



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология машиностроения»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
ПО ДИСЦИПЛИНАМ**

**«СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ» И  
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ И  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»**

Авторы:  
Берберов С.А.,  
Берберова Н.И.



Ростов-на-Дону, 2018

## Аннотация

Методические указания к выполнению практических работы по дисциплинам «Современные системы технологической оснастки» и «Проектирование систем технологической оснастки и специального оборудования» предназначены для магистров всех форм обучения по направлению магистратуры 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

## Авторы:

доцент, к.т.н. Берберов С.А.

старший преподаватель Берберова Н.И.

## Оглавление

Введение .....	4
1 Цели и задачи выполнения практической работы.....	4
2 Методика проведения практических занятий.....	4
3 Методические рекомендации по выполнению практической работы.....	5
3.1 Методика выбора системы технологической оснастки и проектирование приспособления.....	6
3.1.1 Выбор системы станочного приспособления для оснащения технологической операции.....	9
3.1.2 Пример выбора системы станочного приспособления.....	10
4 Методика проектирования станочных приспособлений.....	11
4.1 Пример применения методики для проектирования НСП.....	12
4.1.1 Задание.....	12
4.1.2 Разработка теоретической схемы базирования.....	12
4.1.3 Выбор конструкции, количества и расположения установочных элементов.....	14
4.1.4 Расчет погрешности обработки.....	15
4.1.5 Определение величины силы зажима заготовки. Выбор конструктивно – размерных параметров зажимного механизма.....	18
4.1.5.1 Выбор направления, точки приложения зажимной силы Q и построение схемы действия сил.....	18
4.1.5.2 Выбор конструктивно – размерных параметров зажимного механизма. Расчет силового привода.....	22
4.1.6 Выбор силового привода. Расчет параметров привода.....	22
4.1.7 Проектирование общего вида приспособления.....	22
4.1.8 Описание работы приспособления.....	23
Список литературы.....	24

## ВВЕДЕНИЕ

Учебными планами подготовки магистров направления 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительного производства» предусмотрено изучение дисциплины "Современные системы технологической оснастки" и «Проектирование систем технологической оснастки и специального оборудования», в которых предусмотрены практические занятия по основным разделам курса.

Практические занятия дают возможность проверить результаты теоретических выводов, познакомиться с приемами выбора системы приспособления, что, в конечном итоге, способствует глубокому осмыслению теоретического материала.

Программой курса «Современные системы технологической оснастки» и «Проектирование систем технологической оснастки и специального оборудования» предусмотрены практические занятия в объеме учебных планов.

Содержание и построение практических занятий таково, что выполнение их требует от магистранта глубокого понимания и знания теоретического материала по соответствующим разделам не только курса "Современные системы технологической оснастки" и «Проектирование систем технологической оснастки и специального оборудования», но и предшествующего основного профилирующего курсов бакалавриата "Технология машиностроения", "Технологическая оснастка".

### 1 Цели и задачи выполнения практической работы

1.1 Уяснение сущности систем технологической оснастки и эффективности их применения в машиностроительной практике;

1.2 Приобретение навыков и умений по выбору системы технологической оснастки (на примере станочного приспособления)

1.3 Подготовка магистров к самостоятельной работе по проектированию средств технического оснащения технологических операций.

### 2 Методика проведения практических занятий

Практические занятия призваны оказать помощь магистрантам в освоении методики проектирования технологической оснастки и выполнения работы.

На первом занятии преподаватель формулирует цель и задачу практических занятий, их значение для выбора оптимального варианта технологической оснастки при разработке технологического процесса обработки детали и конструкции станочного приспособления, а также дает краткую характеристику систем станочных приспособлений и излагает методику их выбора.

На последующих занятиях преподаватель раскрывает методику проектирования станочных приспособлений и иллюстрирует применение этой методики на конкретном приспособлении.

По заданию преподавателя все магистранты выполняют самостоятельно 1-2 задания. В ходе практических занятий преподаватель наблюдает за самостоятельной работой студентов, отвечает на их вопросы, в случае необходимости оказывает практическую помощь. Самостоятельные задания позволяют преподавателю судить фронтально о степени достижения цели занятия в группе.

### **3 Методические рекомендации по выполнению практической работы**

Решение ряда задач, поставленных, перед технологом и конструктором станочного приспособления, условно можно разделить на прямые и обратные.

В качестве прямых задач можно выделить:

-выбор системы приспособления, в ходе решения которой определяется стратегия конструкции приспособления и его реальное исполнение;

-расчет и оценка эффективности применения конкретной системы конструкции приспособления;

-сравнительный анализ и выбор наиболее экономически эффективной системы или конструкции приспособления при оснащении технологических операций.

В числе обратных задач можно назвать:

-расчет размеров выпуска деталей, при котором окупятся затраты на приспособление, обеспечивающие найденную экономию на прямой зарплате;

-определение максимально допустимых годовых затрат на одно приспособление, что будет являться критерием обоснования его системы и конструктивного исполнения,

Для решения прямых задач, предусмотренных целью настоящей практической работы, необходимо иметь следующий набор исходных данных.

