

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

*МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ*

К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА»  
(для студентов специальности 7.090202 «Технология машиностроения»  
всех форм обучения)

ДОНЕЦК-2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

*МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ*

К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА»  
(для студентов специальности 7.090202 «Технология машиностроения»  
всех форм обучения)

ДОНЕЦК-2013

УДК 621.75 (07)

Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Технология автоматизированного производства» (для студентов специальности 7.090202 «Технология машиностроения» всех форм обучения)

Сост. Голубов Н.В.

Рассмотрены структура курсового проекта и его объем, календарный план выполнения, даны методические указания по выполнению всех частей курсового проекта

Могут быть использованы при выполнении курсового проекта по дисциплине «Технология автоматизированного производства».

Составители: Голубов Н.В.

Ответственный за выпуск А.Н. Михайлов

© - Донецкий национальный технический университет  
2013г.

# 1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

## 1.1 Задачи и темы курсовых проектов

Курсовой проект по дисциплине «Технология автоматизированного производства» является самостоятельной работой студента и имеет целью научить на практике применять знания в решении конкретных задач по проектированию технологических процессов обработки деталей в условиях автоматизированного производства, выбору технологической оснастки, ее расчету и проектированию.

Темой курсового проекта является проектирование технологического процесса обработки детали в условиях гибкого автоматизированного производства и разработка конструкции приспособлений..

Задание на курсовой проект выдается преподавателем кафедры. Исходными данными для проектирования является чертеж детали, годовая программа выпуска.

## 1.2 Объем и содержание проекта

Пояснительная записка выполняется согласно действующего стандарта и должна содержать не более 30 страниц.

Графическая часть проекта включает:

- чертеж детали (формат А2 или А3);
- чертеж заготовки (формат А2 или А3);
- карты наладки на 3-4 технологические операции (общий объем 1 лист формата А1)
- чертеж специального станочного приспособления (1 листа формата А1);
- чертеж специального контрольного приспособления (1 листа формата А1).

Приложения к пояснительной записке:

- маршрутные карты;
- операционные карты и карты эскизов;
- спецификации на приспособления.

## 1.3 Структура пояснительной записки

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ  
БЛАНК ЗАДАНИЯ  
Ведомость объема проекта  
Реферат  
Введение  
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

- 1.1 Анализ служебного назначения изделия
- 1.2 Анализ технологичности конструкции детали
- 1.3 Определение типа или назначение типа производства
- 1.4 Анализ базового технологического процесса
- 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ
  - 2.1 Выбор метода получения заготовки
  - 2.1 Разработка маршрутного технологического процесса
  - 2.3 Определение припусков на механическую обработку
  - 2.4 Определение размеров заготовки
  - 2.5 Анализ и выбор схем базирования заготовки
  - 2.6 Обоснование и выбор технологического оборудования
  - 2.7 Обоснование и выбор технологической оснастки
  - 2.8 Размерный анализ технологического процесса
  - 2.9 Расчет режимов резания
  - 2.10 Нормирование технологического процесса
- 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ
  - 3.1 Проектирование специального приспособления
    - 3.1.1 Расчет усилия закрепления
    - 3.1.2 Расчет параметров привода
    - 3.1.3 Прочностной расчет элементов приспособления
    - 3.1.4 Описание конструкции и принципа действия приспособления
    - 3.1.5 Расчет приспособления на точность
  - 3.2 Проектирование контрольного приспособления
    - 3.2.1 Выбор схемы контроля
    - 3.2.2 Описание работы приспособления
    - 3.2.3 Расчет погрешности измерения
- Выводы
- Перечень ссылок
- ПРИЛОЖЕНИЯ

#### 1.4 Календарный план выполнения курсового проекта

Календарный план выполнения курсового проекта по дисциплине «Технология автоматизированного производства» приведен в табл.1.1

Таблица 1.1 – Календарный план выполнения курсового проекта

№ недели	Содержание этапа
1	Анализ служебного назначения изделия Анализ технологичности конструкции детали Выполнение чертежа детали
2	Определение типа производства Выбор метода получения заготовки Разработка маршрутного технологического процесса
3	Определение припусков на механическую обработку

	Определение размеров заготовки Выполнение чертежа заготовки
4	Анализ и выбор схем базирования заготовки Обоснование и выбор технологического оборудования Обоснование и выбор технологической оснастки
5	Размерный анализ технологического процесса
6	Расчет режимов резания Нормирование технологического процесса Заполнение технологической документации
7	Выполнение технологических карт наладок
8	Проектирование станочного приспособления Расчет усилия закрепления Расчет параметров привода
9,10	Выполнение сборочного чертежа станочного приспособления Описание конструкции и принципа действия приспособления Расчет приспособления на точность
11, 12	Выбор схемы контроля. Выполнение сборочного чертежа приспособления Расчет погрешности измерения
13, 14	Окончательное оформление и защита курсового проекта

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАЗДЕЛАМ ПРОЕКТА

### 2.1 Анализ служебного назначения изделия

В этом разделе необходимо провести описание конструкции детали (форма, конфигурация, габариты, классификация).

Анализ точности параметров следует произвести в соответствии с назначением детали, указав при этом точность диаметральных и линейных размеров, точность расположения поверхностей относительно базовых и их формы, требования к шероховатости. Необходимо указать дополнительные технологические особенности: изготовление-термообработка, покрытия, накатка и др.

Изучение чертежа позволяет в ряде случаев внести предложения по повышению технологичности конструкции, уточнить правильность простановки размеров.

В начале нужно ознакомиться с конструкцией детали в целом: формами отдельных поверхностей, взаимным их расположением, точностью их обработки, шероховатостью их поверхности.

Назначение детали описывается по результатам анализа сборочного чертежа, на основании информации, приведенной в чертеже, инструкции к машине и технических требованиях. При отсутствии конкретной информации на деталь её следует описать из общих соображений на основе анализа её конструкции.

## 2.2 Анализ технологичности конструкции детали

Совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве и эксплуатации для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ, представляет собой технологичность конструкции изделия (ТКИ).

Разработчик должен учитывать технологические требования в конструкторской документации на всех стадиях проектирования изделия, т.е. до начала разработки ТП. Проверка учета конструктором этих требований в полном объеме и составляет задачу технологического контроля.

При технологическом контроле стремятся к следующему:

1) уменьшить размеры обрабатываемых поверхностей, что снижает трудоемкость изготовления;

2) повысить жесткость конструкции детали с целью применения многоинструментальной обработки, многолезвийных инструментов и повышенных режимов резания;

3) обеспечить удобный подвод и отвод режущих инструментов для уменьшения вспомогательного времени;

4) унифицировать или свести к минимуму типоразмеры пазов, канавок, переходных поверхностей (например, галтелей, фасок на цилиндрических поверхностях) и отверстий для сокращения номенклатуры режущих инструментов;

5) обеспечить надежное и удобное базирование заготовки с возможностью совмещения технологических и измерительных баз.

При выполнении анализа технологичности необходимо рассмотреть следующий круг вопросов.

Из какого материала изготавливается деталь, его химический состав, каковы его физико-механические и технологические свойства.

Целесообразно ли заменить данную деталь сборочным узлом.

Выдержаны или нет требования стандартов при проектировании детали.

Какова термообработка для данной детали, как она влияет на свойства материала и возможность обработки детали резанием.

Позволяет ли конфигурация детали применение наиболее совершенных методов получения заготовок, сокращающих объем механической обработки (точное и кокильное литье, литье под давлением, горячая объемная штамповка, холодная штамповка различных видов и т.п.) без ущерба для служебного назначения детали.

Обеспечивает ли данная простановка размеров на чертеже детали возможность выполнения обработки по принципу автоматического получения размеров на настроенных станках, автоматах и полуавтоматах и совмещения конструкторских, технологических и измерительных баз.

Возможно ли применение наиболее совершенных и производительных методов механической обработки (обработка многоинструментальными наладками, фасонным и многолезвийным инструментом, накатывание резьбы и шли-

цев, применение агрегатных и специальных станков и автоматов, поточных и автоматических линий) при производстве анализируемой детали и не ограничивает ли ее конструкция применение высоких режимов резания.

Возможно ли использование стандартной технологической оснастки при изготовлении детали.

Обеспечены ли условия для врезания и выхода режущего инструмента, доступа ко всем элементам детали для обработки и измерений.

Выдерживается ли соответствие формы и размеров поверхностей стандартному инструменту.

Достаточно и обоснованы допустимые отклонения от правильных геометрических форм.

Не вызовут ли технических трудностей при изготовлении детали допустимые пространственные отклонения и могут ли эти отклонения быть выдержаны без усложнения технологического процесса.

Не возникает ли технологических трудностей при выдерживании заданных допусков на размеры и требуемой шероховатости.

Имеются ли в конструкции детали нетехнологичные элементы.

### **2.3 Определение типа производства**

Тип производства – организационно-технологическая характеристика производственного процесса, которая во многом определяет результаты проектирования процесса изготовления детали.

Строгий подход к определению типа производства предусматривает расчет коэффициента закрепления операций, однако, с точностью, достаточной для учебных целей, можно использовать табличный способ.

В этом случае тип производства определяется, исходя из годового выпуска деталей (исходные данные проекта) и массы детали. Если масса детали не указана на чертеже, ее необходимо определить, исходя из объема изделия и удельного веса материала. Для определения объема деталь следует представить как совокупность отдельных элементов с простейшей геометрической формой (цилиндр, призма, конус и т.п.).

### **2.4 Выбор метода получения заготовки**

Заготовкой, согласно ГОСТ 3.1109—82, называется предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь.

Факторы, влияющие на выбор процесса и метода изготовления заготовки.

1. Технологическая характеристика материала, его свойства, определяющие возможность применения литья, пластической деформации, сварки, порошковой металлургии.

2. Физико-механические свойства материала в процессе формоизменения. С целью их повышения в процесс вводят методы, обеспечивающие изготовление поковок с мелкозернистой и направленной волокнистой структурой; соз-

дают направленную кристаллизацию путем охлаждения форм; вакуумируют расплавы; используют комбинированные заготовки, позволяющие изготавливать нагруженные элементы конструкций из легированной стали; применяют другие методы, вызывающие структурные изменения материала заготовки.

3. Конструктивные формы, размеры детали, ее масса. В процессе обработки детали на технологичность, конструктивные формы упрощают для реализации выбранного метода изготовления исходной заготовки; проверяют соответствие напусков, уклонов, сопряжению, толщины стенок, правильность выбора разъемов штампов и форм. Основная цель при этом — возможность беспрепятственного заполнения металлом формы или штампа с последующим легким извлечением заготовки.

Размеры детали, ее масса оказывают решающее значение при выборе ряда прогрессивных методов, таких, как литье под давлением, в кокиль, по выплавляемым моделям, горячая объемная штамповка. Их применение ограничено техническими возможностями метода.

4. Объем выпуска. В единичном и мелкосерийном производствах в качестве заготовок применяют отливки: изготовленные в песчано-глинистых формах, поковки, полученные ковкой, и заготовки из горячекатаного проката. Все они имеют большие припуски и напуски. Стоимость материала заготовки составляет до 50 % себестоимости детали. В крупносерийном и массовом производствах применяют заготовки, изготовленные специальными методами, которые уменьшают припуски на механическую обработку в среднем на 25...30 %.

5. Наличие технологического оборудования, литейного, кузнечного, сварочного и других производств, возможность получения заготовок от специализированных заводов по кооперации.

Проанализировав влияние перечисленных выше факторов, студент принимает решение о том, какой метод использовать при получении заготовки и приводит в пояснительной записке и эскиз заготовки.

## **2.5 Разработка технологического процесса механической обработки**

Намечая технический маршрут обработки детали, следует придерживается следующих правил:

1. С целью экономии труда и времени технологической подготовки производства использовать типовые процессы обработки деталей и ее элементарных поверхностей.

2. Не проектировать обработку на уникальных станках.

3. Применение уникальных и дорогостоящих станков должно быть технологически и экономически оправдано.

4. Использовать по возможности только стандартный режущий и измерительный инструмент.

5. Стремиться применять наиболее совершенные формы организации производства, непрерывные и групповые схемы обработки, групповые технологические процессы и групповые наладки на отдельные станки;

6. Рационально выбирать количество поверхностей, обрабатываемых на одной установке (позиции).

При проектировании маршрутного технологического процесса рекомендуется на эскизе детали пронумеровать все поверхности (рис. 1) и разработать маршруты обработки для каждой элементарной поверхности. Результаты проектирования целесообразно представить в виде таблицы (пример табл. 1) Нормы точности обработки поверхностей приведены в [4].

