

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 08.10.2023 17:11:54  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 16 » 04 (ЮЗГУ) 2019г

### КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения» для студентов направлений 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и 15.03.01 «Машиностроение» очной и заочной форм обучения

Курск 2019

УДК 621.(076.1)

Составители: В.В. Пономарев. С.А. Чевычелов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *О.С. Зубкова*

**Курсовое проектирование по технологии машиностроения:** Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Пономарев, С.А. Чевычелов, Курск, 2019. 118 с.: ил. 50, табл. 23. Библиогр.: с. 115.

Содержат методический материал для выполнения курсовых проектов по дисциплине «Технология машиностроения». Разработаны вопросы технологического проектирования процессов механической обработки и проектирования технологической оснастки.

Методические указания соответствуют требованиям образовательной программы, утвержденной учебно-методическим объединением в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки «Машиностроение».

Предназначены для студентов направления подготовки 15.03.05 и 15.03.01 очной и заочной форм обучения

Подписано в печать *16.04.19*. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 6,86 Уч.-изд. л. 6,21 Тираж 100 экз. Заказ *348* Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Содержание

Введение .....	5
1. Служебное назначение детали. Конструкторско-технологическая характеристика детали .....	8
2. Технический контроль чертежа и анализ технологичности конструкции заданной детали .....	10
2.1 Технический контроль чертежа .....	10
2.2 Анализ технологичности конструкции детали в зависимости от ее обработки в различных типах производства .....	11
2.2.1 Назначение и содержание анализа технологичности.....	11
2.2.2 Частные рекомендации для некоторых классификационных групп деталей .....	15
2.2.3 Требования к технологичности конструкции деталей, обрабатываемых на автоматических линиях, станках с ЧПУ и в условиях роботизированного производства.....	16
3. Выбор заготовки .....	19
3.1 Общие положения и некоторые сведения о выборе заготовок .....	19
3.1.1 Общие положения .....	19
3.1.2 Некоторые сведения о выборе заготовок .....	20
3.2 Экономическое обоснование выбора заготовки .....	26
3.2.1 Стоимость заготовок из проката.....	27
3.2.2 Стоимость заготовок из литья .....	28
3.2.3 Стоимость горячештампованных заготовок .....	36
3.2.4 Определение себестоимости выполнения операций механической обработки.....	38
4. Определение последовательности обработки поверхностей заготовки. Выбор технологических баз .....	46
4.1 Общие положения .....	46
4.2 Выбор технологических баз .....	47
4.2.1 Общие рекомендации.....	47
4.2.2 Некоторые рекомендации по выбору технологических баз при обработке типовых деталей.....	48
4.3 Расчет припусков на механическую обработку .....	62

4.4 Выбор оборудования, режущего инструмента, измерительных средств, приспособлений.....	66
4.4.1 Выбор оборудования.....	66
4.4.2 Выбор режущего инструмента, измерительных средств, приспособлений.....	67
4.5 Назначение режимов резания .....	68
4.6 Техническое нормирование техпроцесса .....	70
5. Оформление технологического процесса.....	76
6. Проектирование специального приспособления .....	77
6.1 Установочные элементы.....	77
6.2.1 Клиновые механизмы .....	85
6.2.2. Рычажные механизмы.....	87
6.2.3. Рычажно-шарнирные механизмы.....	87
6.2.4 Зажим в виде Г-образного прихвата .....	88
6.3 Силовой привод.....	89
6.3.1 Пневматические приводы.....	90
6.3.2 Гидравлические приводы .....	91
6.3.3 Пнеumoгидравлические приводы.....	92
6.4 Корпусы приспособлений .....	92
6.5 Устройства для направления и контроля положения режущего инструмента .....	95
6.5.1 Устройства для направления инструмента. Кондукторные втулки .	95
6.5.2 Устройства для контроля положения инструмента.....	98
6.6 Расчеты при проектировании приспособления.....	100
6.6.1 Точностные расчеты .....	100
6.6.2. Силовые расчеты .....	106
6.6.3 Экономические расчеты .....	111
6.7 Оформление графической части.....	114
Список использованных источников .....	115

## Введение

Курсовое проектирование имеет цель научить студентов применять знания, полученные во время обучения, для разработки технологического процесса изготовления деталей машин.

Курсовой проект выполняется студентами, в процессе изучения дисциплины «Технология машиностроения».

Задание на курсовой проект.

Задание оформляется на специальном бланке и содержит следующие данные:

- наименование темы курсового проекта.
- чертеж детали с техническими условиями на её изготовление.
- годовая программа выпуска.
- срок выполнения проекта.
- содержание и объем курсового проекта.

Курсовой проект состоит из следующих частей:

- расчетно-пояснительной записки;
- комплект технологических карт;
- графической части.

Расчетно-пояснительная записка выполняется объемом 40...60 страниц формата А4. Должна содержать:

- титульный лист (прил.1);
- задание на курсовое проектирование (прил.2);
- реферат;
- введение, основную часть, заключение;
- список используемых источников;
- приложения.

Технологический процесс изготовления детали включает:

- титульный лист;
- маршрутные карты;
- операционные карты с операционными эскизами;

Образцы карт приведены в работе [15].



Ориентировочные данные по объему отдельных разделов проекта и сроков выполнения приведены в табл.1 и являются обязательными для контроля самостоятельной работы студентов.

Порядок выполнения и защиты курсового проекта.

Порядок выполнения и контрольные сроки указаны в табл.1. За принятые решения, правильность и обоснование расчетов, оформление графической части и технологической документации отвечает студент.

Подпись руководителя удостоверяет, что решения принятые в работе, выполнены студентом самостоятельно и в соответствии с заданием.

К защите представляются законченные курсовые проекты, утвержденные руководителем. Согласно графику защита проекта проводится перед комиссией, утвержденной заведующим кафедрой.

Таблица 1

## Объем разделов курсового проекта и сроки выполнения

№ п/п	Наименование раздела	Прим. объем (стр.)	Сроки выполнения (неделя)	Семестр
	Введение	1-2	1	7
1	Служебное назначение детали. Конструкторско-технологическая характеристика детали	5-7	3	
2	Технологический контроль чертежа и анализ технологичности конструкции детали.	10-15	6	
2.1	<i>Технический контроль чертежа</i>	4-7	6	
2.2	<i>Анализ технологичности конструкции детали</i>	6-8	6	
3	Выбор заготовки и её экономическое обоснование	5-10	10	
3.1	<i>Выбор заготовки и краткая характеристика процесса её изготовления</i>	2-4	10	
3.2	<i>Экономическое обоснование выбора заготовки</i>	3-6	10	
4	Определение последовательности обработки поверхности детали	15-25	16	
4.1	<i>Выбор технологических баз, разработка схем базирования и маршрута обработки детали</i>	2-4	16	

№ п/п	Наименование раздела	Прим. объем (стр.)	Сроки выполнения (неделя)	Семестр
4.2	<i>Расчет припусков на обработку</i>	5-8	16	
4.3	<i>Выбор станков, приспособлений, режущего инструмента и измерительных средств</i>	2-3	16	
4.4	<i>Расчет режимов резания</i>	4-7	2	8
4.5	<i>Нормирование техпроцесса</i>	2-3	2	
5	Оформление технологического процесса	10-15	4	
6	Проектирование приспособления(специального или специализированного)	5-8	6	
7	Приложения (спецификации, комплект технологических карт)	15-30	8	

Таблица 2

## Графическая часть

№ п/п	Наименование листов	Формат	Сроки выполнения (неделя)	Семестр
1	Чертеж детали	A1 (A2)		7
2	Чертеж заготовки*	A2		
3	Маршрут технологический	A1(2xA1)		
4	Наладка технологическая	A1(2xA1)		8
5	Чертеж приспособления станочного** Чертеж приспособления измерительного** Чертеж специального инструмента**	A1 (A2)		

\* - для штучных заготовок

\*\* - на выбор (по согласованию с руководителем)





Таблица 4

Механические свойства материала детали (Пример формы табл.)

Материал детали	Механические свойства					НВ (HRC)	
						До термообра- ботки	После термооб- работки

## **2. Технический контроль чертежа и анализ технологичности конструкции заданной детали**

### **2.1 Технический контроль чертежа**

Рабочий чертеж детали должен содержать все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, т.е. все проекции, разрезы и сечения. На нем должны быть указаны все размеры с необходимыми отклонениями, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей, допускаемые отклонения от правильных геометрических форм, а также взаимного расположения поверхностей. Если оформление не соответствует действующим стандартам, студент должен доработать чертеж.

Технические требования на изготовление детали содержат: 1) сведения о способе получения заготовки; 2) твердость заготовки и рабочих поверхностей детали; 3) требования по шероховатости поверхностей; 4) сведения о точности обработки и др.

При анализе технических требований выявляются задачи обработки детали. Выделяются наиболее ответственные поверхности, которые характеризуются жесткими требованиями к шероховатости поверхности, точности размеров и форм.

Чертежи обрабатываемых на автоматических линиях (АЛ) деталей должны быть составлены с учетом требований, необходимых для проектирования линий. При простановке размеров необходимо обеспечить совпадение конструкторской и технологической систем простановки размеров, учитывающей условия обработки поверхностей и измерения их при контроле. Координаты обрабатываемых отверстий и других элементов конструкции должны быть взаимосвязаны и указаны в прямоугольной системе координат.

Начало координат должно быть совмещено с базовыми поверхностями или с осью одной из одновременно обрабатываемых поверхностей, положение которой относительно базовой поверхности определено отдельными размерами.

К особенностям обработки на станках с ЧПУ и многоцелевых станках относятся своеобразные требования к оформлению чертежа детали. Так, простановку размеров производят от технологических баз в системе прямоугольных координат. При этом они должны обеспечивать возможность воспроизведения всех точек, линий, осей и центров дуг профиля от выбранного начала координат. Например, дуги окружностей задаются координатами центров и радиусами, а участки прямых - координатами начальных и конечных точек или координатами начальных точек или углами наклона прямых.

## **2.2 Анализ технологичности конструкции детали в зависимости от ее обработки в различных типах производства**

### **2.2.1 Назначение и содержание анализа технологичности.**

Анализ проводится на основе количественной и качественной оценки с учетом установленного объема выпуска и типа производства.

*Количественная оценка.* Проводится тогда, когда в результате анализа технологичности внесены изменения в конструкцию детали. В качестве количественных показателей рассматриваются: 1) коэффициент использования материала; 2) коэффициент точности обработки; 3) коэффициент шероховатости поверхностей.

Коэффициент использования материала определяется:

$$K_{им} = M_d / M_z , \quad (1)$$

где  $M_d$  и  $M_z$  - соответственно масса материала детали и заготовки.

Коэффициент точности обработки и коэффициент шероховатости определяются из расчета средней точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей. Данные по детали целесообразно свести в табл. 4 и 5.

Таблица 5

Определение коэффициента точности, Кт

Квалитет, $YTi$	Количество квалитетов, $(ni)$	$YTi \times ni$
1	2	3
	$\sum(ni)$	$\sum(YTi \times ni)$

Таблица 6

Определение коэффициента шероховатости, Кш

Шероховатость, $(Rai)$	Количество поверхностей шероховатости, $(ni)$	$Rai \times ni$
1	2	3
	$\sum ni$	$\sum Rai \times ni$

В первой графе таблицы указывается квалитет размера ( $YTi$ ) и параметр шероховатости поверхности ( $Rzi$  или  $Rai$ , мкм) во второй - количество размеров и поверхностей данного размера и данной шероховатости. В третьей - произведение данных граф.

Подсчет средней точности ( $YT_{cp}$ ) и коэффициента точности ( $K_{Tч}$ ); средней шероховатости ( $Ra_{cp}$ ) и коэффициента шероховатости ( $K_{ш}$ ) проводится по формулам:

$$YT_{cp} = \sum YTi \times \frac{ni}{\sum ni} \quad (2)$$

$$K_{Tч} = 1 - \frac{1}{YT_{cp}} \quad (3)$$

$$Ra_{cp} = \sum Rai \times \frac{ni}{\sum ni} \quad (4)$$

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ra_{cp}} \quad (5)$$

Таблица 7

## Оценка технологичности конструкции детали по точности размеров

Наименование поверхности	Общее количество размеров	Количество и доля поверхностей % с требованиями точности размеров					
		Высокими		Средними		Низкими	
		Квалитет 5-7	%	Квалитет 8-13	%	Квалитет 13-17	%
Наружные цилиндрические							
Внутренние цилиндрические							
Плоские							
Прочие							
Всего							

**Заключение:** а) доля поверхностей с высокими требованиями по точности размеров....%; б) со средними требованиями .%; в) с низкими требованиями %.

Таблица 8

## Оценка технологичности конструкции детали по шероховатости поверхности

Наименование поверхности	Общее количество размеров	Количество и доля поверхностей % с требованиями по шероховатости Ra, мкм					
		Высокими		Средними		Низкими	
		0,1...0,8	%	1,6...6,3	%	12,5...100	%
Наружные цилиндрические							
Внутренние цилиндрические							
Плоские							
Прочие							
Всего							

**Заключение:** а) доля поверхностей с высокими требованиями по шероховатости поверхностей.....%; б) со средними требованиями ...%; в) с низкими требованиями.....%.

**Качественная оценка.** Качественная оценка технологичности конструкции детали включает следующие сведения:

- материал детали (какова его обрабатываемость, стоимость, возможность замены на более легкий и прочный);
- возможность применения высокопроизводительного оборудования и инструмента.
- доступность всех поверхностей для обработки на станках и непосредственного измерения, отсутствие сложных контурных обрабатываемых поверхностей;
- возможная простота конструкции, наличие поверхностей, удобных для базирования и закрепления при установке на станках и возможности сокращения числа переустановок при обработке;
- унификация размеров с целью сокращения номенклатуры инструмента и возможного исключения специальных инструментов;
- отсутствие большой разностенности и незамкнутости контуров, вызывающих деформации при термообработке;
- отсутствие мест резких изменений формы, острых краев, являющихся концентраторами напряжений;
- доступность термически обрабатываемых поверхностей для обработки ТВЧ;
- конструкция детали должна обеспечивать нормальный вход и выход режущего инструмента.

Следует учитывать, что технологичность изделий зависит от типа производства. Характер закономерностей взаимосвязей меняется в зависимости от количества выпускаемой продукции в определенном промежутке времени, обусловленном числом заготовок в партии. Поэтому предметы производства технологичные, например, в мелкосерийном и единичном производстве, могут быть нетехнологичными в массовом и наоборот.

Качественная оценка технологичности характеризуется следующими показателями: «хорошо - плохо», «допустимо - недопустимо».

Результаты анализа технологичности конструкции детали оформляются в табл. 8.

## Общая оценка технологичности конструкции детали

Содержание требований к технологичности	Характеристика технологичности
Физико-механические и механические свойства материала детали	свойства
Эти свойства материала детали обеспечивают: а) удовлетворительную обрабатываемость резанием или б) хорошую обрабатываемость резанием	Заключение
Шероховатость и точность обрабатываемых поверхностей:	Заключение
Количественная оценка Ким = Кт. = Кш. =	
Выводы, в том числе и рекомендации по улучшению технологичности конструкции детали	

### 2.2.2 Частные рекомендации для некоторых классификационных групп деталей

**Корпусные детали.** Определяют: а) допускает ли конструкция обработку плоскостей напроход, что мешает такому виду обработки; б) можно ли обрабатывать отверстия одновременно на многошпиндельных станках с учетом расстояний между осями этих отверстий; в) позволяет ли форма отверстий растачивать их напроход с одной или с двух сторон; г) есть ли свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям; д) нужна ли подрезка торцов ступиц с внутренних сторон отливки и можно ли ее, устранить; е) есть ли глухие отверстия и можно ли заменить их сквозными; ж) имеются ли обрабатываемые плоскости, расположенные под тупыми или острыми углами, и можно ли заменить их плоскостями, расположенными параллельно или перпендикулярно друг другу; з) имеются ли отверстия, расположенные не под прямым углом к плоскости входа и выхода; и) достаточна ли жесткость детали и др.