При оснащении нового технологического процесса:

- чертеж детали;
  - годовой объем выпуска деталей, позволяющий оценить тип производства и его основные характеристики (такт выпуска, размер партии и количество их запусков);
  - период производства деталей;
  - тип оборудования;
  - норма времени на обработку с применением приспособления и без него;
- При переоснащении технологического процесса:
- чертеж детали;
  - годовой объем выпуска и период производства деталей;
  - тип оборудования нового и существующего;
  - нормы времени на обработку по новому и существующему технологическому процессу;
  - затраты на изготовление и эксплуатацию существующего приспособления.
- Исходные данные выдаются магистрам преподавателем вместе с постановкой цели задания на выполнение практической работы.

### 3.1 Методика выбора системы технологической оснастки и проектирование приспособления

Под *системой* понимается комплекс основополагающих принципов, положенных в основу конструкции приспособления.

В соответствии с единой системой технологической подготовки производства (ЕСТПП) единый комплекс приспособлений машиностроения образуют шесть систем.

**Универсально – сборные приспособления (УСП).** УСП представляет собой систему, состоящую из набора стандартных деталей и сборочных единиц, из которых компонуются различные приспособления одноцелевого назначения.

После использования приспособлений они разбираются, а детали возвращаются на склад и применяются при сборке других приспособлений. В основу системы УСП положена идея постоянного кругооборота стандартизованных деталей и сборочных единиц.

Фонд УСП составляет 15-25 тыс. деталей, при этом можно одновременно собрать 150-200 компоновок. Срок службы УСП — 15-20 лет, срок окупаемости комплекта — 2-3 года.

Детали комплекта разбиты на 8 групп. Основой компоновки УСП являются базовые детали, которые имеют Т-образные и шпоночные пазы (плиты, угольники, кольца). Базирование элементов приспособления осуществляется в «координатный угол» с помощью соединения паз-шпонка, а закрепление — с помощью болтов с закладными головками.

Используются три серии УСП в зависимости от габаритных размеров однотипных конструкций, крепежной резьбы, а также размеров Т-образных и шпоночных пазов:

- первая серия (малая) — паз 8Н7, резьба М8, используется на приборостроительных заводах;
- вторая серия (средняя) — паз 12Н7, резьба М12, применяется на заводах общего (среднего) машиностроения;
- третья серия (крупная) — паз 16Н7, резьба М16, для заводов тяжелого машиностроения.

С целью обеспечения высокой износостойкости все детали УСП изготавливаются из качественных легированных и инструментальных сталей и подвергаются термообработке и последующему шлифованию всех поверхностей, поскольку одни и те же детали УСП выполняют различные функции в различных приспособлениях и могут работать различными поверхностями.

Базовые и корпусные детали выполняются из стали 12ХНЗА.

Установочные и направляющие элементы изготавливаются, как правило, из стали У8А или У12А с закалкой до твердости 48-55 HRC.

Себестоимость полного комплекта УСП составляет около 50-80 тыс.

УСП применяется, в основном, в мелко-серийном производстве

**Универсально-наладочные приспособления (УНП).** Система УНП основана на использовании сменных установочных, зажимных и направляющих элементов, образующих наладку на базе универсального нормализованного базового агрегата. Часто установочные элементы такого приспособления допускают регулирование в целях его наладки для обработки не только однотипных или близких по форме и конструктивно-технологическим параметрам деталей, но и деталей, входящих в другие классы.

Базовые агрегаты — законченные механизмы многократного использования, имеющие стандартную конструкцию и выпускающиеся централизованно. Базовые агрегаты эксплуатируются до полного износа и постоянно находятся на станке.

При запуске новой партии обрабатываемых деталей базовый агрегат УНП не снимают со станка, а лишь переустанавливают сменные элементы или устанавливают регулируемые опоры. УНП находят наибольшее применение в серийном и мелкосерийном производстве в условиях группового метода обработки деталей.

**Универсально-безналадочные приспособления.** Конструкция УБП представляет собой законченный неразборный механизм с постоянными (несъемными) установочными элементами для установки обрабатываемых заготовок по элементарным схемам базирования.

Типовыми представителями УБП являются универсальные станочные тиски, универсальные двух- или трех- кулачковые токарные патроны, в частности поводковые, универсальные поворотные и делительные столы и стойки, делительные головки, магнитные плиты. УБП целесообразно применять на станках с ЧПУ в единичном и мелкосерийном производстве.

Большинство конструкций УБП поставляются как принадлежности станков или централизованно по заявкам предприятий. Приспособлениями УБП можно оснащать токарные, фрезерные, сверлильные и другие операции.

Затраты на оснащение УБП незначительны, однако большое время на установку обрабатываемых заготовок ограничивает область применения УБП единичным и мелкосерийным производством. Основные недостатки УБП:

- требуется контроль положения заготовки в процессе ее установки методом регулирования;
- в результате увеличивается вспомогательное время на установку детали.

**Специализированные наладочные приспособления (СНП).** Это приспособления, состоящие из специализированного базового агрегата и сменных наладок для установки родственных по конфигурации и технологии обработки заготовок с идентичными схемами базирования.