Таблица 1 – Технологические переходы обработки элементарных поверхностей

№ пов	Точность поверхности (размер, допускаемые отклонения, точность формы, точность относительного положения)	Квалитет, по чертежу	Шероховатость поверхности Ra, мкм.	Технологические переходы	Точность выполнения перехода	Шероховатость обработанной поверхности, Ra, мкм.
1	Ø62H8	H8	1,6	Точение черновое Точение чистовое Шлифование	H12 H10 H8	6,3 3,2 1,6
2	Ø44H12	H12	12,5	Точение однократное	H12	6,3
4	Ø76k6	k6	1,6	Точение черновое Точение чистовое Шлифование черновое Шлифование чистовое	h12 h10 h8 k6	6,3 3,2 1,6 0,8
5	60h12	h12	12,5	Фрезерование однократное	H12	6,3
6	Ø13H12	H12	12,5	Сверлить	H12	6,3
7	M10-7H	7H	12,5	Сверление зенкование нарезание резьбы	H12 H12 7H	6,3 6,3 6,3

После определения методов обработки отдельных поверхностей составляют маршрут обработки детали.

6,3  
√  
√  
√

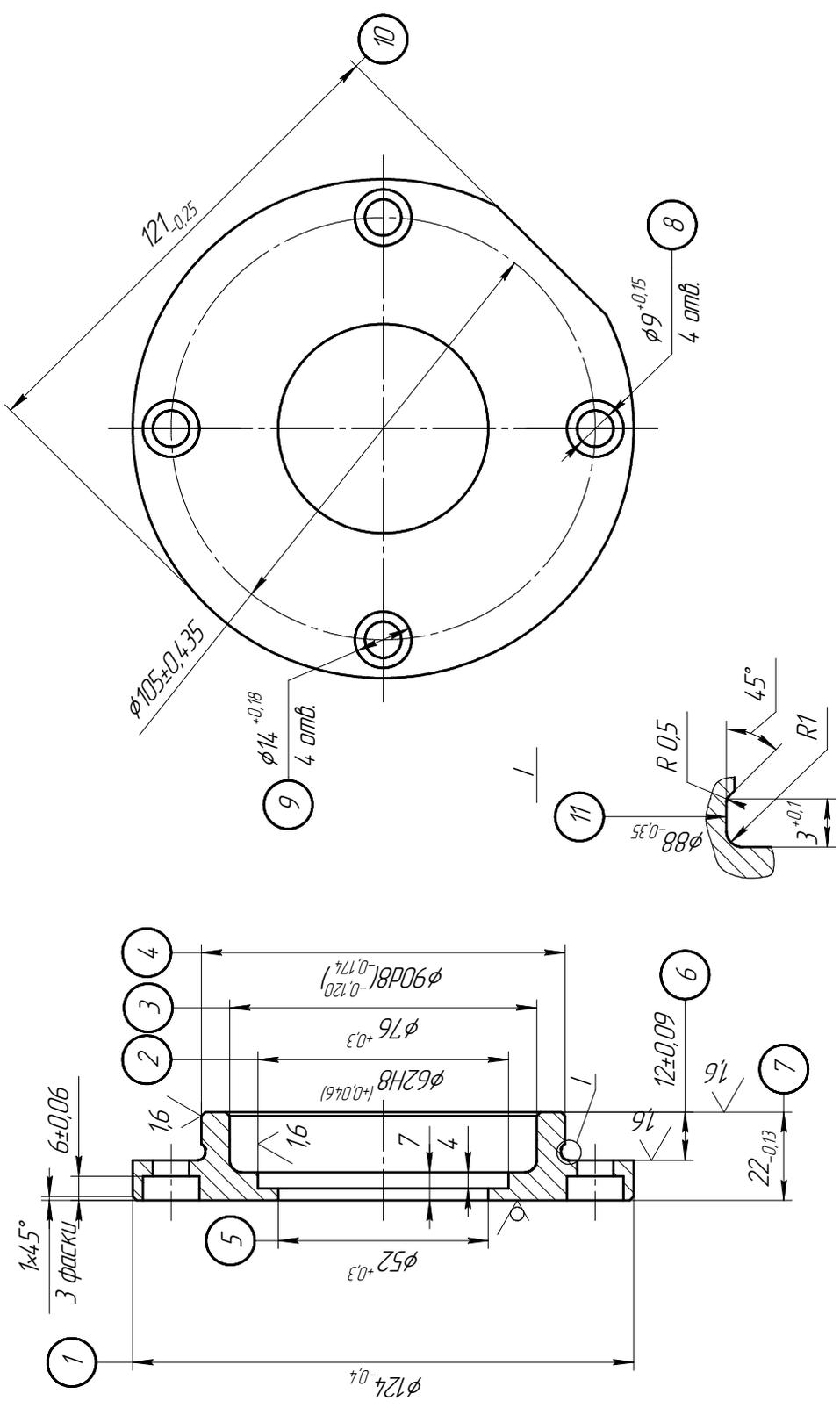


Рисунок 1 – Эскиз детали

При этом необходимо руководствоваться такими правилами [3].

1. Операции должны быть одинаковы или кратными по трудоемкости.

2. Каждая последующая операция (переход) должна уменьшать погрешности и улучшать качество поверхности.

3. В первую очередь следует обрабатывать поверхности, которые будут служить технологическими базами на последующих операциях.

4. В целях своевременного выявления брака по раковинам и другим дефектам необходимо предусматривать первоочередную обработку поверхностей, на которых не допускаются дефекты. Так как с этих поверхностей обычно снимают наибольшие слои металла, то тем самым достигается и перераспределение внутренних напряжений заготовок.

5. Обработку сложных поверхностей, нуждающихся в особой наладке станка, следует выделять в самостоятельные операции. Например, нарезание резьб резцами, обработка фасонных поверхностей по копиру и т.п.

6. Черновую и чистовую обработки заготовок со значительными припусками необходимо выделять в отдельные операции.

7. Отделочные операции производить в конце технологического процесса, так как при этом уменьшается опасность повреждения чисто обработанных поверхностей.

8. Обработку поверхностей с точным взаимным расположением следует по возможности включать в одну операцию и выполнять в одном установе.

9. Обработку ступенчатых поверхностей выполнять в такой последовательности, при которой общая длина рабочих перемещений ржущего инструмента будет наименьшей.

10. Переходы в операции располагать так, чтобы путь менее стойких инструментов был наименьшим. Например, при обработке из прутка деталей с отверстием перед отрезкой выполнять сверление; обработку ступенчатых отверстий в сплошной заготовке начинать сверлом большего диаметра, затем меньшего.

11. При определении последовательности переходов предусматривать опережающее выполнение тех, которые подготавливают возможность осуществления следующих за ними переходов. Например, обработку деталей в патроне следует начинать с подрезки торца, который будет служить измерительной базой при отсчете размеров по длине; то же следует выполнять перед сверлением или центрованием.

12. Последовательность обработки должна обеспечивать требуемое качество выполнения детали. Например, при обработке тонкостенной втулки в кулачковом патроне вначале необходимо расточить отверстие, а затем обточить наружную поверхность на оправке; фаски обрабатывать перед окончательной обработкой точных поверхностей; на участке детали, где наносятся рифления, фаски и канавки протачивать после рифления.

13. Число применяемых в операции резцов (инструментов) не должно превышать числа одновременно закрепляемых в резцедержателе (револьверной головке).

14. При определении последовательности выполнения черновых и чистовых обработок следует учитывать, что совмещение их на одних и тех же станках

приводит к снижению точности обработки вследствие повышенного изнашивания станков на черновых операциях.

15. В первую очередь следует обрабатывать поверхности, при удалении припуска с которых в наименьшей степени снижается жесткость заготовки. Например, при обработке ступенчатых валов вначале обрабатывают ступени большего диаметра, а затем меньшего.

16. Если деталь подвергают термической обработке, то механическую обработку разделяют на две части: до термической обработки и после нее.

В пояснительной записке приводится перечень операций с номерами в технологической последовательности выполнения.

Принятый маршрутный технологический процесс записывается в технологических картах.

## 2.6 Определение припусков на механическую обработку

Припуски на механическую обработку можно рассчитать аналитическим или табличным методом. При выполнении этого этапа курсового проекта для двух поверхностей припуски и операционные размеры рассчитываются аналитическим методом.

Например, при обработке поверхностей вращения минимальные припуски на механическую  $2z_{\text{mini-1}}$  обработку рассчитываются по формуле

$$2z_{\text{mini-1}} = 2 \left( Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \epsilon_{-i}^2} \right)$$

где  $Rz_{i-1}$  - высота микронеровностей поверхности на предыдущем переходе, мкм;  $h_{i-1}$  - глубина дефектного слоя на предыдущем переходе, мкм;  $\Delta_{\Sigma i-1}$  - суммарная погрешность взаимного расположения поверхностей на предыдущем переходе, мкм;  $\epsilon_y$  - погрешность установки на выполняемом переходе, мкм.

$Rz_{i-1}$  и  $h_{i-1}$  для поверхностей заготовки и после механической обработки определим по [4]. Данные заносятся в таблицу 2.

Суммарная погрешность взаимного расположения поверхностей заготовки  $\Delta_{\Sigma \text{заг}}$  определяется по формуле по [4].

$\Delta_{\Sigma}$  после механической обработки определяем с учетом коэффициента уточнения  $k_y$  по формуле  $\Delta_{\Sigma i} = \Delta_{\Sigma i-1} k_{yi}$ . После чернового точения  $k_y = 0,05$ , чистового  $k_y = 0,04$ , тонкого точения  $k_y = 0,03$  [4]. Численные значения заносятся в табл. 2.

Погрешность установки детали в приспособлении  $\epsilon_y$  определяется по [4]. Значения  $\epsilon_y$  заносим в табл. 2.

Для определения операционных размеров построим схемы расположения припусков и допусков (рис.2 и рис.3)

Операционные размеры рассчитанные при помощи схем допусков и припусков приведены в табл. 2. Округляем эти размеры в соответствии со значениями допусков.

Таблица 2 - Расчет припусков и операционных размеров

Технологический переход, операция	Квалитет	Элементы припуска, мкм					$Z_{\text{min}}$ , мкм	Допуск, мкм	Операци. размер, мм	Расчетный операционный размер, мм		Расчетный размер припуска, мм	
		Rz	h	$\Delta_{\Sigma}$	$\epsilon_{\gamma}$	$\epsilon_{\gamma}$				max	min	max	min
Пов. 145u8													
Заготовка		200	250	1486			2800	151,189	153,0	150,2			
Черновое точение	h12	50	50	74	80	3876	400	146,313	146,31	145,91	7,09	3,89	
Чистовое точение	h10	25	25	3	30	360	160	145,553	145,55	145,39	0,92	0,36	
Черновое шлифование	u8	10	20	0,09	20	140	63	145,253	145,253	145,190	0,360	0,137	
Пов. 60H7													
Заготовка		200	250	1486			2500	54,050	55,0	52,5			
Черновое точение	H12	50	50	74	500	4036	300	58,986	59,29	58,99	6,79	3,99	
Чистовое точение	H10	25	25	3	120	482	120	59,768	59,89	59,77	0,90	0,48	
Черновое шлифование	H7	10	20	0,09	5	112	30	60	60,030	60,000	0,26	0,11	

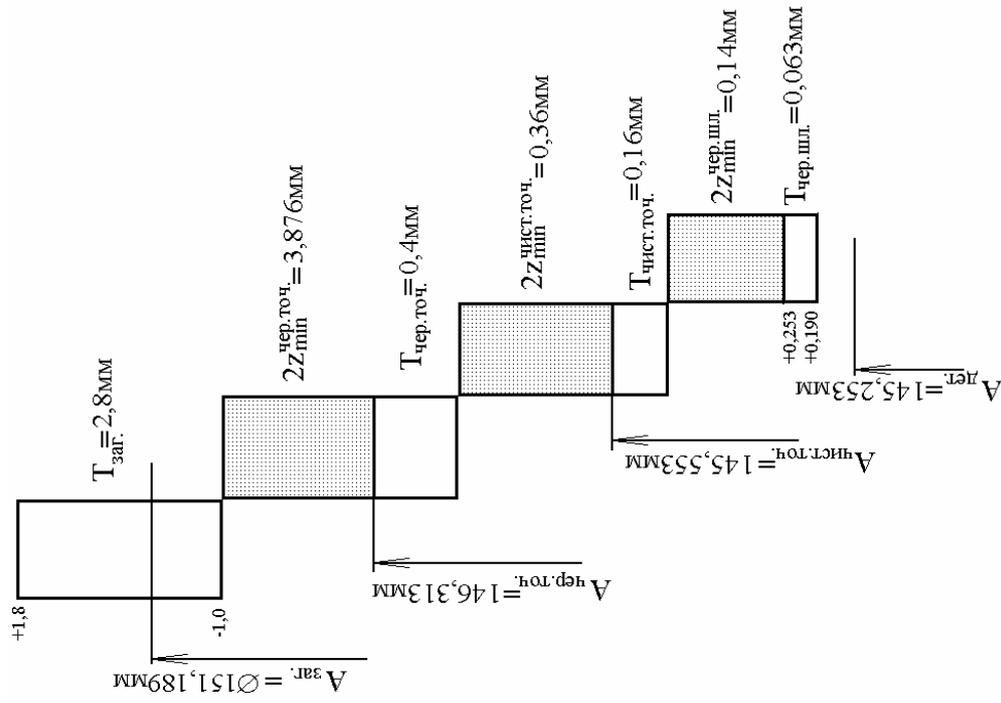


Рисунок 2 – Схема расположения допусков и припусков для определения операционных размеров наружной цилиндрической поверхности Ø 145h8