**Валы.** Определяют: а) можно ли обрабатывать поверхности проходными (расточными) резцами; б) убывают ли к концам диаметральные размеры; в) можно ли уменьшить диаметры больших фланцев



или буртов или исключить их вообще, и как это повлияет на коэффициент использования металла; г) можно ли заменить закрытые шпоночные канавки открытыми; д) допускает ли жесткость детали получение высокой точности обработки (жесткость вала считается недостаточной, если для получения точности 6...9 квалитетов соотношение его длины к диаметру свыше 10... 12; для валов, изготавливаемых по более низким квалитетам, это отношение равно 15; при многорезцовой обработке равно 10); е) проанализировать возможность замены ступенчатой конструкции детали на гладкую.

**Втулки.** Определяют: а) конструкция должна допускать многорезцовую обработку и обработку напроход; б) наличие простоты формы наружного контура и центрального отверстия, одностороннее расположение ступиц; в) отсутствие длинных ступиц у протягиваемых отверстий; г) соосные отверстия, обрабатываемые с разных сторон, снижают технологичность.

### **2.2.3 Требования к технологичности конструкции деталей, обрабатываемых на автоматических линиях, станках с ЧПУ и в условиях роботизированного производства.**

**Обработка на автоматических линиях (АЛ).** Конструкция детали должна удовлетворять одновременно требованиям возможности применения автоматических средств загрузки, выгрузки, транспортирования, ориентирования, закрепления и условиям использования прогрессивных методов обработки, а также обеспечения конструкцией заготовки простоты необходимого движения инструмента при обработке.

Поверхности деталей должны иметь простые и симметричные формы, причем увеличение числа плоскостей симметрии, упрощает ориентацию. Поверхности должны обеспечивать хорошее базирование и иметь элементы для удобства захвата.

Надежное базирование обеспечивают предусмотренные конструкцией детали два дополнительных точных отверстия. Выполнение

этих отверстий на одной из обработанных поверхностей обеспечивает условия соблюдения принципов постоянства и совмещения баз, что снижает погрешности обработки (учесть, что наименьшая погрешность базирования обеспечивается при расположении базовых отверстий по диагонали плоской поверхности).

У корпусных деталей внешние поверхности целесообразно иметь открытыми для обработки их напроход торцовыми фрезами. Ширину этих поверхностей следует увязать с нормальным рядом диаметров торцовых фрез.

Плоскости (платики, бобышки и уступы), находящиеся на одной стороне, следует располагать по возможности на одном уровне. Пазы открытого и полуоткрытого типов обеспечивают более высокую производительность обработки.

Отверстия детали с каждой стороны по возможности следует располагать на одной плоскости, а их межосевое расстояние должно обеспечивать одновременную обработку всех отверстий или с чередованием обработки на многошпиндельных станках.

При выборе конструктивных параметров резьбы следует учитывать, что чем меньше шаг, высота профиля и длина резьбы, тем благоприятнее условия резьбообразования и выше стойкость инструмента.

Конструкция детали должна создавать возможность обработки одной головкой с комплектом резцов наибольшего числа поверхностей при возможности удаления стружки из труднодоступной зоны обработки.

**Обработка на станках с ЧПУ.** Требования к технологичности конструкции обусловлены особенностями закрепления деталей на станках с возможностью обработки со всех сторон, доступностью обрабатываемых поверхностей, сокращением числа смены инструментов и др.

Высокую технологичность при надежном базировании обеспечивают опорные плоскости (технологические базы), центрирующие отверстия, платики, центровые гнезда и фаски. Базирование осуществляется на чисто обработанную поверхность и два технологических отверстия. На корпусных деталях, обрабатываемых со всех сторон, боко-

вые поверхности которых не используются как технологические базы, следует выполнять два точно обработанных наиболее отдаленных друг от друга отверстия (если их нет в конструкции детали). Точность размеров этих отверстий должна соответствовать 7-му качеству.

Совмещение отверстий или хотя бы одного из них с осью симметрии обеспечивает условия обработки заготовки с двух сторон по одной программе, что упрощает программу.

Форма детали должна обеспечивать ее полную механическую обработку от одной технологической базы и при возможности на одном установе. Выполнение деталей симметричными по форме и размерам упрощает составление программы. Желательно, чтобы форма корпусной детали соответствовала правильной геометрической фигуре - призме с . расположением обрабатываемых поверхностей в сторонах, доступных при повороте детали.

При оформлении конструктивных элементов необходимо учитывать особенности системы управления. Например, при обработке на станках с линейной интерполяцией конструктивные элементы, образованные окружностями и дугами, следует выполнять состоящими из ломаных линий; на станках с линейно - круговой интерполяцией радиальное расположение пазов, канавок и других конструктивных элементов следует заменять прямоугольным.

Основным преимуществом многоцелевых станков является возможность большой концентрации операций. Это позволяет создавать конструкции сложной формы со сложными конструктивными элементами.

### **3. Выбор заготовки**

#### **3.1 Общие положения и некоторые сведения о выборе заготовок**

##### **3.1.1 Общие положения**

Метод получения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, масштабом и серийностью выпуска, также экономичностью изготовления. Выбрать заготовку – значит установить способ её получения, наметить припуски на обработку каждой поверхности, рассчитать размеры и указать допуски на точность изготовления.

При выполнении курсового проекта делается краткий анализ возможных способов получения заготовки конкретной детали (согласно заданию на курсовой проект).

Далее работа выполняется в такой последовательности:

- 1) Выбирается вид заготовки с учетом факторов, определяющих эксплуатационные характеристики детали и тип производства.
- 2) На все обрабатываемые поверхности назначаются припуски табличным методом. При расчете припусков на механическую обработку рекомендуются пользоваться источниками [22]; [18]; [8]; [19] и [20].
- 3) Выполняется чертеж заготовки и подсчитывается её масса.
- 4) Рассчитывается стоимость заготовки.

При выборе заготовок целесообразно сделать сопоставление 2-х возможных способов получения заготовок.

Наиболее часто применяются заготовки из проката, штампованные заготовки и отливки. Это определяется тем обстоятельством, что на эти виды заготовок разработаны прейскуранты и методика технико-экономического расчета стоимости заготовок [3] и приводимая в настоящем методическом пособии.

### 3.1.2 Некоторые сведения о выборе заготовок

1) **Заготовки из проката.** Виды проката, его характеристика и область применения приведены в табл.9.

В табл.10 и 11 приведены сведения о двух видах сортамента стального проката, наиболее часто используемых для производства заготовок деталей машин.

1) Сталь горячекатаная круглая по ГОСТ 2590-88.

2) Сталь калиброванная круглая по ГОСТ 7417-75.

Данные о других видах сортамента стального проката и проката из цветных металлов приведены в соответствующих ГОСТах, а также в работе [16].

Таблица 10

#### Сортовой прокат и профили, область применения

Виды проката или профиль	ГОСТ	Область применения
<b>Сортовой:</b> - круглый горячекатаный повышенной и нормальной точности; - круглый калиброванный; - квадратный, шестигранный (горячекатаный обычной точности); - шестигранный (калиброванный).	2590-88 7417-88 2591-88 8560-78	Гладкие и ступенчатые валы с небольшими перепадами диаметров ступеней, стаканы диаметром до 50 мм, втулки с наружным диаметром до 25мм. Крепеж, небольшие детали типа рычагов, тяг, планок и клиньев.
<b>Листовой:</b> - толстолистовой горячекатаный; - тонколистовой горячекатаный; - холоднокатаный <b>Трубы:</b> - стальные бесшовные; - горячекатаные и холоднокатаные.	19903-74 19903-74 19904-90 8732-78 8734-75	Фланцы, кольца, плоские детали различной формы; цилиндрические полые втулки. Цилиндрические, втулки, гильзы, шпиндели, стаканы, барабаны, ролики, валы.
<b>Периодический продольный</b>	8319-75	Ступенчатые валы крупносерийного и массового производства.
<b>Поперечно-винтовой</b>	8320-73	Валы, полуоси, рычаги и другие детали крупносерийного производства.

*Примечание.* Периодический и продольный прокат и поперечно-винтовой имеют переменное по длине сечение, остальные, приведенные в таблице - постоянное.

Таблица 11

## Сталь горячекатаная круглая по ГОСТ 2590-88

Диаметр проката, мм	Предельные отклонения при точности проката, мм					
	высокой		повышенной		обычной	
	es	ei	es	ei	es	ei
5;5,5;6;6,3;6,5;7;8;9	+0.1	-0.2	+0.2	-0.5	+0.3	-0.5
10;11;12;13;14;15;16;17;18;19	+0.1	-0.3	+0.2	-0.5	+0.3	-0.5
20;21;22;23;24;25	+0.2	-0.3	+0.2	-0.5	+0.4	-0.5
26;27;28;29;30;31;32;33;34;35;36;37; 38;39;40;41;42;43;44;45;46;47;48	+0.2	-0.5	+0.2	-0.7	+0.4	-0.7
50;52;53;54;55;56;58	+0.2	-0.8	+0.2	-1.0	+0.4	-1.0
60;62;63;65;67;68	+0.3	-0.9	+0.3	-1.1	+0.5	-1.1
70;72;75;78;80;82;85;90;95	+0.3	-1.1	+0.3	-1.3	+0.5	-1.3
100;105;110;115	-	-	+0.4	-1.7	+0.6	-1.7
120;125;130;135	-	-	+0.6	-2.0	+0.8	-2.0
140;145;150;160;170;180;190;200	-	-	-	-	+0.9	-2.5
210;220;230;240;250	-	-	-	-	+1.2	-3.0

*Примечание:* 1. По требованию потребителей допускается изготовление круглой стали промежуточных размеров.

2. Овальность прутка не должна превышать 0,5 суммы предельных отклонений по диаметру. Допускаются поставка прутков из инструментальной, легированной и быстрорежущей стали с овальностью не превышающей 0,6 суммы предельных отклонений по диаметру.

3. Сталь диаметром до 9 мм – в прутках. По соглашению сторон в мотках допускается поставлять сталь диаметром более 9 мм, в прутках, менее 9 мм. Прутки поставляют длиной от 3 до 10 м из углеродистой стали обыкновенного качества и низколегированной стали, от 2 до 6 м из высоколегированной стали. Качественную углеродистую, легированную и высоколегированную сталь для изготовления мелких изделий допускается поставлять длиной не менее 0,5 м.

4. Для стали диаметром 5-9 мм, поставляемой в мотках с линейных проволочных станов допускается отклонения по диаметру в пределах  $\pm 0,5$  мм.

5. Предельные отклонения по длине прутков мерной длины и кратной ей, не должны превышать +30 мм для прутков до 4 м включительно, +50 мм для прутков длиной свыше 4 до 6 м включительно, +70 мм для прутков длиной свыше 6 м.

6. Кривизна прутка не должна превышать 0,5 % длины. По требованию потребителя должны поставляться прутки с кривизной, не превышающей 0,2 % длины.

Таблица 12

## Сталь калиброванная круглая по ГОСТ 7417-75.

Диаметр, мм	Предельные отклонения, в зависимости от поля допуска, мм			
	h9	h10	h11	h12
3	-0.025	-0.040	-0.060	-0.100
3.1;3.2;3.3;3.4;3.5;3.6;3.7;3.8;3.9;4;4.1;4.2;4.4;4.5;4.6;4.8;4.9;5;5.2;5.3;5.5;5.6;5.8;6	-0.030	-0.048	-0.075	-0.120
10.2;10.5;10.8;11;11.2;11.5;11.8;12;12.2;12.5;12.8;13;13.2;13.5;13.8;14;14.2;14.5;14.8;15;15.2;15.2;15.8;16;16.2;16.5;16.8;17;17.2;17.5;17.6;17.8;18	-0.043	-0.070	-0.110	-0.180
18.5;19;19.5;20;20.5;21;21.5;22;23;24;25;26;27; 28;29;30	-0.052	-0.081	-0.130	-0.210
31;32;33;34;35;36;37;38;39;40;41;42;43;44;45;46; 48;49;50	-0.062	-0.100	-0.160	-0.250
52;53;55;56;58;60;61;62;63;65	-0.074	-0.120	-0.190	-0.300
67;69;70;71;73;75;78;80	-	-	-0.190	-0.300
82;85;88;90;92;95;98;100	-	-	-0.220	-0.350
<p><i>Примечание:</i> Калиброванная сталь, предназначенная для холодной высадки, с техническими требованиями по ГОСТ 10702-78, кроме размеров, приведенных таблице, может поставляться следующих диаметров:  4,35; 4.42; 4.7; 5.27; 5.7; 7.27; 7.4; 8.94; 9.1; 9.65; 10.65; 10.72; 11.1; 11.6; 12.56; 12.9; 13.6; 14.56; 14.9; 15.6; 16.24; 16.9; 18.24; 18.9; 19.55; 20.24; 21.55; 21.9; 22.55 ;22.8; 23.55; 24.9; 25.2; 25.55; 26.55; 27.4; 27.58; 28.55; 29.55; 33.25; 33.9; 34.6; 35.55; 38.93; 39.9; 44.6 и 45.89 (в миллиметрах).</p>				

Прокат может применяться в качестве заготовки для непосредственного изготовления детали либо в качестве исходной заготовки при пластическом деформировании.

Специальный прокат применяется в условиях массового или крупносерийного производства, что в значительной степени снижает припуски и объем механической обработки.



**2) Кованные и штампованные заготовки.** Ковкой на молотах получают заготовки простой формы без ограничения по массе (используют слитки массой до 350 тонн) в условиях единичного и мелкосерийного производства. Нагретая заготовка подвергается многократному прерывистому воздействию простого по форме универсального инструмента – бойков. Кованые заготовки получают с большими припусками и напусками, для удаления которых требуются в дальнейшем большие объемы механической обработки резанием.

Горячая объемная штамповка – способ обработки металлов давлением, при котором формообразование заготовки происходит в специальном инструменте – штампе. Получение заготовок объемной штамповкой в единичном и мелкосерийном производстве экономически не целесообразно. Это объясняется сравнительно высокой стоимостью штампов по сравнению с универсальным инструментом, используемым при свободной ковке.

Горячую объемную штамповку на молотах, прессах и горизонтально – ковочных машинах широко используют в средне – и крупносерийном производстве.

Штамповку на молотах и прессах осуществляют как в открытых, так и закрытых штампах. Обычно изготавливают поковки массой от нескольких грамм до 100 кг. Существенным недостатком штамповки в открытых штампах является значительный отход металла в заусенец (10-15%) и потребность в дополнительной операции по его удалению.

При штамповке в закрытых штампах металл деформируется в замкнутой полости и не имеет возможности вытекать за её пределы.

При штамповке с использованием закрытых штампов требуется исходная заготовка, объем которой будет точно совпадать с объемом полости штампа. В противном случае поковка получится большей, чем необходимо высоты. Получение точной заготовки является сложной технологической задачей.