Базовые агрегаты СНП представляют собой законченные механизмы стандартной конструкции долговременного применения; они эксплуатируются до полного износа и со станка не снимаются.

Эффективной областью применения СНП на станках с ЧПУ является серийное производство.

Для эффективной эксплуатации СНП необходимо обеспечивать максимальную загрузку приспособлений. В этом случае приспособления со станка не снимаются. Переналадка при смене обрабатываемых заготовок осуществляется сменой наладок.

Оснащение СНП требует группирования обрабатываемых заготовок по габаритным размерам и схемам базирования.

Недостатки системы:

- необходимость проектирования и изготовления наладок;
- отсутствие унификации с системами УСП и СРП.

Экономически достижимая точность — IT 9. Область применения СНП — среднесерийное и крупносерийное производство.



**Сборно-разборные приспособления (СРП).** Компоновки СРП собирают из стандартных деталей и сборочных единиц как специальные приспособления долгосрочного применения.

В основу системы заложен принцип агрегатирования. В основном система базируется на тех же принципах, что и УСП. Отличия от системы УСП заключаются в следующем:

- детали УСП имеют универсальное назначение;
- приспособления системы УСП состоят из деталей, тогда как приспособления СРП komponуются в основном из узлов;
- СРП имеют быстродействующий механический привод для закрепления заготовок; в УСП этого нет. Точность обработки с применением СРП — IT 7-9.

**Неразборные специальные приспособления (НСП).** НСП представляют собой необратимые конструкции, не предназначенные для разборки с целью повторного использования их сборочных единиц и деталей.

После снятия изделия с производства либо после изменения технологического процесса НСП списываются в металлолом целиком.

НСП проектируются и изготавливаются для различных видов обработки заготовок любых форм и габаритных размеров и обеспечивают необходимую точность обработки, поскольку проектируются под заданные условия обработки.

НСП обладает самым длительным циклом оперативного оснащения (около 100 часов на одно приспособление средней сложности).

В конструкциях НСП максимально используются стандартные детали, сборочные единицы и заготовки (50-70% массы приспособления).

НСП применяются в крупносерийном и массовом производствах при длительности нахождения изделия в производстве.

### 3.1.1 Выбор системы станочного приспособления для оснащения технологической операции

Выбор системы осуществляется на основе графика зон рентабельности систем приспособления (рис. 1). По ординате откладывается коэффициент загрузки приспособления  $K_z$ . По оси абсцисс откладывается время в месяцах эксплуатации приспособления.

Одним из важных этапов работы и конструктора станочных приспособлений и технолога являются технико-экономические обоснования выбираемой им системы технологического оснащения оборудования и определение эффективности конкретной конструкции станочных приспособлений.

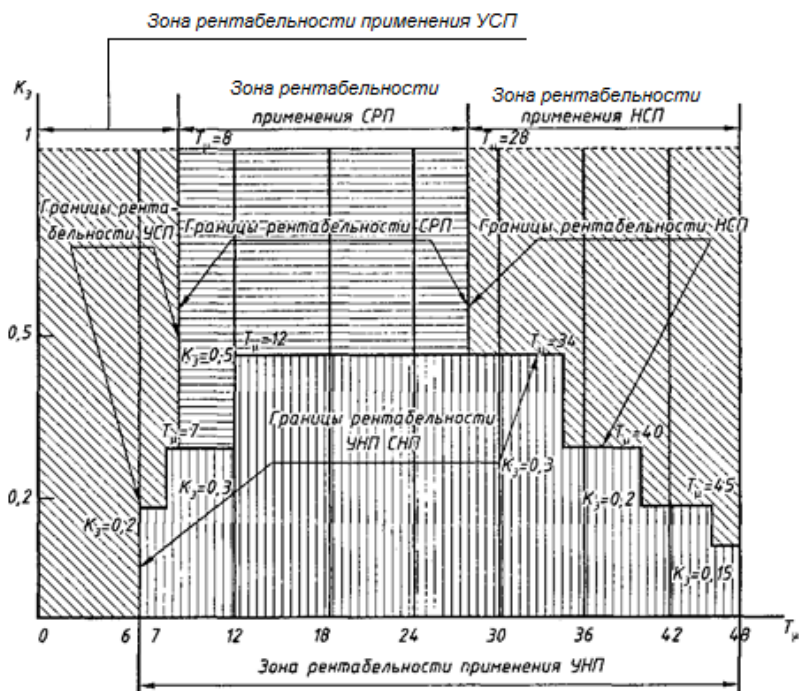


Рисунок 1 - График зон рентабельности систем приспособлений

При технико-экономическом обосновании выбора технологической оснастки (в том числе и приспособлений) ГОСТ 14305-03 рекомендует использовать два показателя:

- коэффициент загрузки единицы технологической оснастки (приспособления)  $K_z$ ;
- затраты на оснащение технологических операций изготовления изделий (затраты на приспособление)  $P$ .