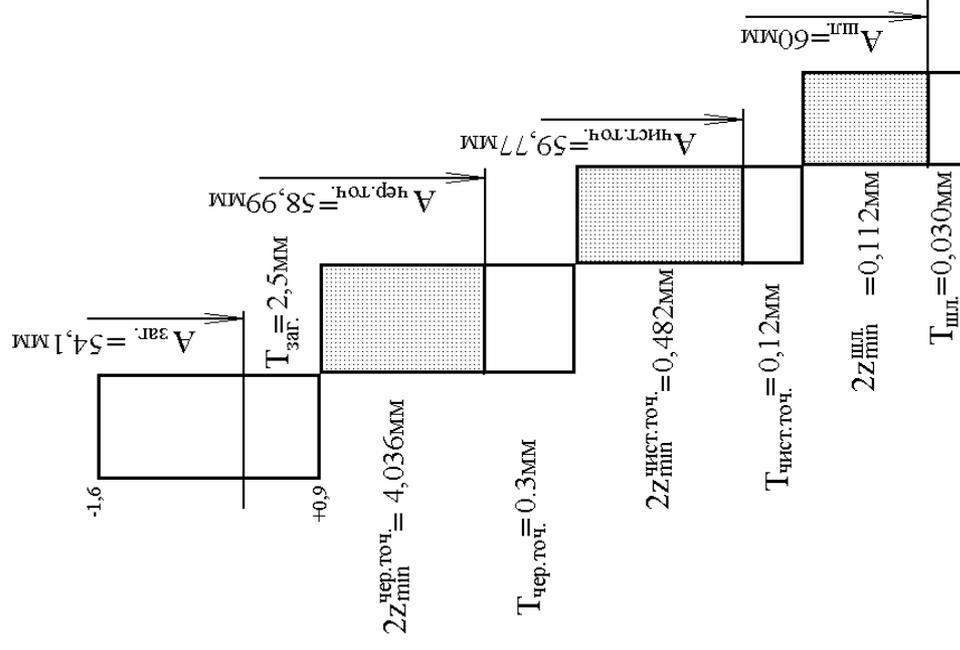


Рисунок 3 – Схема расположения допусков и припусков для определения операционных размеров наружной цилиндрической поверхности Ø 60H7

После этого определяем максимальное  $2z_{\max i}$  и минимальное  $2z_{\min i}$  округленное значение операционных припусков по формулам:

$$2z_{\min i} = A_{\min i-1} - A_{\max i}$$

$$2z_{\max i} = A_{\max i-1} - A_{\min i}$$

где  $A_{\max i}$ ,  $A_{\min i}$  - максимальное и минимальное значение операционного размера на выполняемом переходе;  $A_{\max i-1}$ ,  $A_{\min i-1}$  - максимальное и минимальное значение операционного размера на предыдущем переходе. Результаты расчета заносятся в табл.2

## 2.7 Определение размеров заготовки

Припуски на механическую обработку на две поверхности определяются аналитическим методом. Для остальных поверхностей они определяются табличным методом.

Припуски на механическую обработку и допуски на линейные размеры отливки назначаются по ГОСТ 26645-85, на штампованные заготовки – по ГОСТ 7505-89. на поковки из углеродистой и легированной сталей круглого или квадратного сечения с уступами и выемками, изготовляемых ковкой на молотах - ГОСТ 7829–70, на поковки из углеродистой и легированной сталей изготавливаемые ковкой на прессах - ГОСТ 7062–79.

Численные значения допусков и припусков заносятся в таблицу. Пример показан в табл.3.

Таблица 3 – Определение размеров заготовки.

№ пп	Размер детали, мм	Допуск, мм	Припуск, мм	Размер заготовки, мм
	Ø160h8	1,6	2x3,2	Ø166,4
	Ø50H7	1,2	2x3	Ø44
	Ø90h12	1,4	2x2,4	Ø94,8
	180 <sub>-0,25</sub> (h11)	1,8	2,8+2,8	185,6
	90 <sub>-0,39</sub> (h13)	1,4	-2,4+2,8	90,4

При выполнении этого раздела формулируются технические требования к заготовке.

В технических условиях на отливку необходимо указать следующие требования.

1. Класс точности размеров, класс точности массы, степень коробления и ряд припусков на механическую обработку. Для разных размеров одной и той же отливки допускается применение различных классов точности в зависимости от требований, предъявляемых к соответствующим поверхностям, и условий их получения.

2. Неуказанные на чертеже радиусы закруглений, формовочные уклоны и т. п.

3. Допускаемое смещение опок (чаще всего указывается на чертежах

крупных корпусных деталей).

4. Требования к материалу отливки или сведения о допускаемом его заменителе.

5. Указания по виду термической обработки, установленные пределы твердости, методы и место ее замера.

6. Сведения о виде, количестве, размерах и местах расположения допускаемых литейных дефектов (усадочная пористость, раковины, трещины и т. п.). Если разрешается устранение определенных дефектов, то указываются их виды и допускаемые способы устранения.

7. Способ очистки заготовки

Для кованных заготовок в технических условиях чертежа оговариваются следующие сведения:

1. Указания по виду термической обработки, установленные пределы твердости, методы и место ее замера;

2. Допустимые отклонения формы и размеров поковки, не, указанные на чертеже;

3. Виды, размеры и количество допускаемых дефектов;

4. Вид термообработки; твердость заготовки, способ и место ее замера;

5. Место и условия отбора технологических проб;

6. Требования к микро- и макроструктуре поковки.

В технических требованиях на штамповку обязательно указывается:

1. Вид термообработки заготовки и получаемая твердость материала.

2. Группа стали, степень сложности, класс точности, исходный индекс.

3. Неуказанные на чертеже штамповочные радиусы и уклоны.

4. Допускаемая величина смещения частей штампов и остаточного облоя.

5. Способ очистки заготовки.

В пояснительной записке приводится эскиз заготовки (рис. 4).

## **2.8 Анализ и выбор схем базирования заготовки**

Разработка схемы базирования детали является первым этапом обеспечения точности изготовления при проектировании технологического процесса обработки. В дальнейшем, разработанная схема базирования должна реализоваться в приспособлении.

Выбор технологических баз выполняют в два этапа:

- выбирают технологические базы, необходимые для получения наиболее ответственных показателей точности детали и используемые при обработке большинства поверхностей заготовки;

- выбирают технологические базы на первой (первых) операции технологического процесса.

Выбор технологических баз для обработки большинства поверхностей заготовки определяет те поверхности, с которых необходимо начинать ее обработку. Выбор технологических баз на первой (первых) операции связан с решением двух групп задач:

- установлением связей между обрабатываемыми и остающимися необработанными поверхностями;

- распределением припусков между обрабатываемыми поверхностями.

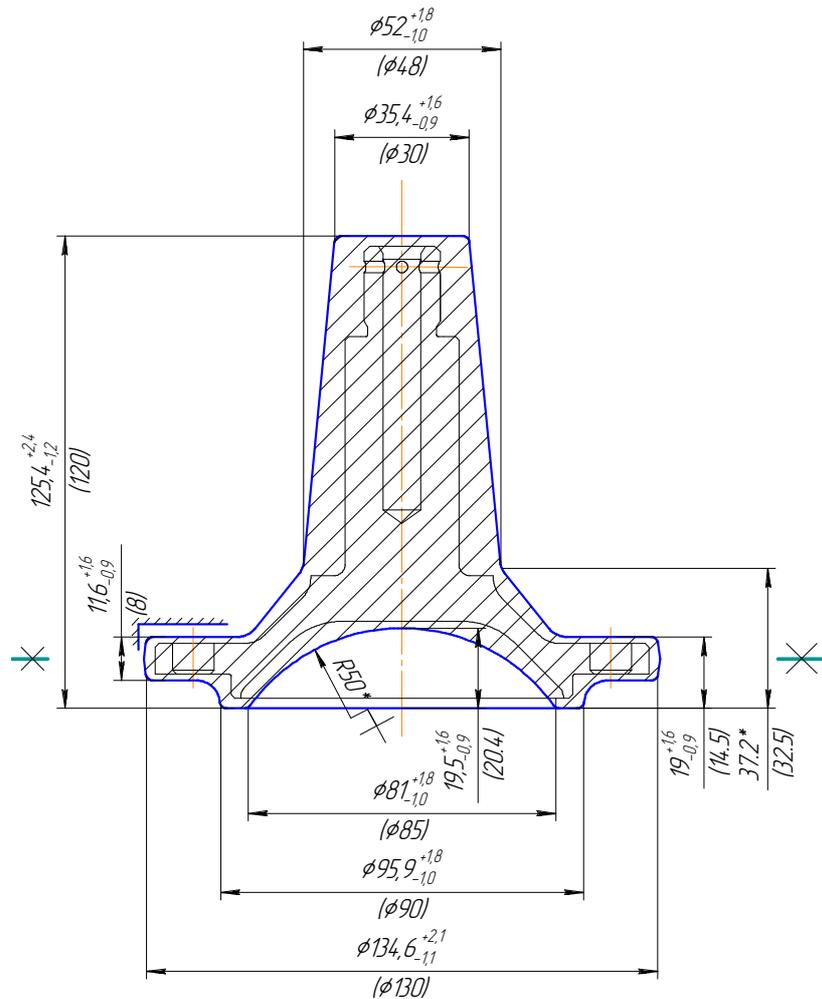


Рисунок 4 – Эскиз заготовки

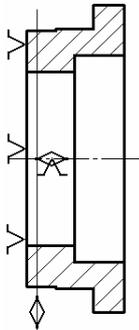
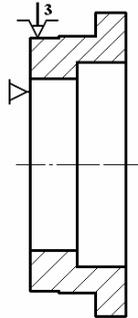
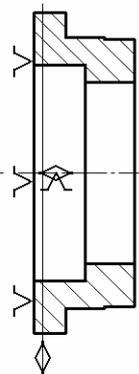
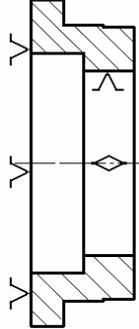
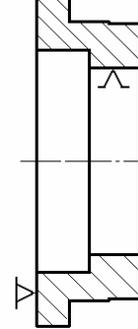
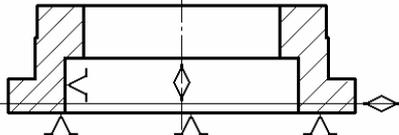
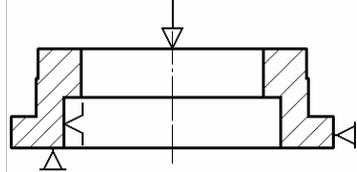
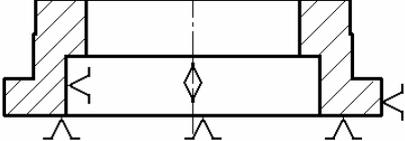
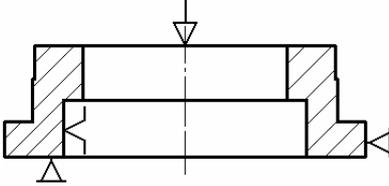
Разрабатывать схему базирования рекомендуется в следующей последовательности.

1. Уточнить к какому классу деталей относится данная деталь.
2. Выявить основную и вспомогательную конструкторскую базу.
3. Выбрать типовые схемы базирования для деталей данного класса.
4. Руководствуясь типовыми схемами базирования и правилом совмещения баз расставить опорные точки.