Штамповка на молотах широко применяется при изготовлении поволоков из стали и алюминиевых сплавов. Значительная скорость деформации при штамповке на молотах благоприятно сказывается на заполнении сложного рельефа штампа.

Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) в 2...3 раза производительнее, а припуски и допуски на 20...30% меньше по сравнению со штамповкой на молотах, расход металла на поковки снижается на 10...15%.

Основным недостатком КГШП по сравнению со штамповочными молотами является их высокая стоимость, меньшая универсальность, более сложная конструкция, регулировка и эксплуатация.

Общим недостатком штамповки на молотах и прессах является невозможность получения сквозного отверстия без перемычки, а также получения глухих полостей, высадки, так как на этих видах оборудования применяются штампы с одной (горизонтальной) плоскостью разъема.

Симметричные детали, конические и цилиндрические шестерни, кольца, втулки и т.д., как правило, изготавливают на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Машина ГКМ представляет собой пресс, рабочие органы которого движутся в горизонтальной плоскости.

Основным признаком штампов ГКМ является наличие двух взаимно перпендикулярных плоскостей разъема: 1) между пуансоном и матрицами; 2) между двумя матрицами.

Наличие двух плоскостей разъема штампа создает возможность получения сквозного отверстия без перемычки, высадки утолщений, глухих полостей и т.д. Напуски и штамповочные уклоны малы или отсутствуют. На ГКМ получают поковки массой до 30 кг с максимальным диаметром до 315 мм.

Выполнение отверстий или углублений в штамповках обязательно, если диаметр отверстия больше или равен высоте, а их размер не менее 30 мм.

**3) Литые заготовки.** Литье является одним из основных методов получения заготовок. Он включает множество способов его осуществления. Выбор способа получения заготовки для данной детали является ответственной задачей, так как вид заготовки определяет структуру и стоимость её последующей обработки, обеспечивает определенный набор эксплуатационных свойств материала. Для выбора оптимального варианта изготовления заготовки необходим тщательный технико–

экономический анализ. Выбранный способ получения заготовки должен обеспечить заданное качество детали при наименьшей себестоимости её изготовления.

В зависимости от способа изготовления заготовки её материал должен обладать определенным набором физико–механических и технологических свойств. При анализе возможности получения литой заготовки необходимо принимать во внимание такие технологические свойства материала как жидкотекучесть, усадка, склонность к ликвации, к образованию горячих и холодных трещин, поглощению газов.

Конфигурация, размеры и масса во многих случаях являются определяющими факторами при выборе способа получения заготовки. Литьем могут быть получены наиболее сложные по конфигурации заготовки с отверстиями, поднутрениями, внутренними полостями, однако каждому способу литья присущи ограничения по массе заготовки и толщине её стенок.

Кратная характеристика наиболее распространенных способов получения литых заготовок.

**Литье в песчано-глинистые формы.** Способ широко применяется в условиях единичного и мелкосерийного производства отливок из чугуна, стали и цветных сплавов без ограничения массы заготовки.

Отливки, полученные в песчано-глинистые формах, имеют сравнительно низкую точность размеров: 16-17 квалитетов для отливок из чугуна и стали, 12-16 квалитетов – для цветных сплавов и высокую шероховатость поверхности (Ra 25...100 мкм для стали и чугуна, Ra 12,5...50 мкм для цветных сплавов). Заготовки имеют большие припуски на механическую обработку.

**Литье в оболочковые формы.** Литье в оболочковые формы – процесс получения тонкостенных фасонных отливок в разовых литейных формах, в условиях крупносерийного и массового производства из черных и цветных металлов массой до 150 кг. Отливки из чугуна и стали имеют точность размеров 12...14 квалитетов, из цветных сплавов 11...12 квалитетов. Параметр шероховатости поверхности Ra 12,5...25 мкм – для углеродистой стали; Ra 6.3...12.5 мкм – для серого чугуна; Ra 3,2 ...12,5 - для цветных сплавов.

**Литье по выплавляемым моделям.** Данный способ позволяет получать точные отливки сложной формы из черных и цветных металлов в условиях крупносерийного и массового типов производств. Отливки массой до 50 кг имеют точность размеров 11...13 квалитетов для черных металлов и 10...12 квалитетов - для цветных сплавов, при этом параметр шероховатости поверхности Ra 1,6...12,5 мкм.

**Литье в кокиль.** Литье в кокиль - процесс получения толсто-стенных фасонных отливок в многократно используемой форме – кокиле в условиях серийного производства.

Отливки из черных металлов имеют точность размеров 14...16 квалитетов, из цветных сплавов 11...14 квалитетов. Параметр шероховатости поверхности для черных металлов Ra 6,3...25 мкм, для цветных сплавов - Ra 3.2...12.5.

Литьем в металлические кокили получают отливки из стали массой от 0,5кг до 12т, из чугуна - от 10г до 14т, из цветных сплавов - до 500кг. В кокилях из алюминиевых сплавов (кокилях «Парланти») получают отливки массой от 10г до 160 кг и точностью размеров, приближающиеся к точности отливок под давлением [8].

**Литье под давлением.** Литье под давлением – процесс получения тонкостенных отливок сложной формы в пресс-формах, которые заполняются расплавом под высоким давлением.

Литье под давлением применяется в условиях массового и крупносерийного производства для получения отливок из цинковых, магниевых, алюминиевых и медных сплавов, максимально приближенных по форме и размерам к готовой детали с точностью размеров 11...12 квалитетов, шероховатостью поверхности Ra 0,8...6,3 мкм, массой: алюминиевых - до 65 кг, цинковых - до 90кг, медных до 100 кг.

### 3.2 Экономическое обоснование выбора заготовки

Каждый из способов производства деталей имеет варианты применения способов изготовления заготовок. Выбор оптимального варианта способа получения заготовки должен производиться на основа-

нии технико-экономического анализа. При этом возможны следующие варианты:

- 1) метод получения заготовки изменяется, однако это не вызывает существенных изменений технологического процесса механической обработки.
- 2) метод получения заготовки изменяется, и в результате этого существенно изменяется ряд операций механической обработки детали.

В первом случае предпочтение следует отдать заготовке, характеризующейся меньшей её стоимостью и лучшим использованием металла.

Во втором случае вопрос о целесообразности определенного вида заготовки может быть решен лишь после расчета технологической себестоимости выполнения различающихся операций сравниваемых вариантов технологического процесса.

Оптимальным будет вариант, обеспечивающий меньшую общую стоимость, складывающуюся из стоимости заготовки ( $S_{\text{заг}}$ ) и технологической себестоимости выполнения операции ( $S_o$ ).

### 3.2.1 Стоимость заготовок из проката

Определение стоимости заготовки:

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_0 \quad (6)$$

где  $M$  - затраты на материал заготовки, руб;  $\sum C_0$  - себестоимость операции правки, калибровки прутков и резки их на мерные заготовки, приходящаяся на одну заготовку.

Затраты на материал определяются по массе проката, требующего на изготовление детали и массе сдаваемой стружки:

$$M = QS - (Q - q) \frac{S_{\text{отх}}}{1000}, \text{ руб.} \quad (7)$$

где  $Q$  - масса заготовки, кг;  $S$  - цена 1 кг материала заготовки, руб.;  $q$  - масса готовой детали, кг;  $S_{\text{отх}}$  - цена 1 тонны отходов, руб.

Стоимость некоторых металлов и заготовительные цены на стружку черных и цветных металлов приводятся в табл. 12 и 13.

### 3.2.2 Стоимость заготовок из литья

Стоимость заготовок, получаемых такими методами, как литье в обычные земляные формы и кокили, литье по выплавляемым моделям, литье под давлением, горячая штамповка на молотах, прессах, ГКМ, а также электровысадкой, можно с достаточной для курсового проектирования точностью определить по формуле:

$$S_{\text{лит}} = \left( \frac{C_1}{1000} Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{\Pi} \right) - (Q - q) \cdot \left( \frac{S_{\text{отх}}}{1000} \right), \quad (8)$$

где  $C_1$  - базовая стоимость 1 тонны заготовок, руб.;  $K_T, K_C, K_B, K_M, K_{\Pi}$  - коэффициенты, зависящие от класса точности, группы сложности, массы, марки материала и объема производства заготовок.

Таблица 13

#### Оптовые цены на некоторые материалы

Наименование	Марка	Цена за 1 т, тыс. руб.	
		от	до
1	2	3	4
<b>Сталь обыкновенного качества</b>			
Углеродистая круглая и квадратная	Ст 0, Ст 3	23,3	27,2
	Ст 4, Ст. 5	22,4	22,7
<b>Сталь качественная сортовая круглая, квадратная и шестигранная</b>			
Углеродистая сталь	10, 20, 30, 40, 45, 50, 55	27,3	49,9
Углеродистая сталь	40 селект, 45 селект	34,3	44,0
Легированная сталь	15X, 20X, 30X, 35X, 40X, 45X, 50X	45,05	81,5
Легированная	18ХГТ	47,3	49,9
»	30ХГТ	47,5	49,9
»	20ХГР	46,3	49,9
»	15ХГС, 30ХГС	45,8	67,0
»	12ХНЗА, 30ХНЗА	72,6	118,22
»	20ХНР	40,8	52,3
Автоматная сталь	A12, A20, A30, A40Г	24,0	29,5
Шарикоподшипниковая	ШХ9, ШХ15	55,3	31,1
Шарикоподшипниковая	ШХ15С	57,2	32,3
Шарикоподшипниковая	ШХ15СГ	61,3	72,4

Наименование	Марка	Цена за 1 т, тыс. руб.	
		от	до
<b>Сталь качественная инструментальная</b>			
Углеродистая	У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13	37,99	49,63
Углеродистая	У7А, У8А, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А	42,3	56,64
Легированная	ХВГ	63,07	105,38
Быстрорежущая	P18 (прутки Ø32-50 мм)	79,4	91,2
Быстрорежущая	P9 (прутки Ø32-50 мм)	63,4	78,2
Быстрорежущая	P9 Ф5 (прутки Ø32-50 мм)	64,3	79,8
Быстрорежущая	P9К10 (прутки Ø32-50 мм)	72,6	79,8
<b>Сталь качественная калиброванная (холоднотянутая)</b>			
Углеродистая сталь	35, 40, 45, 50, 55, 60	27,3	49,9
Автоматная сталь	A12, A20	52,4	
Шарикоподшипниковая	ШХ9, ШХ15	55,3	
<b>Трубы стальные бесшовные (цена за 10 пог. м трубы)</b>			
Трубы стальные холоднотянутые и холоднокатаные из стали марок 08-60:			
Ø55 мм стенка 10 мм		26,46	66,49
Ø70 мм » 10 мм		26,46	66,99
Ø90 мм » 10 мм		26,82	28,08
Трубы стальные горячекатаные (цена за тонну)			
Ø102 мм стенка 20 мм		32,45	37,63
Ø121 мм » 25 мм		40,47	57,13
Ø152 мм » 36 мм		43,0	58,7
<b>Трубы подшипниковые из стали ШХ15 (цена за тонну)</b>			
< Ø91 мм стенка 10-11 мм		27,45	29,5
» 18-19 мм		36,0	39,95
<b>Прокатно – тянутые изделия из цветных металлов и сплавов</b>			
Прутки латунные: Ø17 - 20 мм Ø35 - 40 мм	Л62	289,3	394,93
		284,56	388,45
Прутки латунные: Ø17 - 20 мм; Ø35 - 40 мм.	ЛС59-1 и ЛСЖ58-1-1	245,03	334,5
		243,45	332,34
Прутки алюминиево – магни- евого сплава: Ø13-19 мм; Ø28-44 мм.	АМГ-3	357,27	487,73
		328,82	448,88
Прутки бронзовые; Ø17- 20 мм Ø35- 40 мм.	Бр. ОЦ4-3	553,3	755,33
		534,33	729,43
<i>Примечание.</i> При выборе цен учитывать, что пределы «от» и «до» указаны для диаметров от 8 до 250 мм для сталей. Большие цены для меньших диаметров. По автоматным сталям диаметры от 8 до 100 мм.			



Заготовительные цены на одну тонну стружки черных и цветных металлов

Тип отходов	Стоимость, тыс. руб.
Стальная и чугунная стружка для доменных печей	4,55
Лом и отходы легированной стали	9,46
Лом и отходы шарикоподшипниковой стали	12,0
Лом и отходы алюминиевых сплавов (стружка)	46,16
Латунная стружка	100,86
Лом и отходы оловянистой бронзы	140,06

Для отливок, полученных литьем в обычных земляных формах и кокилях, рекомендуется пользоваться нижеприведенными данными.

Базовая стоимость одной тонны отливок  $C_1 = 29$  тыс. руб. (отливки из серого чугуна марок СЧ-00; СЧ 12-28; СЧ 15-32; СЧ 18-36 массой 1—3 кг, 3-го класса точности по ГОСТ 1855-55, 3-й группы сложности и 3-й группы серийности). Коэффициенты выбираются по следующим данным:

а) В зависимости от точности отливок значения коэффициента  $k_T$ :

для отливок из черных металлов:

1-й класс точности - 1,06;

2-й класс точности - 1,03;

3-й класс точности - 1.

для отливок из цветных металлов (по АН-1026-55):

4-й класс точности - 1,1;

5-й класс точности - 1,05;

6-й класс точности - 1.

б) В зависимости от марки материала значения коэффициента  $k_M$  следующие:

#### Чугун

СЧ-00, СЧ12-28, СЧ15 -32, СЧ 18-36	1
СЧ24-44, СЧ32-52, СЧ28-48	1,09
СЧ35-56, СЧ38-60	1,1
ВЧ 45-0, ВЧ 50 - 1,5, ВЧ 60-2	1,24
КЧ 30-6, КЧ 33-8, КЧ 35 -10, КЧ 37-12	1,15

#### Сталь

Углеродистая	1,21
Низколегированная	1,60
Легированная	2,20-2,60

### Сплавы цветных металлов

Алюминиевые сплавы	5,10
Магниевые сплавы	9,15
Медноцинковые сплавы и бронзы, оловянистые	4,15
Бронзы оловянисто - свинцовые	5,40
Цинковые сплавы	3,40

Коэффициенты, зависящие от группы сложности отливок  $k_C$ , массы отливок  $k_B$  и объема производства  $k_{II}$  определяются по табл. 14.

Чтобы определить коэффициент  $k_{II}$ , для курсового проектирования в качестве объема производства можно принимать годовую программу. Для этого необходимо сначала установить группу серийности по табл. 15, а затем на основании группы серийности по табл. 14 найти значения  $k_{II}$ .