Коэффициент загрузки приспособления ( $K_z$ ) используется в качестве критерия для ориентировочного определения целесообразности применения той или иной системы приспособлений из числа сопоставляемых и вычисляется по формуле

$$K_z = \frac{T_{шт.к.Ноп}}{60F_d} \quad (1)$$

где: Тшт.к. - штучно-калькуляционное время выполнения технологической операции, в мин;

Но<sub>п</sub> - число повторений операций, соответствующее числу обрабатываемых деталей одного наименования в течение календарного периода времени (месяца, года);

Ф<sub>д</sub> - годовой (месячный) фонд времени работы приспособления (станка), в час.

Графическая интерпретация этой зависимости дана на рис.1

### 3.1.2 Пример выбора системы станочного приспособления

**Задание.** Выбрать систему станочного приспособления и рассчитать эффективность ее применения для оснащения фрезерной операции детали. Объем выпуска деталей 10 тыс.шт. Ожидаемая трудоемкость *Тшт.* ~ 4,5 мин, трудоемкость фрезерования по разметке – *Тшт.* ~ 10 мин. Фрезерование осуществляется на горизонтально фрезерном станке. Масса детали - 1,2 кг. Период производства деталей - год. Приспособление, исходя из компоновочной схемы и габаритов детали средней сложности, будет включать 20-25 деталей.

**1 Анализ исходных данных.** Исходные данные позволяют установить, что станочное приспособление предназначено для оснащения нового технологического процесса. Тип производства, в условиях которого будет проводиться обработка - серийное. Количество деталей, обрабатываемое с одной наладки оборудования (размер партии)  $n = 80$  шт.

**2 Ориентировочный выбор системы приспособления.** Как следует из характеристики систем приспособлений в условиях серийного производства целесообразно использовать системы УНП, СРП, СНП и УСП. Для ориентировочного выбора системы определим коэффициент загрузки приспособления  $Kз$  по формуле 1 (при  $Но_{п} - 10000$  шт,  $Тшт.к. = 4,5мин.$ ,  $Ф_{д} = 3890$  час. )

$$Kз = \frac{4,5 \cdot 10000}{60 \cdot 3890} = 0,19$$

Воспользовавшись графической интерпретацией формулы (рис.1), принимаем за основу системы УНП и СНП

## 4 Методика проектирования станочных приспособлений

Методика проектирования приспособлений любых систем одинакова, т.к. приспособление состоит из одинаковых элементов. Наиболее часто приходится проектировать специальные приспособления, т.к. в остальных системах приходится их компоновать.

Проектирование приспособления начинается с разработки технического задания (ТЗ) на проектирование приспособления.

Обычно техническое задание (ТЗ) формулируется технологом разрабатывающим технологический процесс изготовления детали, для которого проектируется приспособление.

В учебных целях техническое задание разрабатывается студентом, т.к. он и проектирует технологический процесс обработки детали.

Техническое задание разрабатывается по методическому руководству [9].

## **4.1 Пример применения методики для проектирования НСП**

### **4.1.1 Задание**

Разработать конструкцию приспособления для установки корпуса подшипника (рис.2) на вертикально-сверлильном станке при обработке отверстия  $\varnothing 16H9mm$  комплектом инструментов. На операцию деталь поступает после токарной и фрезерной обработки. Годовой объем выпуска 100 тыс. деталей. Материал детали – Сталь 45 ГОСТ 1050-84, Обработка отверстия производится с режимами резания  $M_{рез.} = 8,75H.m.$ ,  $P_o = 607,5H.$

### **4.1.2 Разработка теоретической схемы базирования**

Проанализировав чертеж детали и ее размерное описание, приходим к выводу, что в качестве технологических баз целесообразно использовать, плоскость основания корпуса - торец детали т.к. она имеет наибольшие габаритные размеры, внутреннюю цилиндрическую поверхность  $\varnothing 62H7mm$ , т.к. расположение обрабатываемого отверстия задано от оси отверстия  $\varnothing 62H7mm$  таким образом будет выполнен принцип совмещения баз, т.е. технологическая база будет совмещаться с размерной базой. Плоскость основания корпуса будет лишать деталь 3-х степеней



### Рисунок 3 – теоретическая схема базирования

Перемещения вдоль оси X лишает точка 1, принадлежащая плоскости основания детали.

Вращения вокруг оси Z лишает (.) 2, принадлежащая плоскости основания детали.

Вращения вокруг оси У лишает (.)3, принадлежащая плоскости основания детали

Перемещения вдоль оси Z лишает (.)4, принадлежащая образующей цилиндрической поверхности  $\varnothing 62h7mm$ .

Перемещения вдоль оси У лишает (.)5, принадлежащая образующей цилиндрической поверхности  $\varnothing 62h7mm$

Вращения вокруг оси X лишает (.)6, принадлежащая плоскости ушек детали.

Таким образом, деталь лишена всех 6-ти степеней свободы, и такая схема базирования является полной. Все базы явные, т.к. представлены реальными поверхностями.

### 4.1.3 Выбор конструкции, количества и расположения установочных элементов

Выбор установочных элементов для разработанной схемы базирования заготовки проводится по методическим указаниям кафедры «Реализация теоретической схемы базирования заготовок в приспособлении»[8].