Обычно возможны несколько вариантов базирования. Каждый вариант обеспечивает прямое (кратчайшее), т.е. наилучшее решение лишь одной задачи из всей совокупности. Поэтому нужно выбрать тот вариант, который обеспечивает все технические требования в пределах допускаемых отклонений и менее сложен в реализации схем базирования. Критерием оценки является погрешность базирования. Эта погрешность численно равна допуску на размер связывающему технологическую и конструкторскую базу. Определить погрешность базирования можно по [8]. В пояснительной записке разрабатываются схемы базирования для всех операций механической обработки. Результаты выполнения этого этапа необходимо представить в виде таблицы (табл. 4), в которой показывается схема базирования и схема установки. На схеме установки е ус-

ловными обозначениями показываются зажимные и опорные элементы станочных приспособлений реализующие схему базирования .

Таблица 4 – Схемы базирования и установки заготовки

№ опер., наименование	Схема базирования	Схема установки.
1	2	3
10 Токарная с ЧПУ		
20 Токарная с ЧПУ		
30 Горизонтально-протяжная		
40 Горизонтально-фрезерная		
50 Радиально-сверлильная		

## **2.9 Обоснование и выбор технологического оборудования**

Одним из источников повышения эффективности в гибком автоматизированном производстве является программная переналадка на выполнение обработки заготовок различных типоразмеров из определенной номенклатуры. В связи с этим изготовление изделий в ГПС, как правило, должно осуществляться на оборудовании с числовым программным управлением (ЧПУ).

Автоматизированное оборудование выбирают в соответствии со следующими параметрами: масса заготовки (для переноса роботом-манипулятором); тип, число гнезд и положение оси вращения револьверной головки; тип, схема устройства смены заготовки; тип зажима заготовок; модель, вид, тип системы управления (например, ЧПУ); число управляемых координат, тип интерполяции, система записи команд ЧПУ, точность позиционирования (дискретность).

Но на сегодняшний день ряд операций механической обработки не могут быть выполнены на оборудовании с ЧПУ, поэтому в состав автоматизированной линии или участка включаются отдельно функционирующие единицы технологического оборудования с меньшей степенью автоматизации.

Основными факторами, определяющими выбор конкретного станочного оборудования, являются: соответствие размеров рабочей зоны станка габаритам обрабатываемой группы деталей; возможность достижения требуемой точности и шероховатости (определяется в соответствии с классом точности станка); соответствие кинематических данных (частота вращения шпинделя, скорость перемещения стола и т.д.) расчетным значениям этих режимных параметров; соответствие мощности станка требуемым расчетным величинам; обеспечение требуемой производительности оборудования.

При выборе оборудования и целях достижения прогрессивных технико-экономических показателей разработанного технологического процесса руководствуются следующими основными правилами.

В серийном производстве применяют оборудование разнообразных видов: общего назначения, специализированное, автоматизированное, агрегатированное силовыми головками и др. Станочное оборудование должно быть специализированно в такой мере, чтобы был возможен переход от производства одной серии машин к другой, несколько отличающейся от первой в конструкторском отношении, или переход от одного типа машин к другому.

При использовании станка общего назначения должны широко применяться специализированные и специальные приспособления.

В крупносерийном и массовом производстве широко применяются специальные и специализированные станки. Основным видом оборудования являются станки с автоматическим и полуавтоматическим циклом работы.

В пояснительной записке приводится анализ технологических возможностей основного оборудования и приводятся его.

## **2.10 Обоснование и выбор технологической оснастки**

Выбор станочных приспособлений осуществляется в следующей последо-

вательности:

1) проведение анализа характеристик, организационных и технологических условий изготовления (схема базирования и закрепления, вид технологической операции, организационная форма процесса изготовления и т.д.);

2) группирование технологических операций;

3) определение исходных требований к станочным приспособлениям;

4) выбор станочных приспособлений.

При выборе станочных приспособлений используют нормативно-техническую (стандарты) и техническую (альбомы типовых конструкций, каталоги, паспорта на технологическое оборудование, методические материалы) информацию.

Выбор того или иного приспособления зачастую определяется серийностью производства.

В условиях единичного и мелкосерийного производства экономически выгодны универсальные приспособления систем УБП и УСП.

В условиях серийного и крупносерийного производства – специализированные приспособления систем СНП, СРП, УНП и УСПП.

В условиях массового производства – специальные приспособления системы НСП.

Класс точности станочных приспособлений выбирается в зависимости от требуемой технологической точности заготовок по данной операции. Как правило, это согласуется с точностью используемых металлообрабатывающих станков.

Выбор стандартных станочных приспособлений предшествует проектированию специальных станочных приспособлений, которое проводят в случае, если он не дал желаемых результатов.

При выборе типа и конструкции режущего инструмента следует учитывать характер производства, метод обработки, тип металлорежущего станка, размер, конфигурацию и материал заготовки, требуемое качество обрабатываемой поверхности, точность обработки.

Выбирая режущие инструменты, ориентируются прежде всего на ГОСТы и заводские нормалы. Выбрать режущий инструмент - это значит указать наименование инструмента, восьмизначный код, марку режущего материала и стандарт инструмента. Например: резец 2142-0147 ВК8 ГОСТ 9795-84; сверло 2301-3395 ГОСТ 12121-77.

При выборе предпочтение необходимо отдавать инструменту с непереитачиваемыми многогранными пластинами.

В необходимых случаях предусматривают специальный инструмент. С целью полного использования режущих свойств инструментов, марки инструментальных материалов подбирают в соответствии со свойствами обрабатываемого материала и условиями операции.

Вспомогательный инструмент выбирают по уже выбранному режущему инструменту для данной операции технологического процесса. Вспомогательный инструмент должен иметь, с одной стороны, установочные поверхности и элементы крепления, соответствующие режущему инструменту, а с другой - по-

верхности установки и элементы крепления, соответствующие посадочным местам станка. В связи с этим при его выборе необходимо:

четко определить конструкцию режущего инструмента, форму и конструктивные особенности его установочных поверхностей и элементов крепления;

установить вид и характер посадочного места данного станка, форму установочных поверхностей, особенности элементов и требуемый характер крепления;

сравнить соответствующие данные установочных поверхностей и элементов крепления режущего инструмента и посадочного места станка;

проверить соответствие выбранного вспомогательного инструмента характеру выполняемого перехода операции технологического процесса.

Выбирая измерительные инструменты, надо учитывать в первую очередь соответствие точности инструмента заданному допуску на изготовление и затраты времени, требуемые для измерения.

При небольшом объеме выпуска главным средством измерения служат универсальные инструменты: штангенциркули, микрометры, универсальные индикаторные приборы (скобы, нутромеры, глубиномеры и т.п.).

При повышении объема выпуска все в большей мере начинает оправдываться использование специальных средств: предельных калибров, специальных индикаторных приборов и контрольно-измерительных приспособлений.

Данные о выбранной технологической оснастке заносятся в таблицу (табл 5).

Таблица 5 – Технологическая оснастка

№пп	Операция	Приспособления для крепления заготовки и инструмента	Режущий инструмент	Средства измерения
1	2	3	4	5
10	Фрезерно-центровальная	Приспособление при станке	Фреза 2214-0005 Т5К10 ГОСТ 24359-80 Фреза 2214-0006 Т5К10 ГОСТ 24359-80 Сверло 2317-0112 ГОСТ 14952-75	Штангенциркуль ШЦЦ-II-500-0,01 ГОСТ 166-89
20, 30	Токарная с ЧПУ	Центр А-1-4-Н ГОСТ 8742-75 Патрон 7108-0026 ГОСТ 2571-71 Хомутик 7107-0048 ГОСТ 2578-70 Центр специальный плавающий	Резец 2101-0601 Т5К10 ГОСТ 20872-80 Резец 2120-0541 N Т5К10 ГОСТ 28978-91 Резец 2101-0601 Т15К6 ГОСТ 20872-80	Штангенциркуль ШЦ-I-300-0,05 ГОСТ 166-89

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5
40	Круглошлифовальная	Центр 7032-0029 ГОСТ 13214-79 Хомутик 7107-0074 ГОСТ 16488-70 Патрон 7108-0025 ГОСТ 2571-71	Круг 1 500х63х305 25А 20П СМ1 К5 35м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83	Калибр-скоба 8113-0414 ГОСТ 18365-73 Калибр-скоба 8113-0416 ГОСТ 18365-73
50	Вертикально-фрезерная	Приспособление специальное Оправка 6220-0006 ГОСТ 13787-68	Фреза 2214-0001 Т5К10 ГОСТ 24359-80	Штангенциркуль ШЦ-Ш-200-0,05 ГОСТ 166-89
60	Радиально-сверлильная	Приспособление специальное Втулка 6100-0231 ГОСТ 13599-78 Втулка 6100-0144 ГОСТ 13598-85	Сверло 2301-1426 ГОСТ 22736-77 Сверло 2301-4346 ГОСТ 22736-77 Зенкер 2320-0528 ГОСТ 21583-76 Зенковка 2353-0124 ГОСТ 14953-80	Калибр-пробка 8133-0267 ГОСТ 16780-71

## 2.11 Размерный анализ технологического процесса

Главная задача размерного анализа технологического процесса – правильное и обоснованное определение промежуточных и окончательных размеров и допусков на них для обрабатываемой детали. Особенно в этом нуждаются линейные размеры, связывающие неоднократно обрабатываемые противоположные поверхности. Определение припусков на такие поверхности расчетно-аналитическим или табличным методами затрудняет определение промежуточных технологических размеров и их отклонений. В то же время работа на настроенных станках требует тщательной проработки всех промежуточных размеров с тем, чтобы на заключительных операциях (переходах) автоматически обеспечивались окончательные размеры. Правильное решение этой задачи обеспечивает теория размерных цепей. Последовательный размерный анализ технологического процесса состоит из ряда этапов: разработки размерной схемы технологического процесса; выявления технологических размерных цепей; расчета технологических размерных цепей. Рассмотрим эти этапы подробнее.

Размерную схему технологического процесса составляют и оформляют следующим образом. Вычерчивают эскиз детали в одной или двух проекциях (в зависимости от ее конфигурации). Для тел вращения достаточна одна проекция. Для корпусных деталей могут потребоваться две или даже три проекции в зависимости от расположения размеров длин. Над деталью указывают размеры длин с допусками, заданные конструктором. Для удобства составления размерных цепей конструкторские размеры обозначаются буквой  $A_i$ , где  $i$  – порядковый номер конструкторского размера. На эскиз детали условно наносят припуски  $Z_m$ , где  $m$  – номер промежуточной или окончательной поверхности, к которой относится припуск. Все поверхности детали нумеруются по порядку сле-

ва направо. Через нумерованные поверхности проводят вертикальные линии. Между вертикальными линиями, снизу вверх, указывают технологические размеры, получаемые при выполнении каждого технологического перехода. Технологические размеры обозначают буквой  $S_k$ , где  $k$  – порядковый номер перехода. Размеры заготовки обозначают буквой  $Z_r$ , где  $r$  – порядковый номер поверхности заготовки. Пример построения размерной схемы показан на рис. 5.

