathcal{E}_u^2} = \sqrt{12^2 + (0.01)^2 \cdot 6000} \approx 12 \text{ мкм};$$

- при контроле допуска неперпендикулярности  $T=0,04$  мм поверхностей Б и В

$$\mathcal{E}_{\perp} = \mathcal{E}_{np} = \sqrt{\mathcal{E}_{изм}^2 + \mathcal{E}_u^2} = \sqrt{10^2 + (0.05)^2 \cdot 6000} \approx 10.7 \text{ мкм}.$$

Проверка выполнения условия (3.2) свидетельствует, что во всех случаях допустимые погрешности (см. разд. 3.3.1) по всем контролируемым параметрам больше, чем соответствующие действительные погрешности. Таким образом, проектируемые контрольные приспособления обеспечивают необходимую точность проверки контролируемых параметров.

#### 3.3.4. Разработка конструкции приспособления

##### Теоретические сведения

Контрольное приспособление состоит из установочных, зажимных, измерительных и вспомогательных элементов, установленных в корпусе приспособления.

Вспомогательные устройства контрольных приспособлений имеют различное целевое назначение. В приспособлениях для проверки радиального или осевого биений применяют поворотные устройства; в приспособлениях для проверки прямолинейности или параллельности используют ползуны для перемещения измерительных элементов. Для контроля цилиндрических деталей, у которых проверяют правильность формы шеек или соосность ступеней, применяют приводные механизмы для их вращения. Для установки и снятия деталей используют подъемные устройства и выталкиватели. Многие из этих устройств выполняют аналогично соответствующим устройствам станочных приспособлений.

Специфичными являются передаточные устройства между контролируемым изделием и отсчетным или предельным измерителем (индикатором, электроконтактным датчиком).

Индикаторы крепят за ножку или за ушко на его задней крышке. При цене деления 0.01 мм индикаторы часового типа используют для проверки деталей с допусками от 0.03 мм и больше. При меньших допусках эти индикаторы могут применяться с увеличивающей рычажной передачей.

Рабочий наконечник измерительного устройства может быть сферическим (для проверки плоскости или отверстия), плоским (для проверки сферы) и ножеобразным или сферическим (для контроля наружных цилиндров).

Если измерительное устройство мешает установке и снятию контролируемых изделий, то его снабжают рычажком для отвода или выполняют

в виде поворотного (отводимого) узла.

Корпус контрольного приспособления является его базовой деталью. Корпусы стационарных приспособлений выполняют в виде массивной и жесткой плиты или корпусной детали, на которой располагают основные и вспомогательные детали и устройства. Корпусы изготавливают из серого чугуна СЧ 12-28 или СЧ 15-32. Корпусы приспособлений для точных измерений необходимо подвергать старению или отливать из чугуна, стойкого против коробления (СЧ 24-44 или СЧ 28-48).

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Подобрать аналог проектируемому контрольному приспособлению по технической литературе /2, 4, 8, 11/.
2. Изобразить контуры контролируемой детали (в определенном масштабе).
3. К базовым поверхностям контролируемой детали пририсовать изображения установочных элементов (в том же масштабе), координированные относительно поверхностей детали.
4. Выбрать способ соединения установочных элементов с корпусом и изобразить места соединения.
5. К поверхности детали, к которой приложено усилие закрепления, пририсовать прижимной элемент выбранного вида.
6. Выбрать конструктивные решения элементов зажимного механизма и соединений с прижимным элементом и корпусом, изобразить элементы зажимного механизма и места соединения.
7. Выбрать конструктивные решения двигателя силового привода и мест соединения с зажимным механизмом и корпусом и изобразить их.
8. Выбрать конструктивное решение корпуса и изобразить его.
9. Проставить габаритные и монтажные размеры приспособления, а также основные размеры двигателя силового привода.
10. Составить спецификацию и указать основные технические требования, в частности, оговорить величины рабочего давления жидкости, усилия закрепления, хода штока гидроцилиндра.