Таблица 15

Значение коэффициентов  $k_C$ ,  $k_B$  и  $k_{II}$

Материал отливки	Группы сложности, $k_C$				
	1	2	3	4	5
Чугун, сталь	0,7	0,83	1	1,2	1,45
Алюминиевые сплавы	0,82	0,89	1	1,1	1,22
Магниевые сплавы	0,82	0,9	1	1,11	1,25
Медные сплавы и бронза	0,97	0,98	1	1,02	1,04
Цинковые сплавы	0,92	0,96	1	1,05	1,11
Масса отливки, кг	Материал отливок, $k_B$				
	чугун	сталь	алюминиевые сплавы	Магниевые сплавы	бронза и цинковые сплавы
0,5-1	1,1	1,07	1,05	1,07	1,01
1-3	1	1	1	1	1
3-10	0,91	0,93	0,96	0,97	0,99
10-20	0,84	0,87	0,92	0,94	0,99
20-50	0,8	0,82	0,89	0,91	0,98
50-200	0,74	0,78	0,85	0,88	0,97
200-500	0,67	0,74	0,82	0,78	0,9 6

Материал отливки	Группа серийности, $k_{п}$				
	1	2	3	4	5
Чугун	0,52	0,76	1	1,2	1,44
Сталь	0,5	0,77	1	1,2	1,48
Алюминиевые сплавы	0,77	0,9	1	1,11	1,22
Магниевые сплавы	0,82	0,92	1	1,1	1,17
Медноцинковые сплавы и бронза	0,91	0,96	1	1,05	1,08
Сплавы из цинка	0,85	0,93	1	1,06	1,14

Таблица 16

Группы серийности отливок в зависимости от способа получения и объема производства

Масса отливки, кг	Объем (тыс. шт.) при группах серийности		
	1	2	3
<i>Литье в обычные земляные формы и кокилы</i>			
0,5-1	> 500	100-500	<100
1-3	>350	75-350,	<75
3-10	>200	30-200	<30
10- 20	>100	15-100	<15
20- 50	>60	10-60	<10
50- 200	>40	7,5-40	<7,5
200- 500	>25	4,5-25	<4,5
<i>Литье по выплавляемым моделям</i>			
0,1-0,2	>400	300-400	<300
0,2-0,5	>300	225-300	<225
0,5-1	>15	11-15	<11
1-2	>12	9-12	<9
2-5	>10	7-10	<7
5-10	>4	3-4	<3
>10	>3	2-3	<2
<i>Литье под давлением</i>			
0,1-0,2	>600	450-600	<450
0,2-0,5	>500	375-500	<375
0,5-1	>400	300-400	<300
1-2	>300	225-300	<225
2-5	>200	150-200	<150
5-10	>100	75-100	<75
>10	>50	35-50	<35

Для отливок, полученных литьем по выплавляемым моделям, за

базовую принята стоимость одной тонны  $C_2=56280$  руб. (отливки из углеродистой стали, массой 0,1 - 0,2 кг, 3-й группы сложности, 2-й группы сложности). Коэффициенты выбираются по следующим данным:

а) в зависимости от точности отливок значения коэффициента  $k_T$  принимают:

1-й класс точности (ГОСТ 1855-55)	1,1
2-й класс точности (АН 1026-55)	1,05
3-й класс точности то же	1

б) в зависимости от материала отливок значения коэффициента  $k_M$  следующие:

Сталь углеродистая	1
Сталь низколегированная	1,04
Сталь высоколегированная	1,23
Медные сплавы	1,65
Бронза безоловянистая	1,52
Бронза оловянистая	1,83

Коэффициенты, зависящие от группы сложности отливок  $k_C$  и массы  $k_B$ , принимают по табл. 16.

Коэффициент  $k_{II}$  для отливок, получаемых по выплавляемым моделям, определяется независимо от марки материала отливки. Группа серийности, на основании которой выбираются значения коэффициента  $k_{II}$ , приведена в табл. 15.

Значения коэффициента  $k_{II}$  в зависимости от группы серийности составляют:

1-я группа серийности	0,83
2-я группа серийности	1,00
3-я группа серийности	1,23

Для отливок, полученных литьем под давлением, в качестве базовой принята стоимость одной тонны отливок  $C_3=138500$  руб. (Отливки из алюминиевых сплавов, массой 0,1 – 0,2 кг, 3-й группы сложности, 2-1 группы серийности).

Значение коэффициентов  $k_C$  и  $k_B$ 

<i>Материал отливки</i>		<b>Группа сложности, <math>k_C</math></b>				
		I	2	3	4	5
Сталь углеродистая		0,86	0,92	1	1,12	1,24
Сталь низколегированная		0,86	0,93	1	1,11	1,23
Сталь высоколегированная		0,85	0,90	1	1,12	1,26
Медные сплавы		0,865	0,925	1	1,15	1,26
Бронза безоловянистая		0,9	0,95	1	1,08	1,19
Бронза оловянистая		0,92	0,95	1	1,10	1,15
<i>Масса отливки, кг</i>	<b>Материал отливок, <math>k_B</math></b>					
	<b>сталь углеродистая и низколегированная</b>	<b>сталь высоколегированная</b>	<b>медный сплав</b>	<b>бронза безоловянистая</b>	<b>бронза оловянистая</b>	
0,05-0,10	1,37	1,31	1,20	1,30	1,30	
0,10-0,20	1	1	1	I	1	
0,20- 0,50	0,75	0,78	0,95	0,79	0,83	
0,50-1	0,7	0,74	0,89	0,76	0,80	
1,00- 2	0,62	0,63	0,86	0,71	0,76	
2-5	0,50	0,53	0,82	0,64	0,70	
5, 00- 10	0,45	Q.48	0,78	0,61	0,67	
> 10	0,38	0,40	0,72	0,57	0,64	

Коэффициенты выбираются по следующим данным:

а) в зависимости от класса точности (по АН 1026-55) значения коэффициента  $k_T$  составляют:

1-й класс точности	1,05
2-й класс точности	1

б) в зависимости от материала отливок коэффициент  $k_M$  принимается:

Алюминиевые сплавы	1
Магниевые сплавы	1,5
Медные сплавы	0,93
Цинковые сплавы	0,81

Значения коэффициентов  $k_C$ ,  $k_B$  и  $k_{II}$  приведены в табл. 17. Группа серийности принимается по табл. 15.

Отливки к той или иной группе сложности можно отнести по следующим признакам.

**I группа** — удлиненные детали типа тел вращения, которые можно отливать не только стационарным, но и центробежным способом. К ним относятся простые и биметаллические вкладыши, некоторые втулки и гильзы, трубы, цилиндры, некоторые типы шпинделей с фланцами, коленчатые и распределительные валы и др. Отношение длины к диаметру у таких деталей больше единицы.

**II группа** — детали типа дисков: маховики и основные диски муфт сцепления, шкивы, диски, корпуса подшипников.

**III группа** — простые по конфигурации коробчатые плоские детали, для формовки которых не требуется большого количества стержней. К этой группе относятся передние, боковые и нижние крышки двигателей; крышки коробок скоростей, передних бабок и других корпусных деталей; суппорты станков; кронштейны; планки; вилки; рычаги.

**IV группа** — закрытые корпусные детали коробчатого типа, внутри которых монтируются механизмы машин. Это — блоки и головки цилиндров автомобильных, тракторных и других двигателей; корпуса коробок передач; картеры двигателей; корпуса мостов автомобилей и тракторов; картеры рулевого управления; передние бабки, коробки подач и фартуки токарных станков, коробки скоростей и подач сверлильных станков и другие детали сложной формы, для изготовления которых требуется значительное количество стержней при формовке.

**V группа** — крупные и тяжелые коробчатые детали, на которых обычно монтируются узлы и механизмы машин. К ним можно отнести коробчатые литые рамы тракторов и сельскохозяйственных машин, станины металлорежущих станков и литейных машин, а также прессы, компрессоров и др. Внутри таких деталей обычно не монтируются какие-либо механизмы, т. е. они служат как несущие конструкции.

Значение коэффициентов  $k_C$ ,  $k_B$  и  $k_P$ 

Материал отливки		Группы сложности, $k_C$			
		1	2	3	4
Алюминиевые сплавы		0,88	0,94	1	1,07
Магниевые сплавы		0,85	0,92	1	1,07
Медные сплавы		0,90	0,95	1	1,07
Цинковые сплавы		0,88	0,93	1	1,07
Масса отливки, кг	Материал отливки, $k_B$				
	алюминиевые сплавы	Магниевые сплавы	медные сплавы	цинковые сплавы	
0,1 - 0,2	1	1	1	1	
0,2 - 0,5	0,90	0,85	0,89	0,91	
0,5 - 1	0,81	0,75	0,81	0,82	
1 - 2	0,75	0,68	0,75	0,75	
2 - 5	0,69	0,61	0,71	0,7	
5 - 10	0,64	0,57	0,67	0,63	
> 10	0,62	0,55	0,65	0,61	
Материал отливки		Группа серийности, $k_P$			
		1	2	3	
Алюминиевые сплавы		0,92	1	1,09	
Магниевые сплавы		0,88	1	1,08	
Медные сплавы		0,93	1	1,07	
Цинковые сплавы		0,93	1	1,07	

### 3.2.3 Стоимость горячештампованных заготовок

Стоимость горячештампованных заготовок (полученных на молотах, прессах, горизонтально-ковочных машинах и электровысадкой) определяется следующим образом.

За базу принимается стоимость одной тонны штамповок  $C_4=99600$  руб. (штамповки из конструкционной углеродистой стали, массой 2,5 – 4 кг, 2-го класса точности по ГОСТ 7505-55, 3-й группы сложности и 2-й группы серийности).

Коэффициенты выбираются по следующим данным:

а) в зависимости от класса точности штамповка по ГОСТ 7505 – 55 значения коэффициента  $k_T$  принимаются:

1-й класс точности	1,05
2-й класс точности	1



3-й класс точности 0,90

б) в зависимости от марки материала штамповки значения коэффициента  $k_M$  составляют:

Углеродистая сталь 08-85	1
Сталь 15Х-50Х	1,18
Сталь 18ХГТ -30ХГТ	1,27
Сталь ШХ15	1,62
Сталь 12ХНЗА-30ХНЗА	1,98

Значение коэффициентов  $k_C$  и  $k_B$  приводятся в табл. 18.

Коэффициент  $k_{II}$  определяется из следующего условия. Объем производства заготовок больше значений, указанных в табл. 19, то принимают  $k_{II} = 0,8$ . В остальных случаях можно принимать  $k_{II} = 1,0$ .

Различают группы сложности: С1,С2,С3,С4.

Коэффициент

$$C = G_{II} / G_{\Phi}, \quad (9)$$

где  $G_{II}$  и  $G_{\Phi}$  – массы соответственно поковки и простой фигуры, в которую вписывается поковка. Для поковок группы С1 коэффициент  $C = 0,63 \dots 1$ ; для группы С2 коэффициент  $C = 0,32 \dots 0,63$ ; для группы С3 коэффициент  $C = 0,16 \dots 0,32$ ; для группы С4 коэффициент  $C < 0,16$  [22, стр. 145].

Таблица 19

Значение коэффициентов  $k_C$  и  $k_B$

Материал штамповки	Группа сложности, $k_C$				
	С1	С2	С3	С4	
Сталь углеродистая 08-85	0,75	0,84	1	1,15	
Сталь 15Х-50Х	0,77	0,87	1	1,15	
Сталь 18ХГТ-30ХГТ	0,78	0,88	1	1,14	
Сталь ШХ15	0,77	0,89	1	1,13	
Сталь 12ХНЗА-30ХНЗА	0,81	0,90	1	1,1	
Масса штамповки, кг	Материал штамповок, $k_B$				
	сталь 08-85	сталь 15Х-50Х	сталь 18ХГТ...30ХГТ	сталь ШХ15	сталь 12ХНЗА...30ХНЗА
$\leq 0,25$	2	2	1,94	1,82	1,62
0,25-0,63	1,85	1,64	1,61	1,52	1,42
0,63-1,6	1,33	1,29	1,29	1,3	1,25
1,60-2, 5	1,14	1,14	1,15	1,14	1,11

2, 50-4	1	1	1	1	1
4, 00-10	0,87	0,89	0,89	0,88	0,9
10, 00-25	0,8	0,8	0,79	0,76	0,8
25,00- 63	0,73	0,73	0,74	0,71	0,75
63, 00-160	0,7	0,7	0,72	0,65	0,7

Таблица 20

Объем производства штамповок, соответствующий  
2-й группе серийности

Масса штамповки, кг	Объем производства, тыс. шт.
≤0,25	15 - 500
0,25-0,63	8 - 300
0,63-1,6	5 - 150
1,6-2. 5	4, 5 - 120
2, 5-4	4 - 100
4-10	3,5 - 75
10-25	3 - 50
25-63	2 - 30
63-160	0,6-1

### 3.2.4 Определение себестоимости выполнения операций механической обработки

В себестоимость включаются только изменяющиеся по вариантам статьи затрат на единицу продукции:

$$C_0 = C_3 (\varepsilon \cdot k \cdot y + H/100) \quad (10)$$

где  $C_0$  - себестоимость выполнения операции обработки единицы продукции, руб.

$C_3$  - основная зарплата рабочего станочника- сдельщика за выполнение операции обработки одного изделия:

$$C_3 = C_{т.ф.} \cdot T_{ш-к} / 60, \quad (11)$$

где  $C_{т.ф.}$  - часовая тарифная ставка станочника- сдельщика соответствующего разряда, руб/час (табл. 20);  $T_{ш-к}$  - штучно- калькуляционное время выполнения операции обработки одного изделия, мин.;  $\varepsilon$  - коэффициент, учитывающий дополнительную з/п и страховые сборы

$$\varepsilon = K_d \cdot K_c, \quad (12)$$

где  $K_d$ - коэффициент учитывающий дополнительную з/п, равную 14%...20% от основной з/п, то есть.  $K_d=1.14...1.2$ ;  $K_c$  - коэффициент, учитывающий страховые сборы, равный 34% от основной з/п , то есть  $K_c=1.34$

$K$ - коэффициент, учитывающий з/п наладчика(если наладка станка выполняется самим рабочим, то  $K=1$ , в условиях массового производства  $K=1,1...1,15$ );  $y$ - коэффициент, учитывающий оплату рабочего при многостаночном обслуживании.

Количество станков, обслуживаемых одним рабочим можно принимать следующим: универсальные станки (токарные, протяжные, сверлильные, фрезерные, строгальные, шлифовальные) - 1,0; токарные многолезцовые полуавтоматы - 1...2; многошпиндельные полуавтоматы - 2...3; одношпиндельные автоматы - 3...4; зуборезные полуавтоматы - 4...5.

Коэффициент  $y$  можно принимать в зависимости от числа одновременно обслуживаемых станков 1, 2, 3, 4 и 5;  $y$  соответственно равен 1; 0,65; 0,48; 0,39 и 0,35.

Таблица 21

## Часовые тарифные ставки на 1.02.2011г.

Разряд	Станки	Прочие	С доплатой за вредность					
			4%	8%	12%	16%	20%	24%
	(н.у)	(н.у)						
1	34,40	31,27	32,52	33,78	35,02	36,28	37,53	38,78
	5676	5160	5366	5573	5779	5986	6192	6398
2	38,18	34,72	36,10	37,49	38,88	40,27	41,66	43,05
	6300	5728	5957	6186	6415	6644	6874	7103
3	42,32	38,47	40,01	41,55	43,09	44,63	46,17	47,71
	6983	6348	6602	6856	7110	7364	7618	7872
4	47,12	42,84	44,55	46,26	47,98	49,69	51,41	53,12
	7775	7068	7351	7633	7916	8199	8482	8764
5	52,29	47,53	49,44	51,33	53,24	55,14	57,04	58,94

Разряд	Станки	Про- чие	С доплатой за вредность					
				8628	7843	8157	8470	8784
6	58,13	52,85	54,96	57,08	59,19	61,30	63,42	65,53
	9592	8720	9069	9418	9766	10115	10464	10813
Тарифные ставки на работы (коп/мин)								
1	57,3	52,1	54,2	56,3	58,4	60,5	62,6	64,6
2	63,6	57,9	60,2	62,5	64,8	67,1	69,4	71,8
3	70,5	64,1	66,7	69,3	71,8	74,4	77,0	79,5
4	78,5	71,4	74,3	77,1	80,0	82,8	85,7	88,5
5	87,2	79,2	82,4	85,6	88,7	91,9	95,1	98,2
6	96,9	88,1	91,6	95,1	98,7	102,2	105,7	109,2

Н - накладные расходы, включающие в себя общепроизводственные и общехозяйственные расходы, которые берутся в процентах от основной заработной платы рабочего станочника - сдельщика.