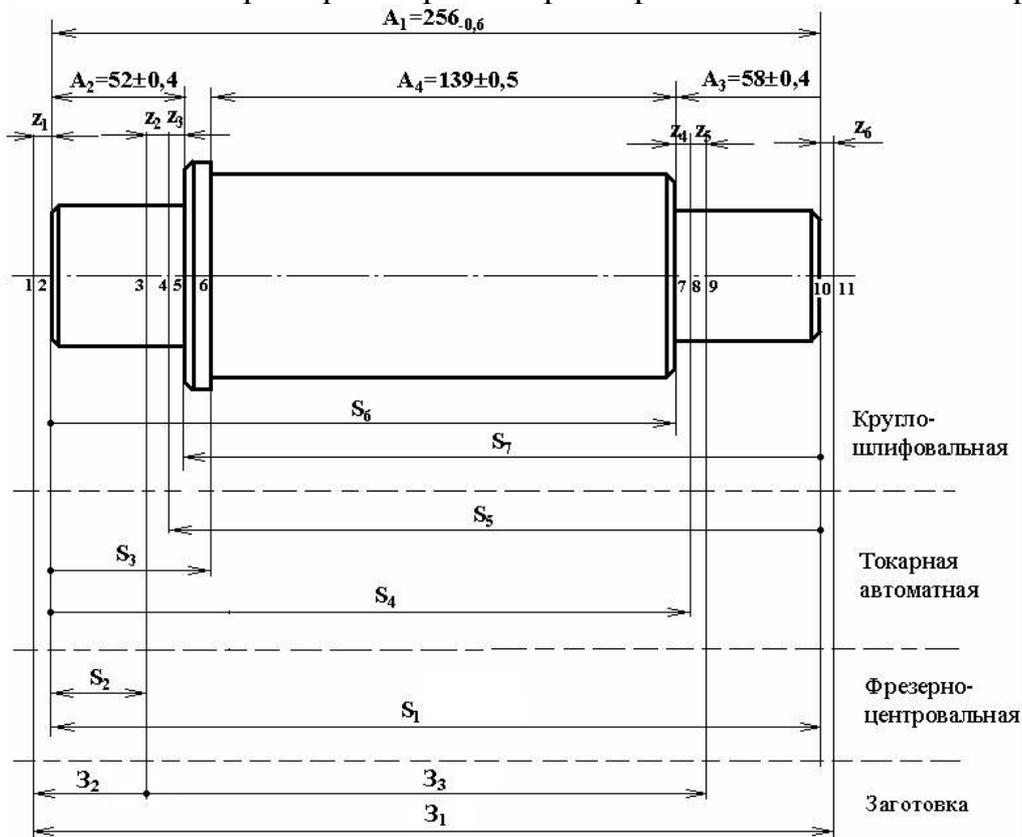


Рисунок 5 – Размерная схема технологического процесса

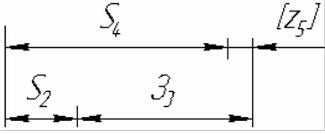
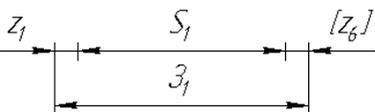
Технологические размеры проставляются в порядке обратном выполнению технологического процесса. На размерной схеме выделяются пунктирной линией размеры, получаемые на разных операциях.

После этого выделяют размерные цепи и составляют исходные уравнения для расчета технологических размеров. Если технологический размер совпадает с конструкторским, то получают двухзвенную размерную цепь. Расчет технологических размеров начинают с решения уравнений этих размерных цепей. затем решаются уравнения трех-, четырех-, – пятизвенных размерных цепей. Замыкающими звеньями уравнений технологических размерных цепей являются или конструкторский размер или размер припуска. Замыкающие звенья на всех схемах размерных цепей заключают в квадратные скобки. Размерные цепи и исходные уравнения размерных цепей, порядок их решения, для размерной схемы технологического процесса обработки вала, приведены в табл. 6.

Таблица 6 - Расчет технологических размеров.

№пп	Размерная цепь	Расчет технологического размера.
1	2	3
1		$S_1 = A_1$
2		$[A_2] = S_1 - S_7$ $A_{2max} = S_{1max} - S_{7min}$ , $S_{7min} = S_{1max} - A_{2max}$ $A_{2min} = S_{1min} - S_{7max}$ , $S_{7max} = S_{1min} - A_{2min}$ $S_7 = S_1 - A_2$
3		$[A_3] = S_1 - S_6$ $A_{3max} = S_{1max} - S_{6min}$ , $S_{6min} = S_{1max} - A_{3max}$ $A_{3min} = S_{1min} - S_{6max}$ , $S_{6max} = S_{1min} - A_{3min}$ $S_6 = S_1 - A_3$
4		$[A_4] = S_6 - S_3$ $A_{4max} = S_{6max} - S_{3min}$ , $S_{3min} = S_{6max} - A_{4max}$ $A_{4min} = S_{6min} - S_{3max}$ , $S_{3max} = S_{6min} - A_{4min}$ $S_3 = S_6 - A_4$
5.		$Z_{3min} = S_{5min} - S_{7max}$ , $S_{5min} = Z_{3min} + S_{7max}$ Однократное точение торца обеспечивает точность по 12 качеству. Назначаем допуск на размер $S_5$ $T_{S5}$ Тогда $S_{5max} = S_{5H} = S_{5min} + T_{S5}$ $S_{5H} = S_{5max}$ $Z_{3max} = S_{5max} - S_{7min}$ $Z_{3H} = S_{5H} - S_{7H}$
6.		$Z_{4min} = S_{4min} - S_{6max}$ , $S_{4min} = Z_{4min} + S_{6max}$ Однократное точение торца обеспечивает точность по 12 качеству. Назначаем допуск на размер $S_4$ $T_{S4}$ . Тогда $S_{4max} = S_{4H} = S_{4min} + T_{S4}$ . $S_{4H} = S_{4max}$ $Z_{3max} = S_{4max} - S_{6min}$ $Z_{4H} = S_{4H} - S_{6H}$ .
7.		$Z_{2min} = S_{1min} - (S_{2max} + S_{5max})$ , $S_{2max} = S_{1min} - (Z_{2min} + S_{5max})$ . Однократное фрезерование торца обеспечивает точность по 12 качеству. Назначаем допуск на размер $S_2$ $T_{S2}$ . Тогда $S_{2min} = S_{2max} - T_{S2}$ . $S_{2H} = S_{2max}$ $Z_{2max} = S_{1max} - (S_{2min} + S_{5min})$ $Z_{2H} = S_{1H} - (S_{2H} + S_{5H})$ .
8.		$Z_{1min} = B_{2min} - S_{2max}$ , $B_{2min} = Z_{1min} + S_{2max}$ . Допуск на размер заготовки $B_2$ $T_{B2} (+BO / -HO)$ Тогда $B_{2max} = B_{2min} + T_{B2}$ . $B_{2H} = B_{2min} + HO$ . $Z_{1max} = B_{2max} - S_{2min}$ . $Z_{1H} = B_{2H} - S_{2H}$ .

Продолжение табл. 5

1	2	3
9.		$z_{5\min} = B_{3\min} + S_{2\min} - S_{4\max}, B_{3\min} = z_{5\min} + S_{4\max} - S_{2\min}.$ <p>Допуск на размер заготовки <math>B_3</math> <math>T_{B3}=3,2</math> мм <math>\begin{pmatrix} +BO \\ -HO \end{pmatrix}</math></p> <p>Тогда <math>B_{3\max} = B_{3\min} + T_{B3}</math>.</p> <p><math>B_{3H} = B_{3\min} + HO</math>.</p> $z_{5\max} = B_{3\max} + S_{2\max} - S_{4\min}.$ $z_{5H} = B_{3H} + S_{2H} - S_{4H}.$
10		$z_{6\min} = B_{1\min} - S_{1\max} - z_{1\max}, B_{1\min} = S_{1\max} + z_{1\max} + z_{6\min}.$ <p>Допуск на размер заготовки <math>B_1</math> <math>T_{B1}=4,0</math> мм <math>\begin{pmatrix} +BO \\ -HO \end{pmatrix}</math></p> <p>Тогда <math>B_{1\max} = B_{1\min} + T_{B1}</math>.</p> <p><math>B_{1H} = B_{1\min} + HO</math>.</p> $z_{6\max} = B_{1\max} - S_{1\min} - z_{1\min}.$ $z_{6H} = B_{1H} - S_{1H} - z_{1H}.$
Примечания: T – допуск на размер; BO – верхнее отклонение размера заготовки; HO – нижнее отклонение размера заготовки.		

При решении уравнений размерных цепей используют метод максимума и минимума. При решении уравнений размерных цепей необходимо обратить внимание на то, что допуск замыкающего звена равен сумме полей допусков остальных размеров входящих в размерную цепь.

При выявлении технологических размерных цепей может использоваться теория графов.

## 2.12 Проектирование операционного технологического процесса

Формулировка содержания и правила записи переходов обработки резанием установлены ГОСТ 3.1702-79.

При выборе типа и конструкции режущего инструмента следует учитывать характер производства, метод обработки, тип металлорежущего станка, размер, конфигурацию и материал заготовки, требуемое качество обрабатываемой поверхности, точность обработки.

Выбор режущий инструмент - это значит указать наименование инструмента, восьмизначный код, марку режущего материала и стандарт инструмента. Например: резец 2142-0147 BK8 ГОСТ 9795-84; сверло 2301-3395 ГОСТ 12121-77.

При назначении режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования. Режимы резания обычно устанавливают в следующем порядке: глубина резания  $t$ , подача  $S$ , скорость резания  $V$ , частота вращения шпинделя  $n$ .

Глубину резания выбирают исходя из того, что выгоднее работать с возможно меньшим числом проходов. Поэтому, если позволяет мощность станка и жесткость системы СПИД, припуск на черновую обработку следует снимать за один рабочий ход. При достижении высокой точности обработки поверхности

глубину резания рекомендуют назначать: на черновую обработку 60% припуска, на получистовую – 25%, на чистовую – 15%.

Подачу  $S$  и скорость резания  $V$  выбирают по нормативам [8]. Частоту вращения шпинделя определяют по формуле

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \text{ м/мин},$$

где  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности при точении и сверлении или диаметр заготовки при растачивании и подрезке торца, мм.

Выборный режим резания корректируется по паспортным данным станка.

Рассчитываются силы резания, эффективная мощность резания, которая сравнивается с паспортной мощностью электродвигателя станка.

Если в операции несколько переходов, в пояснительной записке приводят расчет режимов резания на лимитирующем переходе (том на котором формируются наибольшие силы резания). Режимы резания на остальные переходы приводятся в виде таблицы.

Технической нормой времени называется регламентированное и научно обоснованное время выполнения технологической операции в определенных организационно-технических условиях, наиболее благоприятных для данного производства.

Для определения нормы времени необходимо знать условия выполнения операции и все рабочие приемы и элементы, которые выполняет станочник и оборудование.

При обработке партии деталей станочник выполняет следующие рабочие приемы и элементы:

- получение задания в начале смены и изучение его;
- получение заготовок, приспособлений, режущего и мерительного инструмента;
- установка и настройка приспособления;
- установка и настройка режущих инструментов;
- установка и закрепление детали;
- подвод инструмента в исходное положение и установка и его на размер, установка режима обработки;
- включение станка, включение подачи;
- обработка поверхности снятием или без снятия слоя материала;
- выключение подачи, отвод инструмента от обрабатываемой заготовки и возвращение его в исходное положение, выключение станка;
- измерение обрабатываемой поверхности;
- раскрепление и снятие обработанной детали;
- изменение режимов резания, если это необходимо для выполнения следующего перехода;
- уборка стружки, смазка частей станка, если это необходимо;
- поднастройка системы СПИД при необходимости;

- снятие затупившегося инструмента и установка нового;
- сдача инструмента, приспособлений, готовых деталей в конце смены;
- уборка рабочего места в конце смены.

Техническая норма времени определяется штучным  $T_{шт}$  и штучно-калькуляционным  $T_{шт.к}$ :

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{обс} + T_{отд}, \text{ мин,}$$

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з}}{n}, \text{ мин,}$$

где  $T_o$  – основное (машинное) время;  $T_{всп}$  – вспомогательное время;  $T_{обс}$  – время на организационное и техническое обслуживание рабочего места;  $T_{отд}$  – время перерывов на отдых и естественные надобности;  $T_{н.з}$  – подготовительно-заключительное время;  $n$  – количество деталей в партии запуска.

Основное время определяется по формуле (при точении, сверлении, фрезеровании)

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot S} \cdot i, \text{ мин,}$$

где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности;  $l_1$  – величина врезания инструмента;  $l_2$  – величина перебега инструмента;  $i$  – число проходов.  $l_1$  и  $l_2$  определяется по нормативам [7]. По нормативам [9] определяются  $T_{всп}$ ,  $T_{обс}$ ,  $T_{отд}$ ,  $T_{н.з}$ .

Для подсчета вспомогательного времени на операцию рекомендуется пользоваться табл. 7.

Таблица 7 – Вспомогательное время на операцию

Элементы вспомогательного времени	Переходы				
	А	1	2	3	$n$
1. Время на установку и снятие заготовки					
2. Время, связанное с переходом					
3. Время, связанное с переходом, не вошедшее в комплекс					
- повернуть резцовую головку					
- изменить $S$					
- изменить $n$					
4. Время на измерение					
Итого по переходам					

Полученные данные заносятся в операционную карту (ОК) ГОСТ 3.1404-86.

После этого выполняется карта эскизов (КЭ) ГОСТ 3.1105-84. Эскизы следует выполнять с соблюдением масштаба или без соблюдения масштаба, но с примерным соблюдением пропорций, с указанием для изделий, сборочных единиц и деталей элементов обрабатываемых поверхностей и т. п.

Графические изображения следует выполнять с применением чертежного инструмента. Допускается выполнять изображения от руки.

Изображать изделия на эскизах необходимо в рабочем положении изделия на операции.

Изображения изделия на эскизе должны содержать размеры, предельные отклонения, обозначение шероховатости, баз, опор, зажимов и установочно-зажимных устройств, необходимых для выполнения операций, для которых разработан эскиз.