Очевидно, что пп. 5, 6, 7 выполняются в том случае, если есть необходимость в закреплении детали при контроле.

#### Пример выполнения раздела работы

При конструировании контрольных приспособлений часто используются типовые конструктивные схемы, узлы и детали, которые подбираются для выбранной ранее (см. разд. 3.3.1) принципиальной схемы контроля.

В нашем случае приспособление для контроля плоскостности и параллельности (см. рис. 3.8) комплектуется из следующих элементов: поверочной плиты 1, стойки индикатора 2, измерительной индикаторной головки 3, специальных упоров 5 и плоскопараллельных подкладок 6. Спецификация для сборочного чертежа приспособления (рис. 3.8) приведена в приложении 17.

Приспособление для контроля перпендикулярности поверхности Б относительно В (см. рис. 3.9) комплектуется из таких же элементов, как и приспособление для контроля плоскостности: поверочной плиты 1, стойки индикатора 2, измерительной головки 3, упоров 5 и плоскопараллельных подкладок 6. Базирование контролируемой детали 4 осуществляется по такой же схеме с использованием таких же установочных элементов (упоров 5 и подкладок 6).

Стойка индикатора выполнена в виде угольника с широким основанием и вертикальной штангой. На штанге помещается ползунок 7, в котором установлен подвижный стержень 8, предназначенный для закрепления измерительной головки 3. Базирование стойки по поверхности В, являющейся измерительной базой, осуществляется с помощью установочных вставок 9. Спецификация для сборочного чертежа приспособления (рис. 3.9) приведена в приложении 18.

Накладное измерительное приспособление (см. рис. 3.10) для контроля плоскостности состоит из основания 1, нижняя поверхность которого является измерительной. На верхней его части имеется выступ, в котором помещается подвижный стержень 2, служащий для установки и закрепления индикатора 4. В середине основания имеется паз, позволяющий устанавливать измерительный стержень индикатора в любой точке контролируемой поверхности в поперечном направлении. Спецификация для сборочного чертежа приспособления (рис. 3.10) приведена в приложении 19.

### 3.3.5. Техничко-экономическое обоснование целесообразности использования приспособления

#### Теоретические сведения

При техничко-экономическом анализе целесообразности применения проектируемого контрольного приспособления можно использовать подход аналогичный соответствующему анализу для специального станочного приспособления, а именно, применение специального контрольного приспособления экономически оправдано, если себестоимость выполнения контрольной операции с его использованием меньше, чем при использовании универсальных измерительных средств. Позитивный эффект применения специального контрольного приспособления обуславливается в основном за счет уменьшения длительности контрольной операции и уровня необходимой квалификации контролера (т.е. за счет уменьшения требуемой заработной платы).

Содержание и последовательность расчетов, которые выполняются при техничко-экономическом анализе, описаны в разделе 3.1.5. При этом величина  $N$  равна количеству контролируемых с помощью данного приспособления деталей.

#### Порядок выполнения раздела работы

1. Выбрать универсальные измерительные средства, с помощью которых также можно проверить контролируемый параметр детали, по технической литературе /2, 4, 8, 11/.

2. Определить значения величин, входящих в выражение для расчета себестоимости (3.9) выполнения контрольной операции при использовании проектируемого приспособления и без специального приспособления. Во втором случае принять штучное время и минутную заработную плату в два раза больше, чем для проектируемого приспособления. Остальные величины принять одинаковыми для обоих вариантов.

3. Рассчитать величины себестоимостей вариантов выполнения операций и сопоставить эти величины. Сделать вывод о целесообразности использования спроектированного специального контрольного приспособления.



### Пример выполнения раздела работы

Произведем расчет и сравнение себестоимостей двух вариантов контрольных операций (с учетом только проверки погрешностей формы и взаимного расположения поверхностей), а именно, выполнение контроля с использованием спроектированных специальных приспособлений и без них.