Так как выбранный комплект баз состоит из цилиндрической поверхности, перпендикулярной к ее оси плоскости, то по общему алгоритму находим, что для такого комплекта баз разработан алгоритм "Б". По этому алгоритму выбираем ветвь, в которой рассматривается комплект баз, с внутренней цилиндрической поверхностью. Так как цилиндрическая поверхность является двойной опорной базой и торцевая поверхность обработана, то пройдя по блокам алгоритма, находим, что для данного случая рекомендуется применять установочные элементы в виде: 1) палец с буртом или 2) палец + 3 опоры с плоской головкой. Выбираем палец с буртом, так как масса и габаритные размеры заготовки невелики. На рис. 4 показана установка заготовки на выбранные установочные элементы.

Конструкция пальца с буртом нестандартная. Палец имеет базирующую ножку, которая входит в отверстие корпуса. Палец с буртом ориентируется в корпусе с помощью хвостовика и закрепляется винтами, через отверстия, которые сделаны в буртике. Диаметр пальца –  $62f7$ . Для реализации опорной базы б используем специальный упор.

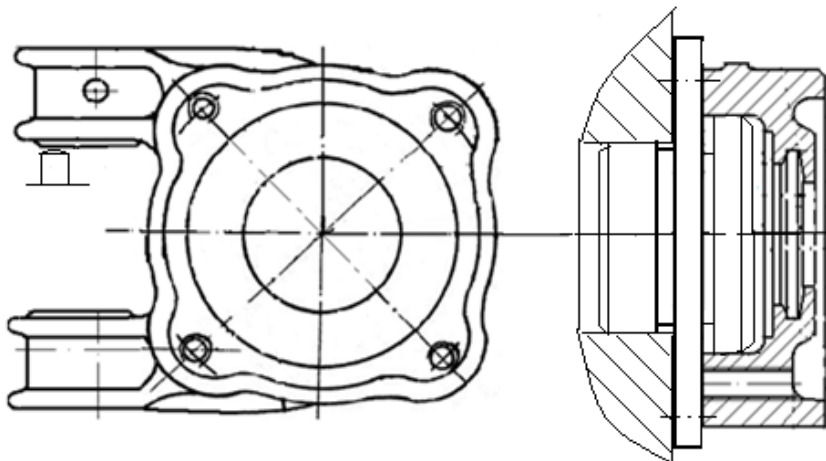


Рисунок 4 – выбор установочных элементов

#### 4.1.4 Расчет погрешности обработки

При проектировании сверлильных приспособлений следует учитывать что погрешности, возникающие при обработке, связаны не только с погрешностями базирования заготовки, но и с погрешностями положения инструмента относительно установочных элементов. Поэтому в конструкцию приспособления вводятся кондукторные втулки, назначением которых является определение положения и направление сверла. Погрешности обработки определяются методом решения технологических размерных цепей. На рис. 5 показана размерная цепь.

Исходным звеном технологической размерной цепи  $A_0$  всегда являются размер или взаимный поворот, который необходимо получить при обработке детали (конструкторский размер).

Так как при сверлении отверстия необходимо выдержать размер до оси отверстия  $\varnothing 62H7$ , которая является технологической и размерной базой, в размерную цепь войдут лишь звенья, определяющие положение инструмента, относительно установочного элемента. На рис.5 показана размерная цепь, для решения которой составлена таблица 1 – звенья размерной цепи.