Размеры и предельные отклонения обработанных поверхностей следует наносить на изображения по ГОСТ 2.307—68 и ГОСТ 2.308—79.

Обозначения шероховатости обработанных поверхностей изделия следует наносить на изображения по ГОСТ 2.309—73.

Обозначения опор, зажимов, установочно-зажимных устройств, средств технологического оснащения и т. п. следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1107-81 и отраслевых стандартов.

На эскизах к операциям все размеры или конструктивные элементы обрабатываемых поверхностей условно нумеруют арабскими цифрами. Номер размера конструктивного элемента обрабатываемой поверхности проставляют в окружности диаметром 6-8 мм и соединяют с размерной или выносной линией. При этом размеры, предельные отклонения обрабатываемой поверхности в тексте содержания операции или перехода не указывают.

Обрабатываемые поверхности изделия на эскизе следует обводить линией толщиной  $2s$  по ГОСТ 2.303-68. При разработке одного эскиза на технологический процесс или на несколько операций допускается обрабатываемые поверхности изделия не обводить линией толщиной  $2s$ .

Технологические карты наладок могут выполняться на операцию, установ или переход.

Чертежи технологических наладок выполняют на листах формата А3 в произвольном масштабе. При необходимости чертежи выполняют на листах формата А2 или А1.

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) детали на наладке зависит от конфигурации обрабатываемых поверхностей, способа обозначения промежуточных или окончательных размеров. При наличии в операции нескольких установов или последовательных положений, которые занимает деталь при обработке, на карте наладки показываются все в технологической последовательности обработки.

Заготовку детали показывают в рабочем положении при обработке ее на станке с указанием принципиальной конструкции установочных и зажимных деталей приспособления. При наличии в операции нескольких установов или последовательных положений, которые занимает деталь при обработке, на карте наладки элементы станочного приспособления показывается на первом установе, а на остальных допускается их не показывать.

Обрабатываемые поверхности выделяются утолщенной линией 2...3 мм нумеруются арабскими цифрами. Номер поверхности проставляется на продолжении размерной линии внутри окружности диаметром 6...8 мм.

На чертеже необходимо проставлять наладочные размеры, технологические размеры с отклонениями, получаемые на этой операции (установе) и пара-

метры шероховатости обработанных поверхностей.

Для возможности расчета настроечного размера положение режущего инструмента на карте наладки должно соответствовать концу рабочего хода при обработке данной поверхности. Если на данной установке применяется несколько инструментов, то в конечном положении показывается инструмент, применяемый последним, а все остальные – рядом с ним, вне контакта с деталью в последовательности, обратной обработке. Режущий инструмент нумеруют. На выносной полке приводится характеристика режущего инструмента с указанием обозначения инструмента по стандарту и материала режущей части инструмента.

Не допускается замена изображения технологической оснастки условными знаками.

На технологических картах наладок направление всех формообразующих движений режущего инструмента и заготовки показывают при помощи циклограммы движений или стрелками.

Сведения о режимах резания и нормировании приводятся в виде таблицы, расположенной в нижней левой части карты на свободном поле чертежа, которая должна содержать следующие сведения: номер перехода, номер обрабатываемой поверхности, номер инструмента, режимы обработки, количество рабочих ходов, основное время.

При выполнении карт наладок для станков с ЧПУ показывается траектория движения инструмента, проставляются номера опорных точек, обозначается точка смены инструмента и точка отсчета координат станка.

## **2.13 Формулирование служебного назначения станочного приспособления. Разработка его принципиальной схемы**

Формулировка служебного назначения приспособления должна включать следующие данные: для какой операции проектируется приспособление; число объектов, устанавливаемых в приспособление; габаритные размеры объекта; достигаемая точность обрабатываемой поверхности; комплект баз, по которым базируется объект; технологические размеры, выполняемые при обработке; условия, в которых приспособление эксплуатируется, и, в первую очередь особые условия: наличие высоких или низких температур, агрессивной среды и т.п.

Пример формулировки служебного назначения. Специальное приспособление используется при выполнении горизонтально-расточной операции; для установки двух заготовок корпуса редуктора с габаритными размерами 420x380x270 мм, при растачивании отверстия  $\varnothing 150H7$ , заготовка базируется на плоскость и два цилиндрических отверстия  $\varnothing 16$  мм, При обработке выдерживаются разметы  $140_{-0,120}$  и  $160^{+0,1}$ .

Принципиальная схема приспособления включает схему расположения установочных элементов, схему сил зажима объекта, кинематику передачи усилия от привода к зажимным элементам.

Схема расположения установочных элементов определяется схемой бази-

рования объекта и типом установочных элементов. В соответствии со схемой базирования объекта и картой эскизов определяется число и тип установочных элементов, которые должны схему базирования реализовать.

При разработке принципиальной схемы определяют наилучшее расположение установочных элементов. Выбирают такую схему их расположения, при которой были бы обеспечены наивысшая точность установки и наибольшая устойчивость базированного объекта.

На рис. 6 показаны принципиальные схемы различных приспособлений.

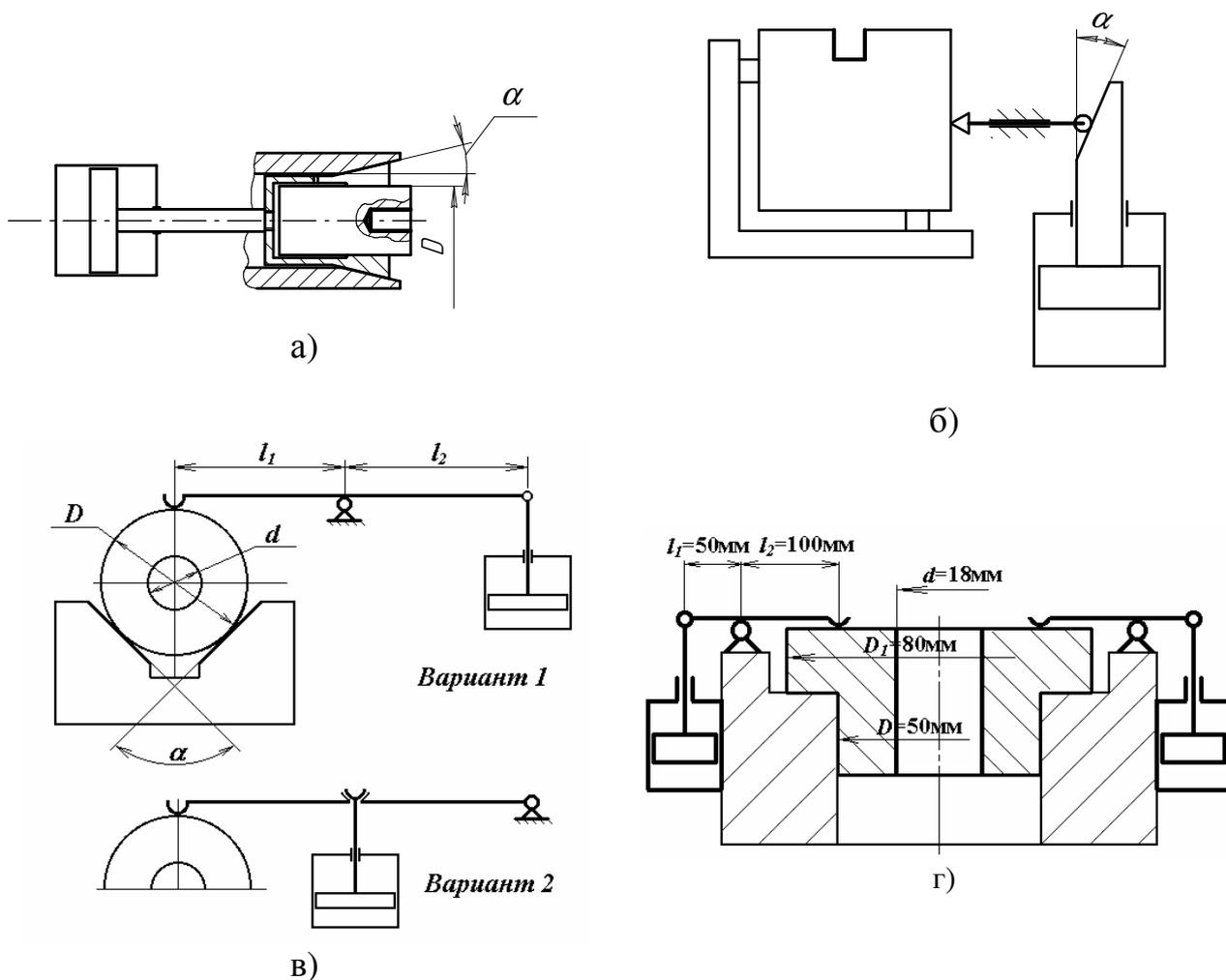


Рисунок 6 - Принципиальные схемы приспособлений (а – с цанговым зажимным механизмом; б) с клиноплунжерным зажимным механизмом; в,г- с рычажными зажимными механизмами)

## 2.14 Расчет усилия закрепления

Основными расчетами, выполняемыми при проектировании приспособления являются: расчет сил зажима, определение параметров силового привода, расчеты точности, прочности и экономической эффективности приспособления.

Силы  $Q$ , необходимые для закрепления заготовки, должны предотвратить возможный отрыв заготовки от установочных элементов приспособления, сдвиг

или поворот ее под действием сил резания и обеспечить надежное закрепление в процессе обработки.

Исходными данными для расчета сил зажима и параметров силового привода являются:

-силы и моменты, действующие на объект во время технологического процесса;

-схемы расположения установочных и зажимных элементов;

-точка приложения и направление усилий закрепления.

Для выполнения расчетов усилия закрепления составляется расчетная схема. На ней показывается:

– контур детали;

– расположение опор;

– точка приложения и направление действия усилий резания (при этом выбирается наиболее неблагоприятный вариант);

– точка приложения и направление действия усилий закрепления;

– направление реакций в опорах;

– направление сил трения в точках приложения усилий закрепления и в опорах;

– геометрические параметры необходимые для расчета.

Примеры расчетных схем приведены на рис 7.

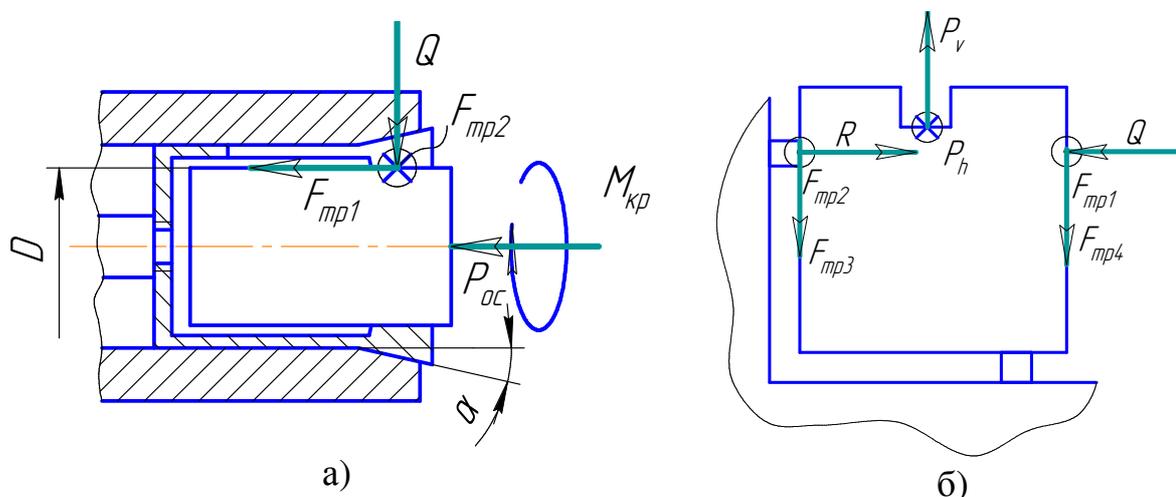


Рисунок 7 - Расчетные схемы для определения усилий закрепления (а – при сверлении отверстия в заготовке, установленной в цанговом патроне; б - при фрезеровании паза)

После составления расчетной схемы выполняется описание действия сил на заготовку.

Для схемы приведенной на рис. 2.2а описание, может быть следующим. При сверлении со стороны инструмента на заготовку действует осевая сила  $P_o$  и крутящий момент  $M_{кр}$ . Осевая сила стремится сдвинуть заготовку в направлении подачи, этому противодействует сила трения  $F_{mp1}$ , которая возникает в точке приложения усилия закрепления  $Q$ . Крутящий момент  $M_{кр}$  стремится повернуть заготовку относительно оси детали, этому противодействует момент силы трения  $F_{mp2}$ , которая возникает в точке приложения усилия закрепления  $Q$  и

имеет плечо  $D/2$ .