Величина накладных расходов колеблется в значительных пределах на различных предприятиях (в среднем можно принять  $N=350\%-450\%$ ).

**Пример.** Сопоставить два варианта получения заготовки при изготовлении цилиндрической шестерни (рис. 1).

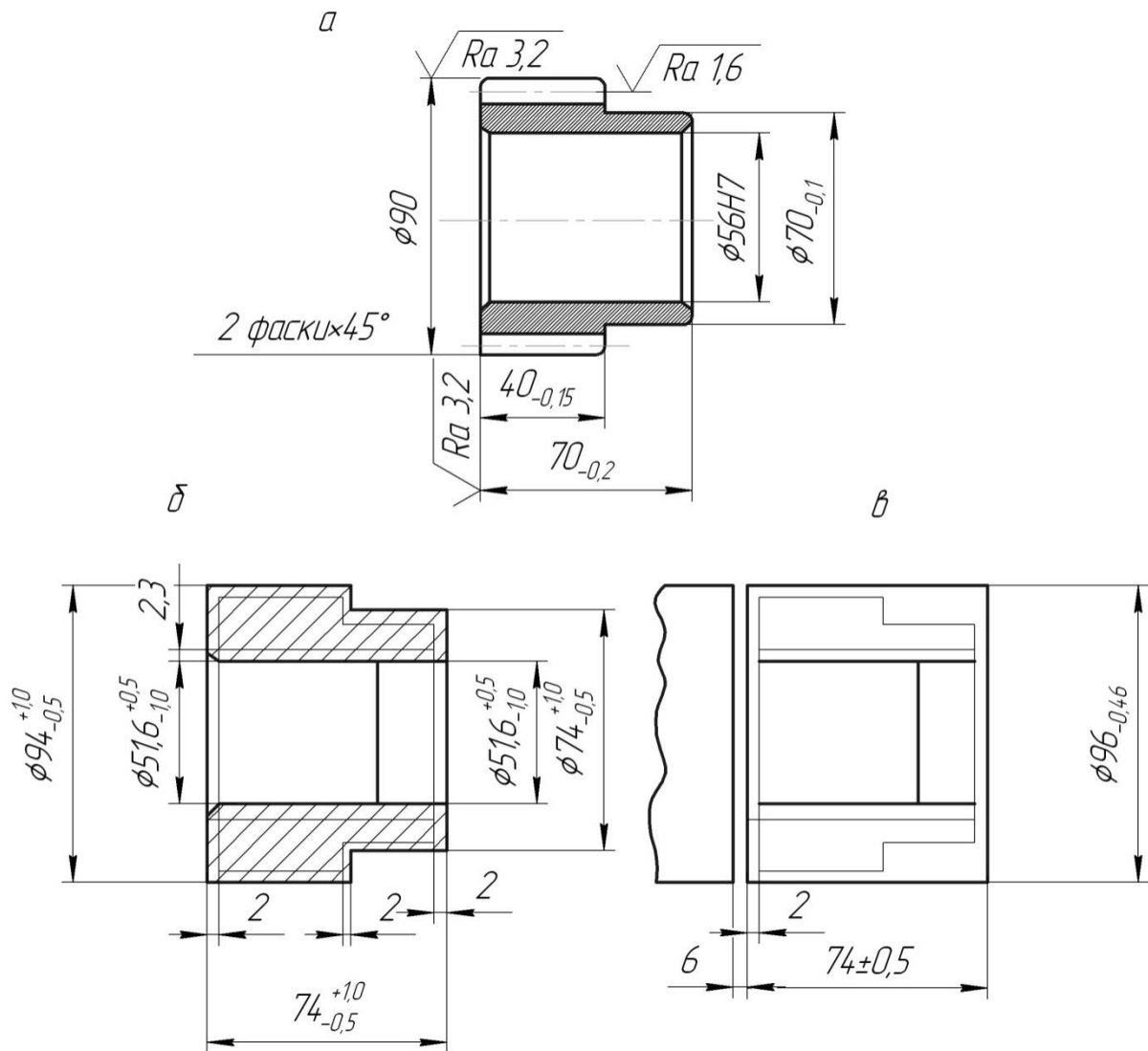


Рисунок 1. Эскизы чертежей детали и заготовки: а - детали; б - штампованной заготовки; в – заготовки из проката

Материал детали – сталь 12ХНЗА, масса готовой детали 1.37 кг.  
Годовая программа – 100 тыс. шт.

Отличительными особенностями сопоставляемых вариантов является:

- а) в первом варианте заготовка получается штамповкой на ГКМ (рис.1, б).
- б) во втором варианте в качестве заготовки используется калиброванный прокат  $\phi 96$  мм (рис.1, в).

Исходные данные, необходимые для определения стоимости сравниваемых заготовок, представлены в табл.21

Таблица 22

## Исходные данные для расчета стоимости заготовки

Показатели	Вариант 1	Вариант 2
Вид заготовки	Штамповка на ГКМ	Прокат Ø 96×80
Класс точности	2-й ГОСТ7505-74	h12
Группа сложности	2	-
Масса заготовки Q, кг	2,471	4,734
Стоимость 1 кг заготовки, принятых за базу, S <sub>ш</sub> , руб.	99,6	75,2
Стоимость 1 кг стружки S <sub>отх</sub> , руб.	9,46	9,46

**1-й вариант.** Стоимость заготовки, полученной на ГКМ.

$$S_{\text{заг}}^{\text{ш}} = Q_{\text{ш}} \cdot S_{\text{ш}} \cdot K_{\text{T}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}} - (Q_{\text{м}} - q) S_{\text{отх}}$$

$$Q_{\text{ш}} = 2,471 \text{ кг}$$

$$S_{\text{ш}} = 99,6 \text{ руб./кг}$$

$$K_{\text{T}} = 1,0; K_{\text{с}} = 0,9; K_{\text{в}} = 1,1; K_{\text{м}} = 1,79; K_{\text{п}} = 0,8$$

$$q = 1,376 \text{ кг}$$

$$S_{\text{отх}} = 9,46 \text{ руб./кг}$$

$$S_{\text{заг}}^{\text{ш}} = 2,471 \cdot 99,6 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \cdot 1,79 \cdot 0,8 - (2,471 - 1,376) \cdot 9,46 = 338,1$$

Итак: стоимость штампованной заготовки  $S_{\text{заг.ш}} = 338,1$  руб.

**2-й вариант.** Стоимость заготовки из проката

$$S_{\text{заг}}^{\text{пр}} = M + C_0$$

M - стоимость материала.

$$M = Q_{\text{пр}} \cdot S_{\text{пр}} - (Q_{\text{пр}} - q) S_{\text{отх}}$$

$$S_{\text{пр}} = 75,2 \text{ руб./кг}$$

$$S_{\text{отх}} = 9,46 \text{ руб./кг}$$

$$M = 4,734 \cdot 75,2 - (4,734 - 1,376) \cdot 9,46 = 324,77 = 324,8 \text{ руб.}$$

$C_0$  = стоимость операции отрезки заготовки

$$C_0 = C_3 \cdot (\varepsilon \cdot K \cdot y + H/100)$$

$$C_3 = \frac{C_{\text{т.ф}} \cdot T_{\text{ш}}}{60} \text{ (см. формулу 11 с. 41)}$$

$$C_{\text{т.ф.}} = 31,18 \text{ (часовая ставка рабочего станочника 2-го разряда)}$$

$$T_{\text{ш}} = T_0 \cdot \varphi_{\text{к}}$$

$$T_0 = 0,19 \cdot D^2 \cdot 10^{-3} \quad [3, \text{ приложение 5}]$$

$$D = 96 \text{ мм}$$

$$\varphi_k = 1,36 \quad [3, \text{ приложение 5}]$$

$$T_{\text{ш}} = 0,19 \cdot 96^2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,36 = 2,38 \text{ мин}$$

$$C_3 = \frac{31,18 \cdot 2,38}{60} = 1,24 \text{ руб}$$

$$\varepsilon = K_d \cdot K_c$$

$$\text{при } K_d = 1,2, K_c = 1,34 \quad (\text{см. стр. 42})$$

$$\varepsilon = 1,2 \cdot 1,34 = 1,6$$

$$K = 1,1; y = 1,0 \quad (\text{см. стр. 42})$$

$$\text{Принимаем } H = 450\% \quad (\text{см. стр. 43})$$

$$C_0 = 1,24(1,6 \cdot 1,1 \cdot 1,0 + 450/100) = 7,74 \text{ руб}$$

$$S_{\text{заг}}^{\text{пр}} = M + C_0 = 324,8 + 7,74 \text{ руб} = 332,5 \text{ руб}$$

Стоимость заготовки из проката  $S_{\text{заг}}^{\text{пр}} = 332,5 \text{ руб.}$

Стоимость заготовки из проката ниже стоимости штампованной заготовки. Однако трудоемкость последующей механической обработки заготовки из проката будет выше, чем штампованной заготовки.

Чтобы приблизить размеры и форму заготовки из проката к штампованной заготовке необходимо: 1) проточить начерно ступицу с  $\varnothing 96$  до  $\varnothing 74$ , то есть снять слой металла  $Z = \frac{96-74}{2} = 11 \text{ мм}$  (на сторону); 2) просверлить отверстие  $\varnothing 50 \text{ мм}$

Токарную обработку (обдирочную) можно выполнить на универсальном токарно-винторезном станке 16к20 за 3 прохода:

1 проход- точение с  $\varnothing 96$  до  $\varnothing 88 \text{ мм}$  ( $z=4 \text{ мм}$ );

2 проход- точение с  $\varnothing 88$  до  $\varnothing 80 \text{ мм}$  ( $z=4 \text{ мм}$ );

3 проход- точение с  $\varnothing 80$  до  $\varnothing 74 \text{ мм}$  ( $z=3 \text{ мм}$ ).

Сверление отверстия  $\varnothing 50$  на вертикально-сверлильном станке 2Н150. Штучное время выполнения операций определим с помощью укрупненных нормативов по формуле:

$$T_{\text{ш}} = 0,00017 D l \varphi_k, [3] - \text{ для токарной операции}$$

где  $D$  и  $l$  – диаметр и длина ступени обработки соответственно;  $\varphi_k$  – коэффициент, учитывающий вспомогательное и дополнительное время.

1 проход  $D=88, l=34$ ;

2 проход  $D=80, l=34$ ;

3 проход  $D=74, l=34$ ;

$\varphi_k=1.34$  [бприл.5];

$$T_{o\Sigma}=T_{o1}+T_{o2}+T_{o3},$$

где  $T_{o1}, T_{o2}, T_{o3}$ - основное время выполнения соответственно 1-го, 2-го и 3-го проходов.

$$T_{o\Sigma}=0,00017 \cdot 88 \cdot 34 + 0,00017 \cdot 80 \cdot 34 + 0,00017 \cdot 74 \cdot 34 = 1,397 \text{ мин}$$

$$T_{ш}=1,397 \cdot 1,34 = 1,87 \text{ мин}$$

Трудоемкость выполнения операции сверления отверстия  $\varnothing 50$  определим по формуле:

$$T_{ш}=0,52 \text{ Д} l \cdot 10^{-3} \cdot \varphi_k \quad [3]$$

где  $D$  и  $l$ - диаметр и длина обрабатываемой поверхности:  $D=50$ ;  $l=74$  мм

$\varphi_k=1,3$  [3].

$$T_{ш}=0,52 \cdot 50 \cdot 74 \cdot 10^{-3} \cdot 1,3 = 2,5 \text{ мин}$$

Стоимость выполнения токарной операции:

$$C_o^T = \frac{31,18 \cdot 1,87}{60} \left( 1,6 \cdot 1,1 \cdot 1,0 + \frac{450}{100} \right) =$$

$$7,4 \text{ руб} = C_{\varepsilon} \cdot k \cdot y + H100 = C_{т.ф.} \cdot T_{ш} 60 (\varepsilon \cdot k \cdot y + H100)$$

$C_{т.ф.} = 31,18 \frac{\text{руб}}{\text{час}}$  - часовая тарифная ставка рабочего станочника 2-го разряда.

$$T_{ш}=1,87 \text{ мин}, \varepsilon=1,6; k=1,1, y=1,0; H=450\%$$

$$C_o^T = \frac{31,18 \cdot 1,87}{60} \left( 1,6 \cdot 1,1 \cdot 1,0 + \frac{450}{100} \right) = 7,4 \text{ руб}$$

Стоимость выполнения сверлильной операции;

$$C_{т.ф.} = 31,18 \frac{\text{руб}}{\text{час}}$$

$$T_{ш}=2,5 \text{ мин}, \varepsilon=1,6; k=1,1, y=1,0; H=450\%.$$

$$C_o^{CB} = \frac{31,18 \cdot 2,5}{60} \left( 1,6 \cdot 1,1 \cdot 1,0 + \frac{450}{100} \right) = 9,9 \text{ руб}$$

Стоимость дополнительной механической обработки заготовки из проката составляет  $C_{o\Sigma} = C_o^T + C_o^{CB} = 7,4 + 9,9 = 17,3 \text{ руб}$

Стоимость заготовки из проката с учетом стоимости дополнительной механической обработки будет равна

$$S_{заг\Sigma}^{пр} = S_{заг}^{пр} + C_{o\Sigma} = 332,5 + 17,3 = 349,8 \text{ руб}$$



Таким образом стоимость заготовки из проката с учетом дополнительной механической обработки  $S_{\text{заг}\Sigma}^{\text{пр}}$  оказывается выше стоимости штампованной заготовки  $S_{\text{заг}}^{\text{ш}}$ .

$$S_{\text{заг}\Sigma}^{\text{пр}} = 349,8 \text{ руб} > S_{\text{заг}}^{\text{ш}} = 338,1 \text{ руб}$$

Применение штампованной заготовки обеспечивает годовой экономический эффект

$\mathcal{E} = (S_{\text{заг}\Sigma}^{\text{пр}} - S_{\text{заг}}^{\text{ш}}) N = (349,8 - 338,1) 100000 = 1 \text{ млн} 100 \text{ тыс. руб}$   
при этом экономится 226 тонн легированной стали 12ХНЗА.

## **4. Определение последовательности обработки поверхностей заготовки. Выбор технологических баз**

### **4.1 Общие положения**

1. Исходя из требований чертежа, учитывая точность размеров и шероховатости, конфигурацию, материал, потребность в химико-термической обработке установить для каждой поверхности количество переходов и видов обработки (черновой, получистовой, чистовой, отделочный и др.).

2. Решить вопрос о дифференциации или концентрации технологических переходов: переходы могут быть выполнены в виде отдельных операций на одношпиндельных станках или на отдельных позициях одной операции, выполняемой на многошпиндельных станках. Решение этого вопроса тесно связано с выбором оборудования. Что в свою очередь зависит от типа производства. В крупносерийном и массовом типе производства многопереходные операции могут быть выполнены на многошпиндельных автоматах, полуавтоматах, агрегатных, специальных станках. В мелкосерийном и серийном производстве на отдельных станках с ЧПУ с дифференциацией переходов, на многоцелевых станках с концентрацией переходов (черновых и чистовых) и видов обработки (точение, сверление, фрезерование и т.д.).

3. Установить последовательность выполнения операций.