Затраты времени при проверке погрешностей формы и взаимного расположения поверхностей с использованием спроектированных специальных приспособлений составляют /7, 8/ 3 минуты, а без приспособлений – 6 минут. Для упрощения расчетов будем задавать минутную заработную плату контролера также как для рабочего-станочника (соответственно, для III разряда по приложению 11 находим  $l = 2,68$  коп/мин, а для IV разряда -  $l = 2,96$  коп/мин.). Тогда заработная плата для двух вариантов:

$$L_1 = 3 \cdot 0,0268 = 0,08 \text{ грн. ,}$$

$$L_2 = 6 \cdot 0,0296 = 0,178 \text{ грн.}$$

Ориентировочная себестоимость изготовления приспособлений зависит от количества деталей в обоих приспособлениях и их сложности

$$S = C \cdot K \text{ , грн. ,}$$

где  $C$  – постоянная, зависящая от сложности приспособления (приспособление простое,  $C = 1,5$ );

$K$  – количество деталей в приспособлении (по спецификациям сборочных чертежей приспособлений приложения 17 и 18  $K_1 = 8+12=20$  шт.).

Количество деталей, которые используются при проверке без специальных приспособлений, меньше на число установочных элементов, с помощью которых реализуется принятая схема базирования, т.е.  $K_2 = 20-10=10$  шт.

С учетом этих данных

$$S_1 = 1,5 \cdot 20 = 30 \text{ грн. ,}$$

$$S_2 = 1,5 \cdot 10 = 15 \text{ грн.}$$

Срок амортизации приспособлений примем  $i = 2$  года.

Подставив числовые значения в формулу (3.9), определим себестоимости

вариантов контрольных операций:

$$C_1 = 0,08\left(1 + \frac{300}{100}\right) + \frac{30}{6000}\left(\frac{1}{2} + \frac{20}{100}\right) = 0,32 \text{ грн.}$$

$$C_2 = 0,178\left(1 + \frac{300}{100}\right) + \frac{15}{6000}\left(\frac{1}{2} + \frac{20}{100}\right) = 0,71 \text{ грн.}$$

Сравнение величин себестоимостей выполнения для двух вариантов контрольных операций подтверждает целесообразность использования специальных приспособлений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений.- М.: Машиностроение, 1963. - 277 с.
2. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. -Л.: Машиностроение, 1975. - 654 с.
3. Станочные приспособления. Справочник: В -2-х т. /Ред. совет : Б.Н.Вардашкин и др. - М.: Машиностроение, 1984. - т.1 - 592 с; т.2 - 656 с.
4. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. - М.: Машиностроение, 1979. - 304 с.
5. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. - М.: Высшая школа, 1980. - 240 с.
6. Терликова Т.Ф., Мельников А.С., Баталов В.И. Основы конструирования приспособлений. - М.: Машиностроение, 1980. - 120 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - М.: Машиностроение, т.1, 1973. -295 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - М.: Машиностроение, т.2, 1985.-496 с.
9. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места для технического нормирования станочных работ в механических цехах. Массовое производство. - М.: Изд-во Госкомтруд, 1966.-77 с.
10. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Крупносерийное производство. - М.: Изд-во Госкомтруд, 1967. - 323 с.
11. Кузнецов Ю.И. Станочные приспособления с гидравлическими приводами. Конструирование и расчет. - М.: Машиностроение, 1974. - 150 с.
12. Допуски и посадки: Справочник в 2-х ч. /Под ред. В.Д.Мягкова., - Л.: Машиностроение, 1978. - 1026 с.
13. Ракович А.Г. Автоматизация проектирования приспособлений для металлорежущих станков.- М.: Машиностроение, 1980.-135 с.
14. Методические указания к выполнению практических занятий по дисциплине «Проектирование приспособлений» для студентов специальности «Технология машиностроения»/ . – Днепропетровск: ДМетИ, 1991.- 68 с.
15. Робоча програма та методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни “Технологічна оснастка” для студентів спеціальності “Технологія машинобудування” – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2000. – 77 с.
16. Шатин В.П., Денисов П.С. Режущий и вспомогательный инструмент. Справочник. – М.: Машиностроение. 1968. – 420 с.

## ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ.....	3
2. РОБОЧА ПРОГРАМА .....	5
3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ .....	7
3.1. Проектування спеціального верстатного пристрою.....	9
3.2. Проектування пристрою для закріплення різального інструмента... 37	
3.3. Проектування контрольного пристрою.....	60
 ЛІТЕРАТУРА .....	 83
 ДОДАТКИ .....	 84

Приложение 14

Погрешности измерения  $\pm \Delta_{\text{изм}}$  микрометрами с отсчетом 0.01 мм при плоскостном и линейчатом контактах в мкм

Диапазоны размеров, мм	Микрометры при работе находятся					
	в руках			в стойке		
	При температурном режиме, °С					
	1°	5°	1°	5°	1°	5°
	На всем пределе измерения при настройке на нуль по установочной мере			В пределах измерения 0,3 мм при настройке по концевым мерам 5-го разряда		
0-25	4.5	5.5	4.5	5	3	3
Св.25-50	7	7.5	5	5.5	3	3.5
Св.50-75	8.5	9.5	5	6.5	3	4.5
Св.75-100	10	12	5	7.5	3.5	6
Св.100-125	12	14	5	9	3.5	7
Св.125-150	13	16	6	10	3.5	8.5
Св.150-175	15	18	6	11.5	3.5	10
Св.175-200	18	21	6.5	11.5	4	12
Св.200-225	20	24	7.5	15	4.5	13
Св.225-250	22	26	7.5	16	4.5	14
Св.250-275	24	28	7.5	17	5	16
Св.275-300	26	30	8	18	5	17
Св.300-400	38	44	10	22	6	21
Св.400-500	41	49	10	27	7	26

Приложение 15

Погрешности измерения  $\pm \Delta_{\text{изм}}$  штангенинструментами, микрометрическими нутромерами и глубиномерами в мкм

Диапазоны размеров, мм	Штангенциркули при измерении размеров						Нутромеры с отсчетом 0.01 мм	Глубиномеры 2 класса точности
	Наружных			Внутренних				
	С отсчетом по нониусу							
	0.1	0.02	0.05	0.1	0.02	0.05		
До 10	150	40	80	200	-	150	-	5
10-50	150	40	80	200	50	150	-	5
50-80	160	45	90	230	60	170	15	5
80-120	170	45	100	230	60	170	15	6
120-180	190	45	100	300	65	200	20	6
180-260	200	50	100	300	70	200	20	-
260-360	210	60	110	300	80	250	27	-
360-500	230	70	110	300	90	250	27	-
Температурный режим				7 <sup>0</sup>	7 <sup>0</sup>	7 <sup>0</sup>	5 <sup>0</sup>	
Класс шероховатости поверхности				5	5	5	5	

Приложение 16

Погрешности измерения  $\pm \Delta_{\text{изм}}$  индикаторами часового типа с ценой деления 0.01 мм и измерительными головками с ценой деления 0.001 мм

Диапазоны размеров, мм	Индикаторы часового типа				Головки измерительные			
	В диапазоне				Рычажно-зубчатые	Пружинные малогабаритные		
	1 мм		2-3 деления					
	При температурном режиме, °С							
	2°	5°	2°	5°	2°	5°	2°	5°
	мкм				мкм в диапазоне $\pm 0.05$ мм			
Св. 10-18	9.5	9.5	4	4	1.5	1.7	1.1	1.5
Св. 18-30	9.5	9.5	5	4	1.6	2	1.2	1.9
Св. 30-50	9.5	9.5	5	4.5	1.8	2.5	1.4	2.5
Св. 50-80	9.5	10	5	5	2	3.5	1.7	3.5
Св. 80-120	9.5	11	5.5	7	3	6	2.5	6
Св. 120-200	10	13	6	9.5	4	8.5	3.5	8.5
Св. 200-260	11	16	7	13	5.5	13	-	13
Св. 260-360	12	20	9	18.5	-	-	-	19
Св. 360-500	14	26	11	24	-	-	-	24
Разряд концевых мер для настройки	5				4 5			