Для схемы приведенной на рис. 2.2б, описание такое. Схема фрезерования - встречная. На заготовку воздействуют вертикальная  $P_v$  и горизонтальная  $P_h$  составляющие силы резания. Сила  $P_v$  стремится оторвать заготовку от опор, чему противодействует сила трения  $F_{mp3}$ , возникающая в месте контакта заготовки с опорами, и сила трения  $F_{mp4}$ , возникающая в месте приложения усилия закрепления. Сила  $P_h$  стремится сдвинуть заготовку в направлении, противоположном направлению подачи детали. Этому противодействует сила трения  $F_{mp2}$ , возникающая в месте контакта заготовки с опорами, и сила трения  $F_{mp1}$ , возникающая в месте приложения усилия закрепления.

Расчет усилия закрепления выполняется на основе составления уравнений равновесия заготовки. Число уравнений зависит от числа составляющих силы резания. Для каждой составляющей силы резания рассчитывается своя составляющая усилия закрепления.

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

Значение коэффициента надежности  $K$  следует выбирать дифференцированно в зависимости от конкретных условий выполнения операции и способа закрепления заготовки. Его величину можно представить как произведение частных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора:

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

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

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

$K_2$  – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания вследствие затупления инструмента;

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

$K_4$  – учитывает непостоянство зажимного усилия,  $K_4 = 1,3$  – для ручных зажимов,  $K_4 = 1,2$  – для мембранных пневмокамер,  $K_4 = 1,0$  – для пневматических и гидравлических зажимов;

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

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

ность контакта с заготовкой,  $K_6 = 1,5$  – для опорного элемента с большой площадью контакта.

Величина  $K$  может колебаться в пределах  $1,5 \dots 8,0$ . Если  $K < 2,5$ , то при расчете надежности закрепления ее следует принять равной  $K = 2,5$  (согласно ГОСТ 12.2.029-77).

Для схемы, приведенной на рис. 2.2а, уравнения равновесия заготовки под действием усилий резания будут иметь вид:

$$\begin{aligned} K M_{кр} &= F_{mp2} D/2 ; \\ K P_o &= F_{mp2} . \end{aligned}$$

Выразим силы трения через соответствующие составляющие усилия закрепления:

$$\begin{aligned} F_{mp2} &= f Q_{Mкр} ; \\ F_{mp2} &= f Q_{P_o} , \end{aligned}$$

где  $f$  – коэффициент трения;  $Q_{Mкр}$ ,  $Q_{P_o}$  – составляющие усилия закрепления.

Уравнения примут вид:

$$\begin{aligned} K M_{кр} &= f Q_{Mкр} D/2 ; \\ K P_o &= f Q_{P_o} . \end{aligned}$$

Преобразовав уравнения, получим зависимости для расчета составляющих усилия закрепления:

$$\begin{aligned} Q_{Mкр} &= 2 K M_{кр} / (f D) ; \\ Q_{P_o} &= K P_o / f . \end{aligned}$$

Суммарное усилие закрепления будет:

$$Q = \sqrt{Q_{M_{th}}^2 + Q_{P_o}^2} .$$

Для схемы, приведенной на рис. 2.2б уравнения равновесия заготовки под действием усилий резания будут иметь вид:

$$\begin{aligned} K P_v &= F_{mp2} + F_{mp2} ; \\ K P_h &= F_{mp3} + F_{mp4} . \end{aligned}$$

Выразим силы трения через соответствующие нормальные усилия:

$$\begin{aligned} F_{mp2} &= F_{mp3} = R f ; \\ F_{mp1} &= F_{mp4} = Q f . \end{aligned}$$

Для определения величины  $R$  спроецируем силы действующие на заготовку на горизонтальную ось и получим уравнение:

$$R - Q = 0 .$$

Откуда

$$R = Q .$$

Подставим значения сил трения в исходные уравнения равновесия.

$$\begin{aligned} K P_v &= R f + Q_{P_v} f = 2 Q_{P_v} f ; \\ K P_h &= R f + Q_{P_h} f = 2 Q_{P_h} f . \end{aligned}$$

где  $Q_{P_h}$ ,  $Q_{P_v}$  – составляющие усилия закрепления.

Преобразовав уравнения, получим зависимости для расчета составляющих усилия закрепления:

$$\begin{aligned} Q_{P_v} &= K P_v / (2 f) ; \\ Q_{P_h} &= K P_h / (2 f) . \end{aligned}$$

Суммарное усилие закрепления будет

$$Q = \sqrt{Q_{P_v}^2 + Q_{P_n}^2}.$$

## 2.15 Расчет параметров силового привода

После определения усилия закрепления рассчитывают исходное усилие на приводе  $W$ .

При расчетах используется уравнение

$$Q = i W,$$

где  $i$  – коэффициент усиления, величина которого определяется кинематической схемой приспособления.

Для принципиальной схемы приспособления приведенной на рис 2.1а, коэффициент усиления определяется по формуле:

$$i = \operatorname{tg}(\alpha + \varphi),$$

где  $\alpha$  - половина угла конуса цанги, град;  $\varphi$  — угол трения в стыке конических поверхностей цанги и корпуса, град.

Для принципиальной схемы приспособления приведенной на рис 4.1в коэффициент усиления определяется по формуле

$$i = \operatorname{tg}(\alpha + 2\varphi),$$

где  $\alpha$  - угол скоса клина, град;  $\varphi$  - угол трения клина и плунжера в направляющих, град.

Для принципиальной схемы приспособления приведенной на рис 4.1б, коэффициент усиления определяется по формуле

$$i = l_1/l_2,$$

где  $l_1, l_2$  – длины плеч рычагов.

После того, как определено исходное усилие на приводе  $W$ , рассчитывают параметры привода. Рекомендуется использовать в конструкции приспособления одно-, двухсторонние пневмо- и гидроцилиндры. Наиболее часто используются стационарные пневмоцилиндры по ГОСТ 15608-81, встраиваемые пневмоцилиндры и гидроцилиндры ОСТ 2 Г22-3-86.

При расчете параметров привода определяется диаметр цилиндра  $D_u$  и диаметр штока  $d_{um}$ .

Диаметр пневмоцилиндра двустороннего действия при заданной силе  $W$  и давлению сжатого воздуха  $p$  при подаче воздуха в поршневую полость определяется по формуле:

$$D_u = 1,13 \sqrt{\frac{W}{p \cdot \eta}},$$

где  $\eta$  - к.п.д., учитывающий потери в пневмоцилиндре,  $\eta=0,85-0,9$ .

При подаче воздуха в штоковую полость

$$D_u = \sqrt{\frac{1,27 \cdot W}{p \cdot \eta} + d_{um}^2}.$$

Для пневмоцилиндров одностороннего действия при подаче воздуха в поршневую полость

$$D_{ц} = 1,13 \sqrt{\frac{(W + cx)}{p \cdot \eta}},$$

где  $cx$  — сила сопротивления возвратной пружины в конце рабочего хода поршня.

При расчетах принимают давление воздуха в пневмосети  $p = 0,4-0,5$  МПа, давление масла в гидросистеме  $p = (4; 5; 6,3)$  МПа, а диаметр штока пневмоцилиндра  $d_{шт} = 0,25 D_{ц}$ , гидроцилиндра -  $d_{шт} = 0,5 D_{ц}$ .

Полученные значения  $D_{ц}$  и  $d_{шт}$  согласовывают с рядом стандартных значений этих параметров, принимая ближайшее большее значение.

Ряд стандартных рекомендованных диаметров  $D_{ц}$ , мм: 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200 и т.д.

Ряд стандартных рекомендованных диаметров  $d_{шт}$ , мм: 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50 и т.д.

Расчет предварительно выполняют для варианта использования пневмопривода. Если полученное значение  $D_{ц} > 200$  мм, рекомендуется перейти к использованию гидропривода.

По полученным стандартным значениям  $D_{ц}$  и  $d_{шт}$  пересчитывают фактические значения  $W$  и  $Q$ .

## **2.16 Выполнение сборочного чертежа приспособления. Описание конструкции и принципа работы приспособления**

Конструкция станочного приспособления (СП) должна отвечать требованиям технологичности, которые необходимо учитывать как при доработке отдельных элементов, так и в процессе разработки его общей компоновки.

Конструкция станочного приспособления выбирается студентом самостоятельно. Для этой цели нельзя применять стандартные приспособления (например, трехкулачковые самоцентрирующие патроны, поворотные столы и т.д.). Конструкция должна являться результатом самостоятельной творческой работы и отвечать современному уровню развития техники.

Проектирование приспособлений рекомендуется производить в такой последовательности.

1. Установить длину рабочего и холостого хода станка, размеры стола и шпинделя станка, расстояние от стола до шпинделя, расстояние между центрами и высоту центров. Эти данные нужны для определения габаритов приспособления, размеров, зависящих от станка (ширину шпонок, основания корпуса, расстояния между проушинами для крепления приспособления на станке и т. д.), для увязки размеров режущего и вспомогательного инструмента. Например, при проектировании расточных и сверлильных приспособлений следует высоту

приспособлений, длину режущего и вспомогательного инструмента сверять с длиной хода станка, который должен обеспечить установку и смену расточных борштанг.

2. Вычертить контуры детали в таком виде, в каком они поступают для обработки на данной операции, придерживаясь масштаба 1:1. Контуры детали следует изображать тонкими линиями в необходимом количестве проекций, расположенных на расстоянии, достаточном для дальнейшего нанесения деталей приспособления.

3. Определить местоположение установочных деталей приспособления, их количество и вычертить их контур. При расположении опор следует учитывать направление действия сил резания и располагать их так, чтобы действие этих сил воспринималось опорами, а не зажимными устройствами.

4. Нанести на чертеж детали зажимных механизмов.

5. Вычертить направляющие детали приспособления, определяющие положение режущего инструмента (кондукторные или направляющие втулки, установочные для настройки фрез, копиры).

6. Выбрать вспомогательные механизмы и детали приспособления. При определении их конструкции и размеров необходимо стремиться к получению наименьшего веса и габаритов приспособления, при этом оно должно сохранять необходимую жесткость и прочность.

7. Нанести на чертеж детали привода.

8. Нанести контуры корпуса приспособления с использованием стандартных форм заготовок корпусов

9. Вычертить три проекции приспособления и определить правильность расположения всех элементов и механизмов приспособления с учетом удобства сборки и разборки приспособления и его ремонта, а также установки и снятия детали, удаления стружки и т.п.

10. Выполнить необходимые местные виды, разрезы и сечения, поясняющие конструкцию приспособления.

11. Нанести на чертеж необходимые размеры.

12. Проставить позиции деталей.

13. Сформулировать технические характеристики приспособления и технические требования.

Приспособление показывают с закрепленной деталью. Как правило, общий вид приспособления вычерчивают в масштабе 1:1 с указанием габаритных размеров, посадок и присоединительных размеров.

При разработке конструкции СП рекомендуется максимально использовать стандартные элементы.

Сборочный чертеж приспособления должен содержать следующие элементы.

1. Изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу и обеспечивающих возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы.

2. Размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу. Допускается указывать в качестве справочных размеры деталей, определяющие характер сопряжения.

3. Указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.).

4. Номера позиций составных частей, входящих в изделие.

5. Габаритные размеры изделия.

6. Присоединительные размеры, размеры сопряжений и другие необходимые справочные размеры.

7. Координаты центра масс (при необходимости).

8. Техническую характеристику изделия (при необходимости).

На сборочном чертеже приспособления приводятся технические характеристики и технические требования.

Техническая характеристика станочного приспособления должна содержать:

1. Усилие закрепления заготовки.

2. Усилие на исполнительном элементе привода.

3. Параметры питающей сети.

4. Величину перемещения исполнительного элемента привода.

Технические требования должны определять:

1. Условия испытаний приспособления.

2. Требования к рабочим телам питающих сетей.

3. Допустимую погрешность взаимного расположения базовых поверхностей приспособления и установочных элементов приспособления.

4. Требования по дополнительной обработке элементов приспособлений при сборке.

5. Марку смазочного материала, наносимого при сборке на поверхности подвижных частей, периодичность замены смазки

6. Способ маркировки приспособления.

7. Способ защиты нерабочих поверхностей приспособления.

Предельные отклонения размеров указывают на сборочных чертежах условными обозначениями полей допусков или числовыми значениями предельных отклонений.