Несмотря на разнообразие типов деталей, многообразие конструктивного исполнения деталей, различие геометрических форм, размеров в построении технологических процессов механической обработки имеют общие закономерности:

- 1) на первых операциях обрабатываются поверхности, которые в дальнейшем используются в качестве технологических баз при выполнении большинства операций;
- 2) предварительная и чистовая обработка главных поверхностей;
- 3) обработка вспомогательных поверхностей;
- 4) обработка мелких и резьбовых отверстий;
- 5) в конец маршрута выносятся чистовая и отделочная обработка наиболее точных поверхностей деталей (тонкое шлифование, хонин-

гование, суперфиниш, притирка, а также обработка легко повреждаемых поверхностей).

Помимо подготовки технологических баз, которые будут использованы при выполнении большинства операций техпроцесса, на первой операции решаются также следующие важные задачи:

- 1) достижение требуемого положения обрабатываемых поверхностей относительно необрабатываемых;
- 2) обеспечение равномерного распределения припуска на обрабатываемые поверхности.

Решение этих задач тесно связано с вопросом выбора технологических баз для первой операции, когда приходится базировать заготовку, у которой ещё нет обработанных поверхностей.

## **4.2 Выбор технологических баз**

### **4.2.1 Общие рекомендации**

Необходимо обосновать выбор черновых и чистовых баз для обработки всех поверхностей детали, руководствуясь при этом следующими соображениями:

а) использовать *принцип единства баз*; его соблюдение гарантирует наилучшие по точности результаты;

б) в ходе обработки на всех основных технологических операциях в качестве технологической базы использовать одни и те же поверхности (соблюдение *принципа постоянства баз*), в т. ч. центровые отверстия и фаски, два отверстия в плоскостях корпусных деталей для базирования их на установочные пальцы;

в) когда постоянство технологической базы не может быть обеспечено, в качестве новой технологической базы следует выбирать обработанные поверхности; если при этом базовая поверхность не является измерительной, то необходимо произвести перерасчет чертежных размеров и установить производственные технологические допуски.

При выборе черновой базы принимать во внимание следующее:

а) если у детали не все поверхности обрабатываются, то в качестве черновой базы следует принимать те поверхности, которые остаются необрабатываемыми;

б) если деталь подвергается полной обработке, за черновую базу следует принимать поверхности с наименьшими припусками;

в) черновые базовые поверхности должны быть, по возможности, гладкими.

На последующих промежуточных операциях технологического процесса выбор баз производится с учетом следующих требований:

а) используется *принцип кратчайших путей*, согласно которому в качестве технологических баз принимают те поверхности, которые необходимо связать с обрабатываемой поверхностью кратчайшей размерной цепью;

б) не меняют без основания базы, так как переход от одной к другой вносит дополнительную ошибку во взаимное расположение; эта ошибка равна погрешности во взаимном расположении баз;

в) переходят при смене баз от менее точной к более точной;

г) после термической обработки чаще всего исправляют те базы, которые использовались ранее.

#### **4.2.2 Некоторые рекомендации по выбору технологических баз при обработке типовых деталей**

**1) Обработка деталей типа “Валы”.** Основными базами подавляющего большинства валов являются поверхности его опорных шеек. Однако использовать их в качестве технологических баз при обработке наружных поверхностей затруднительно. Поэтому при большинстве операций за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки, что позволяет обрабатывать почти все наружные поверхности вала на постоянных базах с установкой его в центрах. Центровые отверстия стандартизированы. Существует несколько типов центровых отверстий, из которых для валов чаще всего применяются три (табл.22).

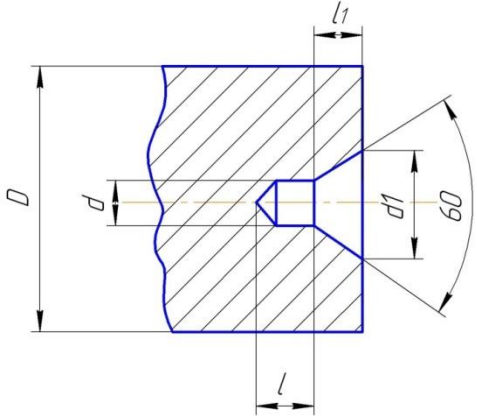
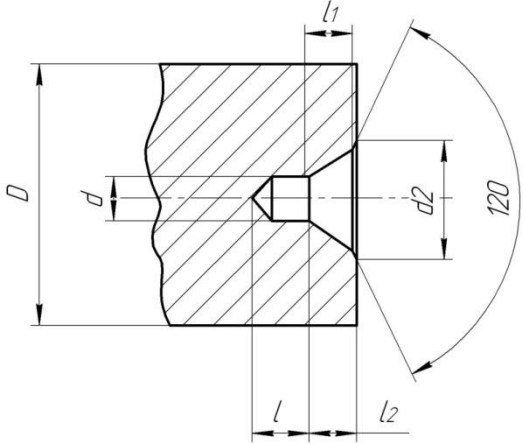
Рабочими участками являются конуса, которыми вал опирается на центры станка в процессе обработки. Цилиндрические участки диаметром  $d$  необходимы для предотвращения контакта вершины станочных центров с заготовкой.

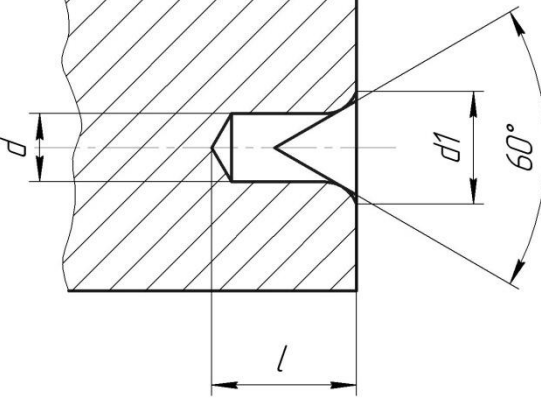
Если передний центр выполнен неподвижным в осевом направлении, то он будет выполнять функции технологической базы в направлении оси  $Z$  - опорная точка 5 на схеме базирования (рис.2). Измерительная база (пов. А) не совпадает с технологической (пов. Б конуса центрального отверстия), а следовательно будет возникать погрешность базирования ( $\varepsilon_6$ ) продольных размеров, заданных от торца вала, величина которой будет определяться погрешностью выполнения глубины центрального отверстия ( $l_{ц}$ ), то есть  $\varepsilon_6 = T_{l_{ц}}$ , где  $T_{l_{ц}}$  погрешность размера  $l_{ц}$ .

Для исключения погрешности базирования при выдерживания длины ступеней от торца вала необходимо в качестве технологической базы использовать торец заготовки.

Таблица 23

## Формы центральных отверстий

Эскиз	Обозначение	Назначение
	А (без предохранительного конуса)	Изделия, после изготовления которых необходимость в центральных отверстиях отпадает
	В (с предохранительным конусом)	Изделия, в которых центральное отверстие является базой для повторного или многократного использования, либо сохраняются в готовых изделиях

Эскиз	Обозначение	Назначение
	R (с дугообразными образующими)	Изделия повышенной точности

С этой целью заготовку устанавливают на плавающий передний центр 1, который за счет пружины 2 имеет возможность смещаться в осевом направлении (по оси Z) и независимо от колебания глубины центрального отверстия торец А заготовки под действием силы Р со стороны заднего центра 4 всегда будет опираться на неподвижную (в осевом направлении) часть шпинделя станка 3 (рис. 3). Торец А будет являться одновременно и технологической (опорная точка 5) и измерительной базой размера 1. Погрешность базирования размера 1 будет равна нулю.

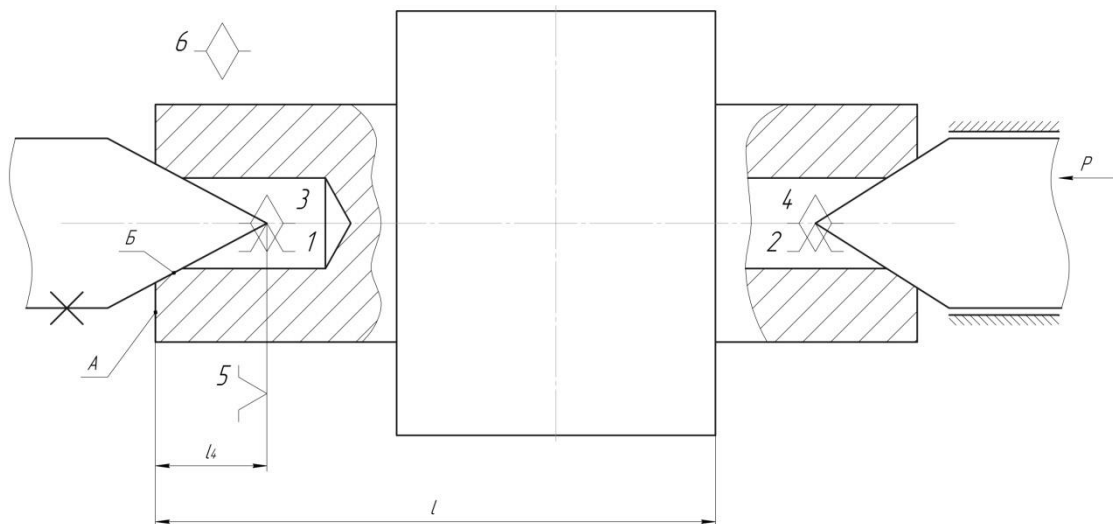


Рисунок 2. Схема базирования детали в центрах с жестким передним центром

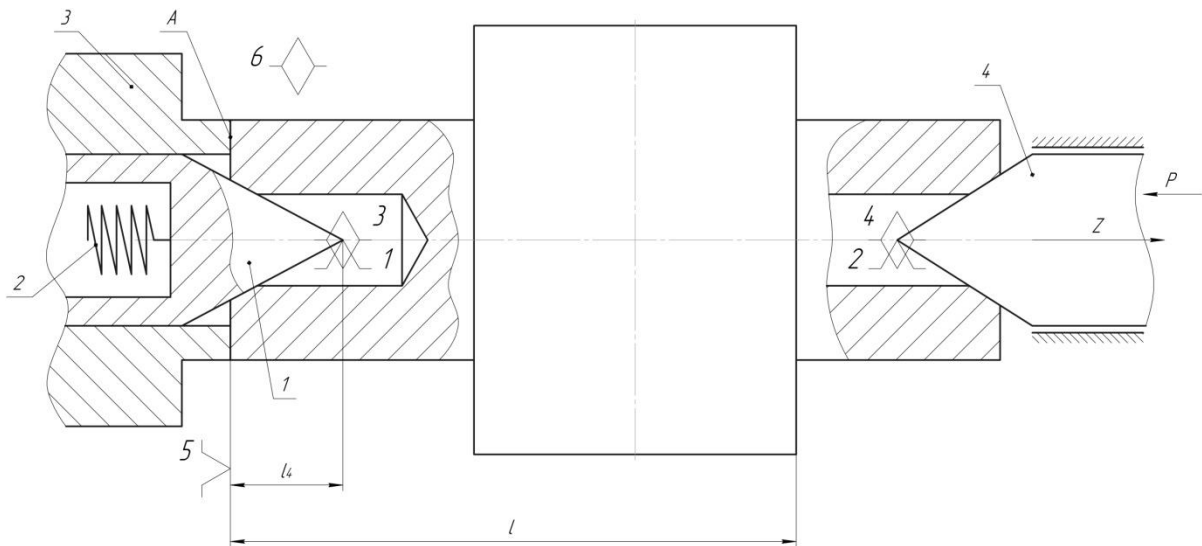


Рисунок 3. Схема базирования детали в центрах с “плавающим” передним центром

Выбор технологических баз для первой операции зависит от серийности производства и имеющегося в распоряжении оборудования. Для равномерного распределения припусков наиболее оптимальным является использование в качестве технологических баз поверхностей опорных шеек с установкой заготовки в самоцентрирующих призмах (рис. 4). При большой программе выпуска данная операция выполняется, как правило, на фрезерно-центровальных полуавтоматах последовательного действия или барабанного типа.

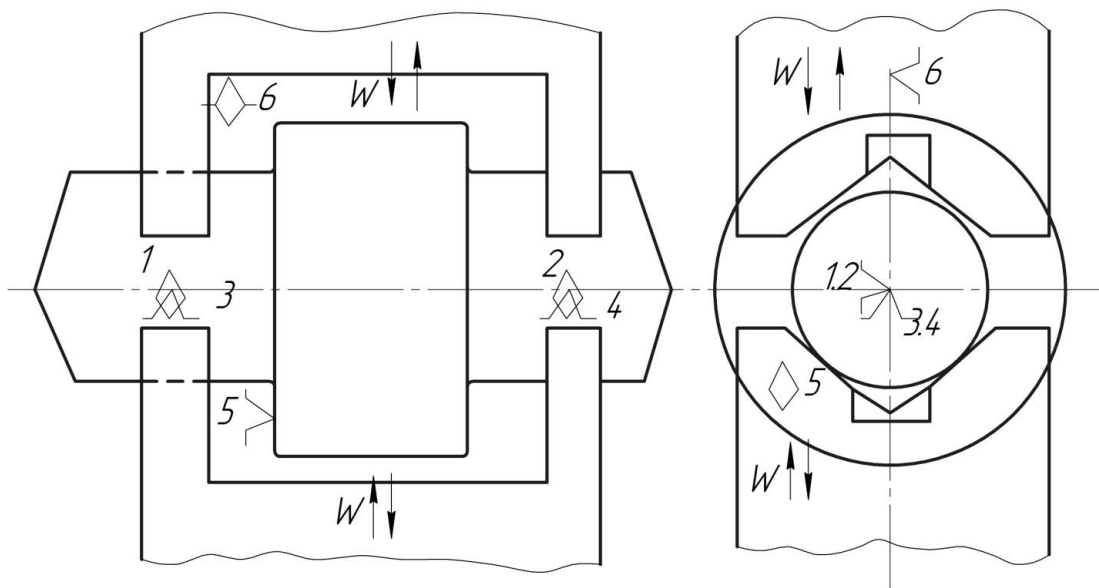


Рисунок 4. Схема базирования вала в самоцентрирующих тисках с призматическими губками

Полуавтоматы предназначены для двухстороннего фрезерования и зацентровки валов. Обеспечивают параллельность торцов и перпендикулярность их к оси детали, что дает возможность в дальнейшем их не обрабатывать.

Основное машинное время операции на полуавтоматах последовательного действия складывается из основного времени выполнения первого перехода - фрезерования торцов и второго перехода - зацентровки.

На полуавтоматах барабанного типа время выполнения обоих переходов совмещено, и основное время операции определяется длительностью лимитирующего перехода. На этих полуавтоматах стол с заготовками вращается непрерывно, установка заготовки и снятие обработанной детали выполняется "на ходу". По производительности они превосходят однопозиционные полуавтомат последовательного действия в 2 - 2.5 раза.

Если заготовка устанавливается на неподвижные призмы, то упрощается конструкция приспособления, но при зацентровке вала возникает погрешность базирования ( $\epsilon_b$ ),

$$\epsilon_b = \frac{T_{D_{\text{заг}}}}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha / 2}, \quad (13)$$

где  $T_{D_{\text{заг}}}$  — допуск диаметра опорных шеек, используемых в качестве технологической базы на первой операции;  $\alpha$  - угол призмы.