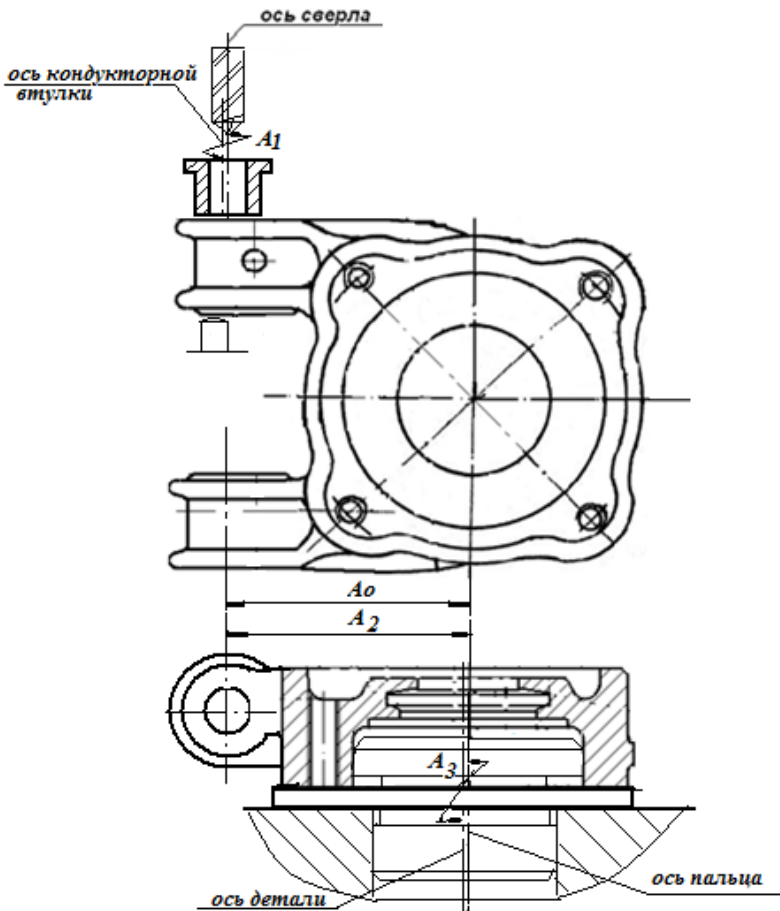


Рисунок 5 - размерная цепь

Т.к. на точность обработки детали в приспособлении оказывает влияние, кроме приспособления ещё и другие погрешности (динамической и статической настройки), то для точности исходного звена приспособления берем  $0,5TA_0$ . Точность размера 58мм задана допуском 0,5мм.

$$TA_0 = 0,5 \times 0,5 = 0,25 \text{ мм}$$



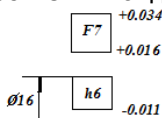
Таблица 1 - звенья размерной цепи

№ звена	Физическая сущность звена	Передача точное отношение gi	Размер Ai мм	Допуск TAi	ЕсTAi
A <sub>0</sub>	Расстояние от оси обрабатываемого отверстия (сверла) до оси отверстия Ø62H7мм.	+1	58 <sup>+0,25</sup> 0±0,0225	0,25 0,045	+0,125 0
A <sub>1</sub>	Расстояние между осями сверла и отверстия кондукторной втулки	+1	58 <sup>+0,115</sup>	0,115	+0,125
A <sub>2</sub>	Расстояние между осями отверстия в кондукторной втулке и осью пальца	+1	0±0,045	0,09	0
A <sub>3</sub>	Расстояние от оси пальца до оси отверстия в детали Ø62H7мм				

$$\text{Уравнение номиналов } A_0 = \sum_i^m \xi_i A_i \quad (2)$$

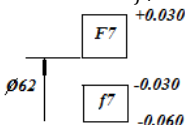
$$58 = 0 + A_2 + 0 \quad A_2 = 58 \text{ мм}$$

Допуск на TA<sub>1</sub> определяем как максимальный зазор между сверлом и отверстием в кондукторной втулке по посадке Ø16F7/h6.



$$TA_1 = 0,011 + 0,034 = 0,045 \text{ мм.}$$

Допуск на TA<sub>3</sub> определяем как максимальный зазор между пальцем и отверстием Ø62<sup>H7/f7</sup>



$$TA_3 = 0,030 + 0,060 = 0,090 \text{ мм}$$

$$\text{Допуск на } A_2 \text{ определяем из уравнения } TA_0 = \sum_i^{m-1} |\xi_i| TA_i. \quad (3)$$

$$0,25 = 0,045 + TA_2 + 0,09$$

$$TA_2 = 0,25 - 0,135 = 0,115 \text{ мм}$$

Из уравнения находим, что точность изготовления приспособления – расстояние от оси отверстия в кондукторной втулке до оси пальца равно 0,0115 мм. Такой допуск на размер 58 мм соответствует 9-10 качеству точности, который может быть легко обеспечен в условиях инструментального цеха. Таким образом проектируемое приспособление может обеспечить заданную точность.

Определим координату середины поля допусков звена  $A_1$  из уравнения (4).

$$EcTA_0 = \sum_i^{m-1} \xi_i EcTA_i \quad (4)$$

$$+0,125 = 0 + EcTA_2 + 0$$

$$EcTA_2 = +0,125 \text{ мм.}$$

#### 4.1.5 Определение величины силы зажима заготовки. Выбор конструктивно – размерных параметров зажимного механизма

Расчет сил зажима может быть сведен к решению задачи статики на равновесие твердого тела (заготовки) под действием системы внешних и внутренних сил.

К заготовке с одной стороны приложены масса заготовки и силы, возникающие в процессе обработки, с другой - зажимные силы и реакции опор. Под действием этих сил заготовка должна сохранить равновесие. При расчетах ориентироваться на положение сдвигавших сил и моментов, при котором силы зажима получаются наибольшими.

При расчетах следует определить требуемую силу зажима с учетом коэффициента запаса  $K$ , предусматривавшего возможность увеличения силы и момента резания из-за ряда факторов.

##### 4.1.5.1 Выбор направления, точки приложения зажимной силы $Q$ и построение схемы действия сил

Исходными данными для определения силы зажима являются :

- схема установки заготовки, разработана ранее и представленная на рисунке 3;

- данные по режимам резания:

Мкр. = 8,75 н.м.

$$P_0 = 607,5 \text{ н}$$

Определяем коэффициент запаса  $K$

Так как формула для расчета режимов резания не учитывает самых неблагоприятных моментов, влияющих на величины сил и моментов резания, то для обеспечения безопасности работы приспособления рассчитываем величину коэффициента запаса прочности  $K$  по формуле (5)

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \quad (5)$$

Учитывая конкретные условия обработки принимаем:

$K_0 = 1,15$  - гарантированный коэффициент запаса

$K_1 = 1,2$  - черновая база

$K_2 = 1,5$  - учитывает затупление инструмента

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

$K_4 = 1$  - учитывает стабильность механизированного привода

$K_5 = 1$  - характеризует удобство зажима (удобный зажим)

$K_6 = 1,4$  - учитывает определенность расположения опорных точек (неограниченная зона контакта в пределах базы)

$$\text{Следовательно, } K = 1,15 \times 1,5 \times 1,2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1,4 = 2,9$$

Согласно правил выбора направления силы  $Q$  силу зажима направляем перпендикулярно установочной базе, как имеющую наибольшую площадь контакта с установочными элементами – опорами.