На сборочном чертеже приспособление показывается с закрепленной заготовкой. Допускается дополнительно изображать перемещающиеся части изделия в промежуточном положении с соответствующими размерами, если это необходимо. Если при изображении перемещающихся частей затрудняется чтение чертежа, то эти части допускается изображать на дополнительных видах с соответствующими надписями, например: «Крайние положения прихвата поз.5».

При выполнении сборочного чертежа следует применять упрощения и условности, допускаемые стандартами ЕСКД.

Допускается не показывать:

а) фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки и другие мелкие элементы;

б) зазоры между стержнем и отверстием;

в) крышки, щиты, кожухи, перегородки и т. п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. Над изображением делают соответствующую надпись, например: «Крышка не показана» или «Крышка поз. 3 не показана».

Номера позиций составных частей изделия на сборочном чертеже указывают на проводимых от изображений этих частей полках линий-выносок, один конец которых (пересекающий линию контура) заканчивается точкой, другой — полкой. Линии проводят от видимых проекций составных частей изделия, изображенных на основных видах или заменяющих их разрезах.

Номера позиций сборочных единиц, деталей и тому подобных элементов наносят над полками линий-выносок в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации сборочного чертежа (на чертеже общего вида — в соответствии с номерами позиций, указанными в таблице перечня составных частей изделия). Линия выноски не должна пересекать размерные линии.

Цифры, соответствующие номерам позиций, проставляют параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения таким образом, чтобы они располагались по одной горизонтальной или вертикальной линии (насколько это возможно), шрифтом, размер которого на один - два номера больше, чем у размерных чисел.

Номер позиции наносят на чертеже один раз, в случае необходимости допускается указывать его повторно. Допускается общая линия-выноска с вертикальным расположением номеров позиций:

1) для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления: причем если разные составные части крепятся одинаковыми крепежными деталями, то после номера соответствующей позиции допускается проставлять в скобках число этих крепежных деталей;

2) для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, исключая различное понимание, и при невозможности подвести линию-выноску к каждой составной части; в этих случаях линию-выноску отводят от закрепляемой составной части;

3) для отдельных составных частей изделия, которые из-за трудности их графического изображения на чертеже не показывают, местонахождение определяется с помощью линии-выноски от видимой составной части изделия, с которой данная составная часть контактирует.

В описание конструкции должны войти все элементы, входящие в состав приспособления. Описание должно давать полное представление о взаимосвязи элементов и их служебном назначении.

Описание принципа работы приспособления начинают с установки заготовки в приспособлении. Должны быть описаны все действия рабочего, связанные с использованием приспособления и взаимные перемещения элементов

приспособления при установке заготовки, обработке заготовки и снятии заготовки с приспособления.

## 2.17 Расчет погрешности установки заготовки в приспособлении

Погрешность установки заготовки в приспособлении определяется по формуле

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2},$$

где  $\varepsilon_{\delta}$  - погрешность базирования;

$\varepsilon_3$  – погрешность закрепления;

$\varepsilon_{пр}$  – погрешность приспособления.

Погрешность базирования возникает при несовпадении конструкторской и технологической баз, и численно равна допуску на размер связывающему конструкторскую и технологическую базы.

Погрешность закрепления возникает вследствие контактных деформаций в точках контакта заготовки с опорными элементами. Для расчета величины этой погрешности используются формулы приведенные в [8].

Например, погрешность закрепления при установке заготовки на точные опоры определяются по формуле

$$\varepsilon_3 = [(K_{Rz} Rz + K_{HB} HB) + C_1] (Q/98)^n (1/F^m),$$

где  $K_{Rz}$ ,  $K_{HB}$ ,  $C_1$  - поправочные коэффициенты;

$n$ ,  $m$  - показатели степени;

$F$  - площадь опор, см<sup>2</sup>;

$HB$  - твердость материала заготовки;

$Rz$  – шероховатость опорной поверхности заготовки, мкм;

$Q$  - усилие закрепления, Н.

Погрешность закрепления равна нулю в том случае, если направление приложения усилия закрепления перпендикулярно направлению выдерживаемого размера.

Погрешность приспособления  $\varepsilon_{пр}$  возникает из-за неточности изготовления элементов приспособления и износа опор. Неточность изготовления элементов приспособлений определяется допусками размеров этих элементов.

Определить линейный износ опор  $u$  можно воспользовавшись формулой:

$$u = \frac{NK_y (1 + 0,003L) 0,79 t_m}{m - m_1 \Pi_1 - m_2} \frac{0,1Q}{F \cdot HV}$$

где  $N$  - число устанавливаемых заготовок,  $K_y$  - коэффициент учитывающий условия обработки;  $L$  - длина пути скольжения по опорам при досылке ее до упора, мм;  $t_m$  - машинное время обработки детали в приспособлении;  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  - коэффициенты;  $\Pi_1$  - критерий износостойкости;  $F$  - площадь касания опоры;  $Q$  - нагрузка на опору;  $HV$  - твердость материала опоры.

## 2.18 Проектирование контрольного приспособления

Проектирование приспособления начинается с составления схемы контроля. Схема контроля - совокупность схемы установки сборочной единицы или детали и связанных с их измерительными базами средствами контроля. Для каждого контролируемого параметра необходимо привести со ссылками на соответствующие справочные и методические материалы возможные схемы контроля этих параметров. При этом возможно применение нескольких альтернативных схем для контроля заданных параметров. На них указывается схема установки детали в приспособлении и место расположения измерительного прибора.

Примеры схем контроля приведены на рис. 8.

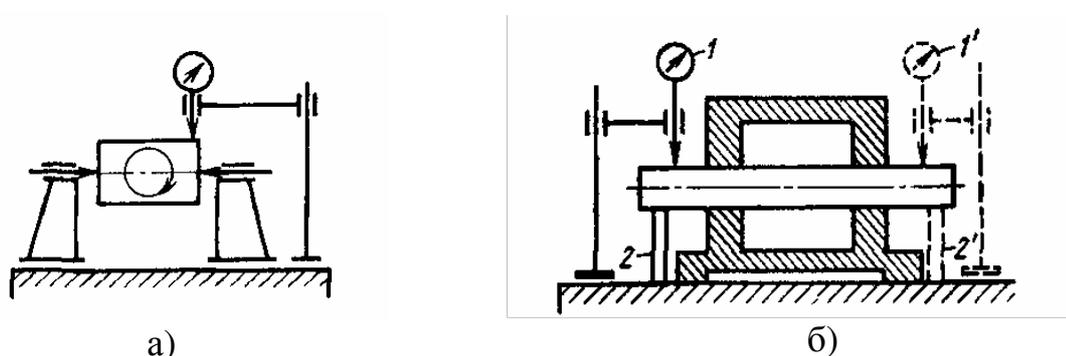


Рисунок 8 - Схемы контроля (а – радиального биения; б – отклонения от параллельности )

После этого разрабатывается конструкция контрольного приспособления. Принятые конструктивные решения оформляются в виде сборочного чертежа приспособления (с необходимым количеством видов, разрезов, сечений) и изображаются на листе графической части.

При использовании сложных измерительных устройств на этом листе можно привести и структурную схему. На чертеже указываются габаритные, присоединительные, установочные размеры с допусками, посадки на основные сопряжения, а также технические требования.

Погрешность измерения рассчитывается по [13].

Под погрешностью измерения  $[\epsilon]_{\text{изм}}$  следует понимать разность между показаниями контрольного приспособления и действительным значением проверяемой им величины. Погрешность измерения должна иметь по возможности небольшое значение. Однако чрезмерное повышение точности измерения может привести к усложнению и удорожанию контрольного устройства и повышению трудоемкости измерения. Допустимая величина погрешности измерения определяется по формуле

$$[\epsilon]_{\text{изм}} = kT,$$

$k$  - коэффициент, зависящий от точности обработки и равный 0,35 для  $IT'2... IT6$ ; 0,3 для  $IT6, IT7$ ; 0,25 для  $IT8, IT9$  и 0,2 для  $IT10... IT16$ ;  $T$  - технологический допуск на измеряемую (контролируемую) величину.

Последовательность расчета составляющих общей погрешности измерения следующая.

1. Определение погрешности положения детали в контрольном приспособлении  $\varepsilon$ : расчет погрешности базирования  $\varepsilon_b$  для принятой схемы установки, определение погрешности закрепления  $\varepsilon_z$ , вычисление погрешности изготовления установочных элементов  $\varepsilon_{np1}$  и погрешности взаимного расположения устанавливаемых элементов измерительных приборов относительно базовых элементов  $\varepsilon_{np2}$ .

2. Определение погрешности передаточных устройств приспособлений  $\varepsilon_p$ : нахождение погрешности от неточности изготовления плеч  $\varepsilon_{p1}$  (для рычагов простой или сложной формы); определение погрешности от зазора между отверстием и осью рычага  $\varepsilon_{p2}$ ; расчет погрешности, вызываемой непропорциональностью между линейным перемещением измерительного стержня и угловым перемещением рычага,  $\varepsilon_{p3}$ ; определение погрешности от смещения точки контакта сферического наконечника при повороте плоского рычага  $\varepsilon_{p4}$ ; вычисление погрешности прямой передачи  $\varepsilon_{p5}$  (если она имеется); суммирование всех составляющих общей погрешности передаточных устройств  $\varepsilon_p$ .

3. Нахождение погрешности изготовления эталонных деталей  $\varepsilon_3$ .

4. Определение собственной погрешности измерительного прибора  $\varepsilon_{п}$ .

5. Определение общей погрешности контрольного приспособления  $\varepsilon_{мет}$ .

## Перечень ссылок

1. Боровик А.И. Проектирование технологического оснащения: Навч. Посібник. –К.: ІЗМН, 1996. – 488 с.
2. Корсаков В.С. Основы конструирования станочных приспособлений в машиностроении: М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
3. Кузнецов Ю.И. Конструкции приспособления для станков с ЧПУ: Учеб. Пособие. – М.: Высш.шк. 1998. – 303с.
4. Инструмент для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и ГПС/ И.Л. Фадюшин, Я.А. Музыкант и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 272с
5. Станочные приспособления. Справочник. В 2-х т. /Ред. Совет: В.Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение 1984. – Т.1 /Под ред. Б.П Бардашкина, А.А. Шатилова, 1984. – 583 с. – Т.2 /Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского, 1984 – 556с.
6. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник.- М.: Машиностроение, 1990.- 512 с.
7. Обработка металлов резанием: Справочник технолога /Под общ ред. А.А. Панова. – М.: машиностроение, 1988.- 736с.
8. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. /Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещеряковой. – М.: Машиностроение, 1966. – Т.1 512с.
9. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для нормирования станочных работ. Серийное производство. -М.: Машиностроение. 1974. – 421с.
10. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова М. : Машиностроение, 1995. – Т.»- 496с.
11. Курсовое проектирование по технологии машиностроения/ Под ред. А.Ф. Горбачевича. – Минск.: Выш. шк., - 256с. 1975.- 1975.- 288 с.
12. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник /В.И. Баранчиков и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 400с.
13. Технология машиностроения : В 2т. Т.2. Специальная часть:Учебник для вузов / В.М.Бурцев, А.С. Васильев А.М. Дальский и др.; Под ред. А.М. Дальского. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000 г. - 568с.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ	4
1.1 Задачи и темы курсовых проектов	4
1.2. Объем и содержание проекта	4
1.3 Структура пояснительной записки	4
1.4 Календарный план выполнения курсового проекта	5
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАЗДЕЛАМ ПРОЕКТА	6
2.1 Анализ служебного назначения изделия	6
2.2 Анализ технологичности конструкции детали	7
2.3 Определение типа производства	8
2.4 Выбор метода получения заготовки	8
2.5 Разработка технологического процесса механической обработки	9
2.6 Определение припусков на механическую обработку	13
2.7 Определение размеров заготовки	16
2.8 Анализ и выбор схем базирования заготовки	17
2.9 Обоснование и выбор технологического оборудования	20
2.10 Обоснование и выбор технологической оснастки	20
2.11 Размерный анализ технологического процесса	22
2.12 Проектирование операционного технологического процесса	25
2.13 Формулирование служебного назначения станочного приспособления. Разработка его принципиальной схемы	30
2.14 Расчет усилия закрепления	30
2.15 Расчет параметров силового привода	34
2.16 Выполнение сборочного чертежа приспособления. Описание конструкции и принципа работы приспособления	36
2.17 Расчет погрешности установки заготовки в приспособлении	39
2.18 Проектирование контрольного приспособления	40
Перечень ссылок	42
СОДЕРЖАНИЕ	43

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА»

Составитель

Голубов Николай Васильевич