В этом случае необходимо увеличить общий припуск на величину  $2l = T_D / \sin \alpha / 2$  и сниматься он будет неравномерно:

Разность между  $Z_{\text{max}}$  и  $Z_{\text{min}}$  (рис. 5) будет

$$Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}} = 2l = T_D / \sin \alpha / 2 .$$

При небольшой программе выпуска деталей операция выполняется обычно на токарном станке за две установки последовательно, сначала с одной стороны вала, потом - с другой. Заготовка закрепляется в кулачковом патроне с базированием по одной из основных цилиндрических поверхностей.



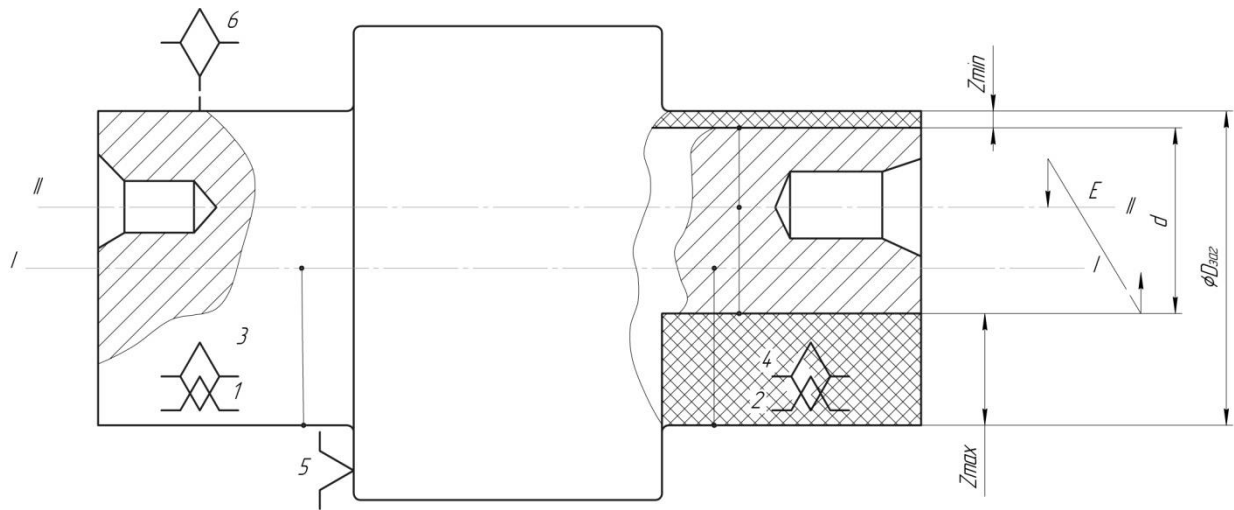


Рисунок 5. Схема базирования заготовки на неподвижные призмы и её влияние на величину снимаемого припуска: I-I - общая ось симметрии опорных шеек; II-II - общая ось симметрии центровых отверстий

Помимо обработки торца и зацентровки вала в первую установку протачивается начерно одна из цилиндрических поверхностей с обеспечением соосности её с центровым отверстием, и которая после переустановки будет использоваться в качестве технологической базы при обработке второго центрового отверстия и торца вала. Такая подготовка технологических баз для выполнения большинства операций требует назначения повышенных припусков и не обеспечивает его равномерного распределения.

**2) Обработка корпусных деталей.** При обработке корпусных деталей могут быть использованы следующие способы базирования:

- по трем взаимно перпендикулярным плоским поверхностям (в координатный угол);
- по двум взаимно перпендикулярным плоским поверхностям и отверстию;
- по плоской поверхности и двум отверстиям.

Наиболее распространена схема базирования по плоской поверхности и двум отверстиям с использованием цилиндрического (поз.1) и срезанного (поз. 2) пальцев (рис. 6).

Данная схема базирования проста, удобна, не требует приложения дополнительных сил для обеспечения гарантированного контакта базовых поверхностей заготовки с установочными элементами, что выполняется при базировании в “координатный угол” (рис. 7).

$W_1$  и  $W_2$  - дополнительные силы для предотвращения возможного отрыва заготовки от технологических баз приспособления.

Схема базирования по плоской поверхности и двум отверстиям широко применяется в автоматизированном производстве для непосредственного базирования корпусных деталей (блоков цилиндров, головок блоков цилиндров, корпусов редукторов и т.д.), а также для базирования приспособлений- спутников (П-С), а также палет в гибких производственных системах (ГПС).

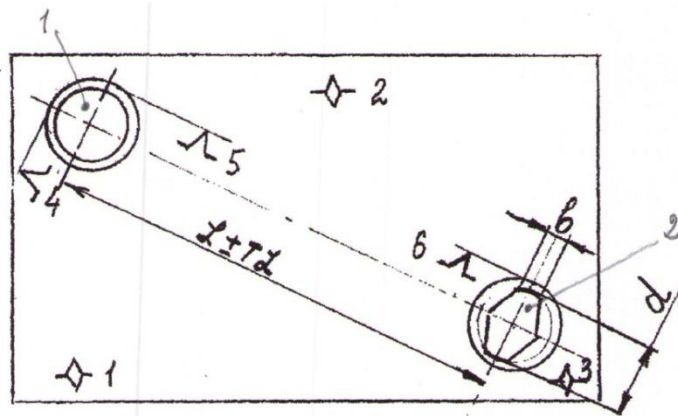


Рисунок 6. Схема базирования по плоской поверхности и двум отверстиям

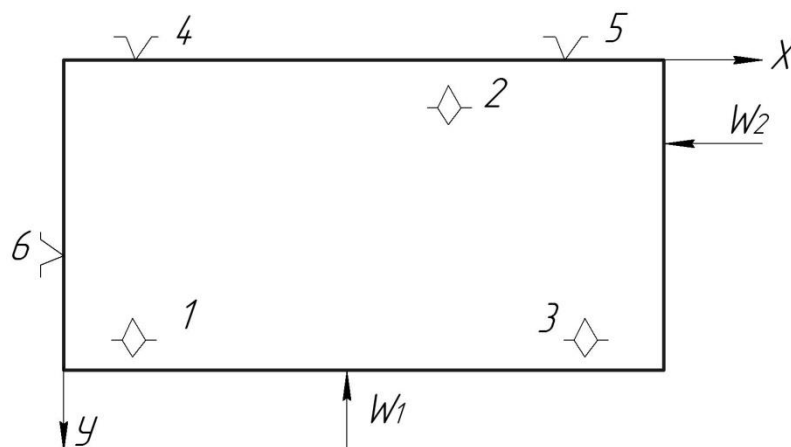


Рисунок 7. Схема базирования по трем взаимно-перпендикулярным плоским поверхностям (в “координатный угол”)

Если по служебному назначению на плоской поверхности не предусмотрены отверстия, то они вводятся в конструкцию детали дополнительно в качестве технологических баз. Отверстия должны быть точными (7-8 квалитет), с шероховатостью поверхности Ra 0.8...1,6 мкм на максимальном удалении друг от друга (L max). Таким образом, на первой операции необходимо обработать плоскую поверхность и два отверстия, которые в дальнейшем будут использованы в качестве технологических баз при выполнении большинства операций. Плоская поверхность является установочной базой, а в качестве установочной базы рекомендуется принимать поверхность наибольших габаритных размеров, которая обеспечит достаточную устойчивость и жесткость заготовки.

После выбора баз для большинства операций необходимо решить следующий важный вопрос: выбрать технологические базы для выполнения первой операции. Решение этого вопроса зависит от конструкции корпуса и требований предъявляемых к нему. Возможны 2 случая:

- 1) все поверхности корпуса подлежат обработке;
- 2) часть поверхностей корпуса подлежат обработке, другая часть - остается необработанной.

В первом случае в качестве технологических баз могут быть использованы поверхности основных отверстий, которые часто обрабатываются по 7-8 квалитетам с высокими требованиями к форме отверстий и их взаимному расположению с другими поверхностями корпуса. Если отверстия в заготовке корпуса получены не грубее 14 квалитета, для базирования по основным отверстиям могут быть использованы разжимные пальцы и оправки с кольцевыми мембранами (тарельчатыми пружинами).

Если отверстия в заготовке грубее 14 квалитета, можно использовать грибковые центра. На рис. 8 показана одна из возможных схем базирования корпусной детали с использованием разжимной оправки.

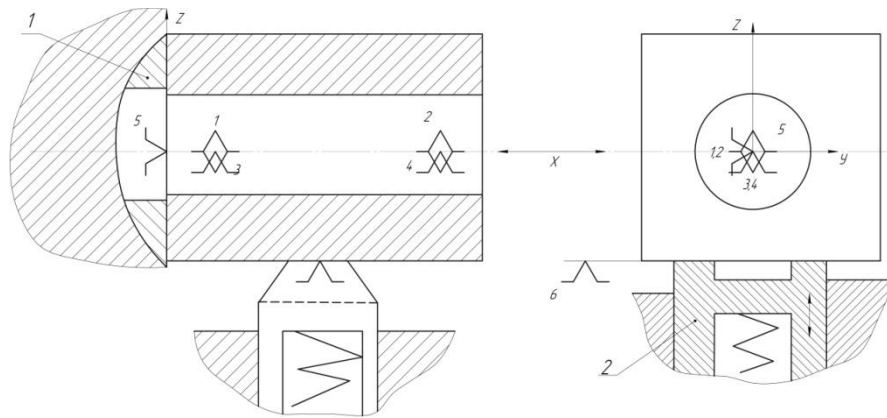


Рисунок 8. Схема базирования корпусной детали с использованием разжимной оправки, самоустанавливающейся (поз. 1) и подпружиненной (поз. 2) опор приспособления

Разжимная оправка является двойной направляющей технологической базой, лишаящей заготовку 4-х степеней свободы. Прилегающий к отверстию торец может быть только опорной технологической базой (опорная точка 5). Чтобы компенсировать неперпендикулярность торцевой поверхности и отверстия и обеспечить "плоскостной" контакт её с опорой приспособления, последняя (поз. 1 и рис. 8) должна быть "самоустанавливающейся". Контакт такой опоры с торцевой поверхностью корпуса будет "плоскостным" (условных точек контакта - 3), но при 2-х степенях свободы (поворотах вокруг осей  $Y, Z$ ) она будет лишать заготовку одной степени свободы - опорная точка 5. Шестой степени свободы (поворот вокруг оси  $X$  - главного отверстия - технологической базы) можно лишить с помощью подпружиненной опоры (поз. 2) - линейной подвижной опоры (условных точек контакта с поверхностью корпуса - две, но имеющей одну степень свободы (перемещение по оси  $Z$ )).

Во втором случае, когда одна часть поверхностей корпуса подлежит обработке, а другая – остается необработанной, при выборе технологических баз на первой операции необходимо исходить из решения следующих задач:

1) обеспечение требуемой точности взаимного расположения обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей;

2) обеспечение равномерного распределения припуска на поверхности, подлежащей обработке.

Рассмотрим пример выбора технологических баз при обработке корпусной детали (рис. 9), где 1 - ось симметрии боковых поверхностей корпуса; 2 - ось симметрии отверстия.

В результате обработки необходимо обеспечить точность положения главного отверстия – требуемое расстояние  $A$  и параллельность  $\lambda$  оси отверстия основанию. Необходимо обеспечить также симметричность положения отверстия относительно наружного контура ( $E = \pm 0,5$  мм) и требуемый размер  $B$  полки.

В качестве технологических баз при обработке большинства поверхностей деталей примем плоскую поверхность основания, которая является основной базой корпуса, и перпендикулярные к ней два отверстия.

Эти поверхности (плоскую поверхность основания и два перпендикулярных к ней отверстия) необходимо обработать на первой операции.

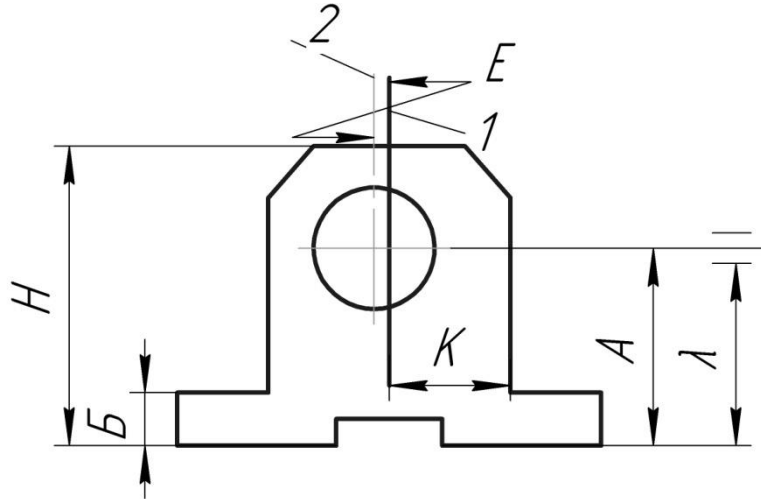


Рисунок 9. Эскиз корпусной детали

При выборе технологических баз на первой операции рассмотрим 2 варианта: по варианту 1 на первой операции 01 принята следующая схема базирования (рис. 10): боковая поверхность корпуса - установочная база (опорные точки 1, 2 и 3), поверхность полки – направляющая база (опорные точки 4 и 5); поверхность одного торца - опорная

база (опорная точка 6). Данная схема базирования может быть реализована при установке корпуса в приспособлении тисочного типа с одной неподвижной губкой и второй - подвижной, с помощью которой на заготовку передается сила закрепления "Р".

На первой операции обрабатывается основание корпуса - выдерживается размер Б полка, который является окончательным, т.е.  $B_{01}=B_{\Delta}$ ,  $T_{B_{01}}=T_{B_{\Delta}}$  ( $T_{B_{01}}$  - допуск размера  $B_{01}$ ) и обрабатываются 2 технологических отверстия, которые, в дальнейшем будут использованы в качестве технологических баз при обработке большинства других поверхностей. Выдерживаются размеры  $M_{01}$  и размер  $L_{01}$ . Размером  $M_{01}$  координируется положение одного из технологических отверстий относительно установочной базы - боковой поверхности корпуса, которая в свою очередь координируется размером  $K_{00}$  относительно оси симметрии корпуса. Данный размер выдерживается на заготовительной операции (операция «00»). На второй операции (операция «02») производится обработка главного отверстия.

Технологические базы на второй операции: Основание корпуса - установочная база; первое технологическое отверстие – двойная опорная база (опорные точки 4 и 5); второе технологическое отверстие – опорная база (опорная точка 6).

Выдерживаются размеры:  $A_{02}$  и  $\lambda_{02}$ -координирующие положение главного отверстия относительно основания корпуса - технологической базы:  $A_{02}=A_{\Delta}$  и  $\lambda_{02}=\lambda_{\Delta}$ ; размер  $\Gamma_{02}$ , связывающий ось главного отверстия и ось первого пальца – технологической базы приспособления.

Размер Е, определяющий симметричность главного отверстия относительно внешнего контура, является замыкающим звеном размерной цепи, составляющими звеньями которой являются размеры  $\Gamma_{02}$ ,  $M_{01}$  и  $K_{00}$  (рис. 10, б)

$$[E]+\Gamma_{02}-M_{01}-K_{00}=0 \quad (14)$$

$$[E]=M_{01}+K_{00}-\Gamma_{02} \quad (15)$$

$$TE=TM_{01}+TK_{00}+T\Gamma_{02} \quad (16)$$

При  $TM_{01}=0,5\text{мм}$ ;  $TK_{00}=0,8\text{мм}$ ;  $T\Gamma_{02}=0,2\text{мм}$

$$TE=0,5+0,8+0,2=1,5\text{мм}$$

Таким образом, принятая в первом варианте схема базирования, не обеспечивает выполнение требования по симметричности  $E_{\text{доп}}=1\text{мм}$ .