Заготовка представляет собой полое цилиндрическое кольцо в месте закрепления, то сила зажима распределяется равномерно по этому кольцу. На рисунке 5 приведена схема действия сил на заготовку. Из схемы видно, что осевая сила  $P_0$  действует на заготовку сверху вниз и стремится повернуть заготовку вокруг оси установочного элемента - пальца и сдвинуть по опорам. Этому противодействует сила трения между заготовкой и установочными элементами

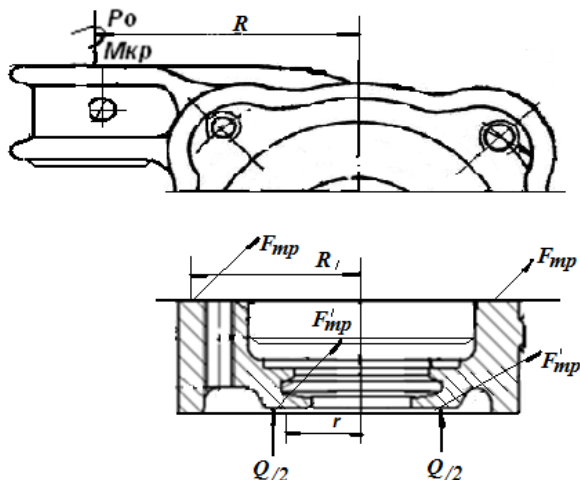


Рисунок 6 - схема действия сил

Составим уравнение сил действующих на заготовку.

$$M_{рез} < M_{тр}. \quad (6)$$

$$KM_{рез} = M_{тр}. \quad (7)$$

$$M_{тр} = F_{тр} \times R_1 + F^1_{тр} \times r \quad (8)$$

$$F_{тр} = Q \times f; \quad F^1_{тр} = Q \times f^1; \quad (9)$$

где :  $f$  и  $f^1$  – коэффициенты трения между установочным элементом и заготовкой = 0,19, зажимным элементом и заготовкой

$$KM_{рез} = Qf_1R_1 + Qf^1r \quad (10)$$

$$M_{рез} = P_o \times R = 607,5 \times 0,058 = 35,235 \text{ нм}$$

$$Q = \frac{KM_{рез}}{fR + f^1r} = \frac{2,9 \times 35,235}{0,19 \times 0,04 + 0,19 \times 0,025} = 5902 \text{ н}$$

Если сила  $P_o$  стремится повернуть заготовку относительно оси пальца, то крутящий момент  $M_{рез} = 8,75 \text{ нм}$  стремится повернуть заготовку относительно точки касания плоскости заготовки с буртом установочного элемента (.)0 рисунок 7.

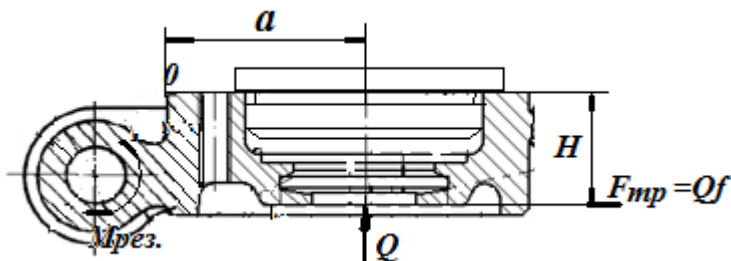


Рисунок 7 – схема расчета сил закрепления

Составим равновесие моментов действующих на деталь.

$K_{Мрез.} = M_{тр.}$

$$K_{Мрез.} = Q^1 a + Q^1 f H \quad (11)$$

Отсюда находим  $Q^1$

$$Q^1 = \frac{K_{Мрез.}}{a + fH} = \frac{2,9 \times 8,75}{0,042 + 0,19 \times 0,033} = 525,6H$$

Таким образом, усилие  $Q^1$  препятствующее повороту заготовки под действием Мрез. Значительно меньше  $Q$  ( $Q > Q^1$ ), поэтому для дальнейших расчетов параметров привода используем силу  $Q = 5902H$

#### 4.1.5.2 Выбор конструктивно – размерных параметров зажимного механизма. Расчет силового привода

Т.к. усилие от штока будет непосредственно передаваться на деталь, то передаточное отношение механизма будет равно 1. Таким образом усилие на приводе  $W = Q = 5902H$ .

#### 4.1.6 Выбор силового привода. Расчет параметров привода

Для выбора конструкции зажимного механизма учитывая, что зажимной механизм должен выводиться из зоны установки заготовки за каждой деталью, выбираем в качестве привода пневматический цилиндр двухстороннего действия. При серийном производстве, малых габаритных размерах, небольших силах резания это самый подходящий привод. Кроме того, конструкция зажимного механизма не требует большого хода поршня, чтобы вывести быстросменную шайбу из рабочей зоны. Следовательно, можно использовать стандартный привод. Основным параметром привода

является диаметр цилиндра  $D$ . Определим диаметр цилиндра из формулы (12).

$$W = p \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \eta \quad (12)$$

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\rho \cdot \pi \cdot \eta} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 590,2}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,97} + 2,5^2} = 14,1 \text{ см.} = 141 \text{ мм.}$$

По ГОСТу выбираем диаметр поршня равный 100 мм, меньше рассчитанного для уменьшения габаритов приспособления. Это возможно, т.к. часть усилия осевого может восприниматься опорой.

### 4.1.7 Проектирование общего вида приспособления

После расчета и выбора всех элементов приспособления приступаем к проектированию общего вида приспособления.

Вначале вычерчивается в тонких линиях обрабатываемая деталь, затем вычерчиваются установочные элементы (палец с буртом и опора), элемент для направления инструмента (кондукторная втулка), зажимной механизм (быстросменная шайба, гайка и др.) и после этого оформляется корпус приспособления, объединяющий все спроектированные элементы в единое целое приспособление.

Если в рассматриваемом примере корпус может быть изготовлен литьем или сварной, то при проектировании различных систем приспособлений корпус и остальные элементы могут быть собраны из стандартизированных заранее изготовленных элементов.

На общем виде приспособления проставляются все необходимые размеры, оформляются технические требования и составляется спецификация (Приложение 1 - чертеж приспособления).

### 4.1.8 Описание работы приспособления

Приспособление применяется для установки корпуса подшипника на вертикально-сверлильном станке при обработке отверстий  $\varnothing 16$  мм.

В качестве установочных элементов применяются: короткий палец с буртом и опора с плоской головкой. С пальцем соприкасается двойная опорная база детали и лишает заготовку двух степеней свободы, а с буртом установочная база и лишает заготовку трех степеней свободы. С упо-

ром соприкасается опорная база (торцевая поверхность) и лишает заготовку одной степеней свободы. Таким образом, заготовка лишена всех шести степеней свободы.

Установка приспособления на станок производится следующим образом. Сверло или контрольный валик устанавливается и закрепляется в шпинделе сверлильного станка. Приспособление устанавливается на стол станка так, чтобы проушины для крепления приспособления совпали с Т-образными пазами стола станка, проходящими через центр стола. Затем приспособление продвигается вдоль паза стола под шпиндель так, чтобы сверло опустилось в кондукторную втулку. Это определяет положение приспособления относительно оси шпинделя. После этого приспособление крепится болтами. Таким образом, в установке приспособления на стол станка участвуют три базовые поверхности: нижняя плоскость горизонтальной плиты - установочная база, проушины для крепления приспособления - опорная база и отверстие кондукторной втулки – двойная опорная база.

Чтобы установить заготовку в приспособлении необходимо, чтобы поршень пневматического цилиндра был в правом крайнем положении. При этом зажимной механизм 25 с помощью штока будет выведен из рабочей зоны приспособления. Это позволит заготовку свободно поставить на установочный палец. После этого включается пневмоцилиндр на рабочий ход влево, зажимной механизм – быстросменная шайба переместится в рабочую зону и закрепит заготовку. Для съема заготовки сжатый воздух поступает в левую полость цилиндра, шток перемещается вправо и выводит зажимной механизм из рабочей зоны, процесс повторяется.

## Список литературы

1. "Станочные приспособления". Справочник в 2-х т. под ред. Вардашкина М. машиностроение, 1984г.
2. А. К. Горошкин; Приспособления для металлорежущих станков. Справочник; М.: Машиностроение; ; 1979
3. М.Ф. Пашкевич, Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожуро, В.М. Пашкевич; Технологическая оснастка; Минск «Адукацыя і выхаванне»;; 2002
4. Н.П. Косов, А. Н. Исаев, А. Г. Схиртладзе; Технологическая оснастка; М.: Машиностроение; 2005
5. В.Ю. Блюменштейн А.А. Клепцов «Проектирование технологической оснастки» Санкт-Петербург, Москва, Краснодар, 2011г.

6. О.И. Тарабарин, А.П. Абызов, В.Б. Ступко; Проектирование технологической оснастки в машиностроении; С.-П.: Лань: 2013
7. Берберов С.А., Прокопец Г.А., Чукарина И.М., Берберова Н.И., Прокопец А.А. «Технологическая оснастка» Учебное пособие, Изд. центр ДГТУ 2013
8. Берберов С.А., Берберова Н.И. «Реализация теоретической схемы базирования заготовок в приспособлениях» Метод. указания для проведения практических занятий. Изд. центр ДГТУ.2017г.
9. Берберов С.А., Берберова Н.И. Методическое руководство по разработке технического задания на проектирование технологических процессов и средств технологического оснащения. Ростов н/Д, 2018г.