По второму варианту в качестве технологических баз на первом операции приняты: плоскость симметрии внешнего контура корпуса – установочная база (рис. 11);

поверхность полков - направляющая база;

поверхность одного торца – опорная база.

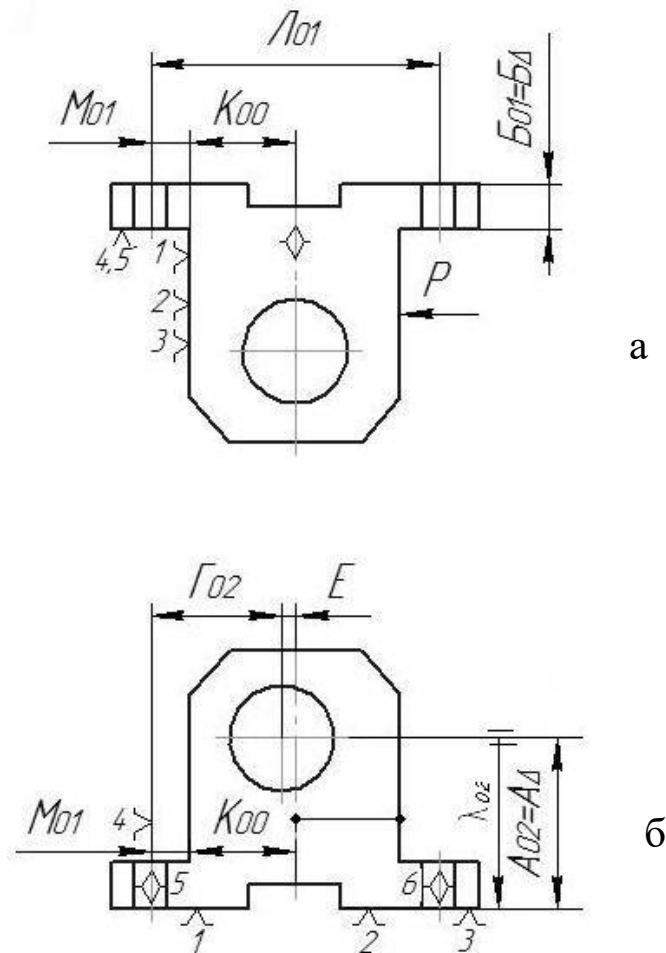


Рисунок 10. Операционные эскизы обработки корпуса по первому варианту: а – операция 01; б – операция 02

Такая схема базирования может быть реализована установкой заготовки корпуса в самоцентрирующих тисках.

На первой операции, как и в первом варианте обрабатываются поверхности, которые в дальнейшем используются в качестве технологических баз при выполнении других операций.

Выдерживаются размеры  $B_{01} = B_{\Delta}$ ,  $M_{01}$  и  $L_{01}$ .

На второй операции (операция 02) производится обработка главного отверстия. Выдерживаются размеры:  $A_{02} = A_{\Delta}$ ,  $\lambda_{02} = \lambda_{\Delta}$  и размер  $\Gamma_{02}$ .

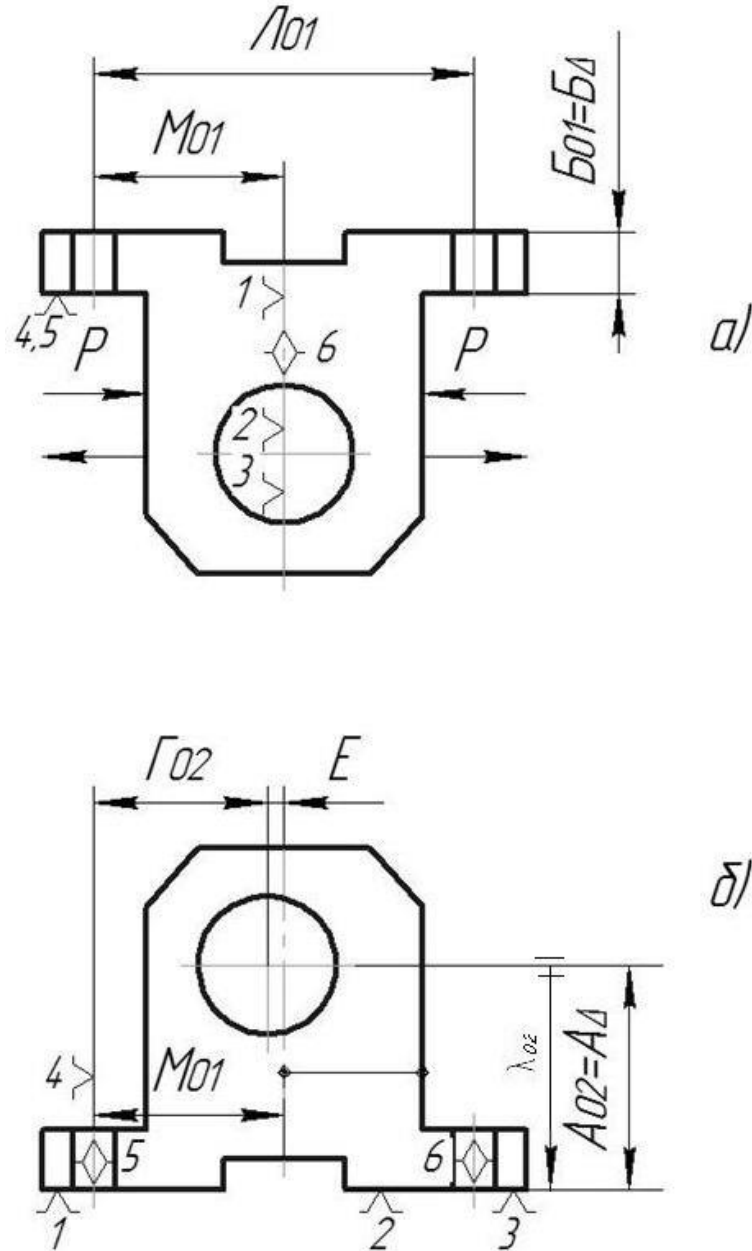


Рисунок 11. Операционные эскизы обработки корпуса по второму варианту: а – операция 01; б – операция 02

Размер  $E$  характеризующий симметричность расположений главного отверстия относительно внешнего контура является замыкающим звеном размерной цепи, составляющими звеньями которой является размеры  $\Gamma_{02}$  и  $M_{01}$ .



$$[E] + \Gamma_{02} - M_{01} = 0 \quad (17)$$

$$[E] = M_{01} - \Gamma_{02} \quad (18)$$

$$TE = TM_{01} + T\Gamma_{02} \quad (19)$$

При  $TM_{01} = 0,4 \text{ мм}$ ;  $T\Gamma_{02} = 0,2 \text{ м}$ ;  $TE = 0,4 + 0,2 = 0,6 \text{ мм}$ .

Принятая во втором варианте схема базирования на первой операции обеспечивает выполнение требования по симметричности расположения главного отверстия относительно внешнего контура корпуса.

**3) Выбор технологических баз при обработке зубчатых колес.** Основными базами при выполнении большинства операций механической обработки зубчатых колес с отношением длины главного отверстия к его диаметру  $l/d \geq 1$  является

- 1) поверхность главного отверстия - двойная направляющая база (базирование на разжимные оправки различной конструкции);
- 2) поверхность одного из торцов - опорная база;
- 3) поверхность отверстия или торца - опорная база (обеспечивается силами трения при закреплении);

На первой операции технологическими базами являются:

- 1) поверхность зубчатого венца (рис. 12, а) или ступицы (рис. 12, б) - двойная направляющая база;

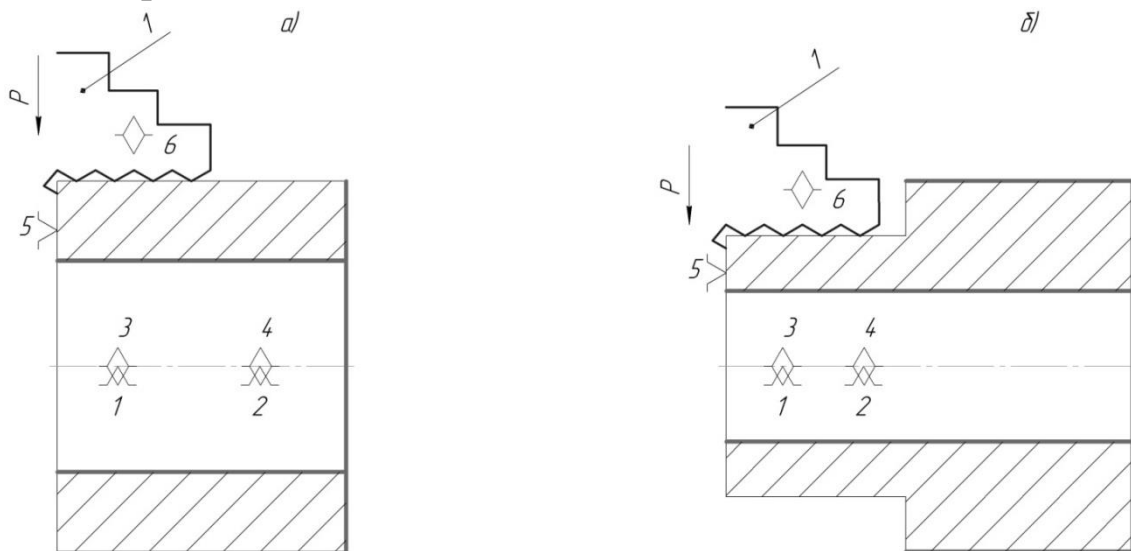


Рисунок 12. Схемы базирования при выполнении 1-ой операции обработки зубчатых колес: а – без ступицы; б - со ступицей

- 2) поверхность одного из торцов - опорная база;
- 3) поверхность зубчатого венца - опорная база.

Такая схема базирования реализуется закреплением в 3-х кулачковом самоцентрирующем патроне с длинными кулачками (поз. 1, рис. 12).

### **4.3 Расчет припусков на механическую обработку**

Припуском на механическую обработку следует считать слой металла заготовки, предусматриваемый для компенсации погрешностей, возникающих как в процессе получения заготовки, так и в процессе ее механической обработки. Различают:

1. общие припуски;
2. операционные припуски.

Операционный припуск - это слой металла, удаленный с заготовки при выполнении одной технологической операции (ГОСТ 3.1109-82).

Общий припуск - слой металла, удаленный с заготовки при выполнении всех операций или переходов для получения окончательно обработанной детали.

Как указывалось ранее существует 2 принципиально различных метода достижения точности:

1. пробных проходов;
2. автоматического приучения размеров при работе на настроенном оборудовании.

Первый используется в единичном производстве. Второй – в серийном и массовом производствах. То есть наиболее распространенный метод - второй. На рис. 13 показана схема снятия припуска при обработке на настроенном станке.

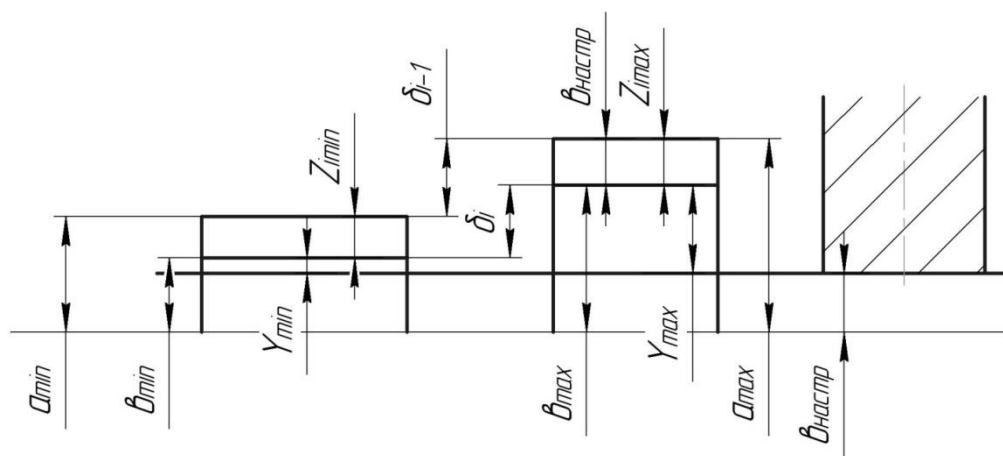


Рисунок 13. Схема снятия припуска при обработке на настроенном станке

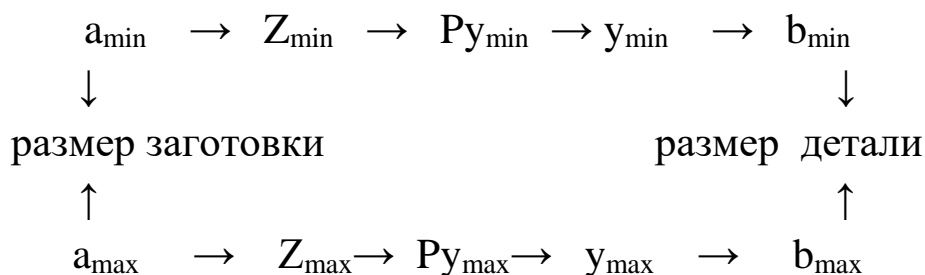
Принятые обозначения на рис. 13:  $a_{\min}$  и  $a_{\max}$  - соответственно минимальный и максимальный размеры заготовки;  $\delta_{i-1}$  - допуск заготовки;  $i$ - выполняемый переход;  $i-1$  предшествующий переход (в данном случае переход получения заготовки);  $b_{\min}$  и  $b_{\max}$  - соответственно минимальный и максимальный размеры детали, получаемые при выполнении  $i$ -го перехода;  $\delta_i$ - допуск размера детали;  $Z_{\min}$  и  $Z_{\max}$  - минимальный и максимальный припуски (фактические);  $b_{\text{настр}}$  - настроенный размер.

Заготовки поступают на обработку с колебанием размеров ( $a_{\min}$  и  $a_{\max}$ ), значит и припуски на обработку этих поверхностей будут различны.

С заготовки с минимальным размером ( $a_{\min}$ ) будет сниматься минимальный припуск ( $Z_{\min}$ ) с заготовки с максимальным размером ( $a_{\max}$ ) - максимальный припуск ( $Z_{\max}$ ).

Колебание величины припуска приводит к колебанию силы резания, а, вследствие податливости технологической системы, к различной величине упругой деформации ( $y_{\min}, y_{\max}$ ).

Возникает такая закономерность:



Колебанию размеров заготовка в пределах допуска  $\delta_{i-1}$  соответствует колебание размеров детали в пределах допуска  $\delta_i$ .

Припуски на обработку поверхностей детали может быть назначены по соответствующим справочным таблицам, ГОСТам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков (РАМОП).

РАМОП разработан проф. В.М Кованом. По РАМОП расчетной величиной является минимальный припуск на обработку, достаточный для устранения на выполняемом переходе погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующем переходе и компенсации погрешности, возникающих на выполняемом переходе.

### Расчетные формулы.

Минимальный припуск на обработку при методе автоматического получения размеров рассчитываются следующим образом.

**Минимальный припуск:** при последующей обработке противоположных поверхностей (односторонний припуск):

$$Z_{imin}=(Rz+h)_{i-1}+\rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (20)$$

- при параллельной обработке противоположных поверхностей (двусторонний припуск):

$$2Z_{imin}=2[(Rz+h)_{i-1}+\rho_{i-1} + \varepsilon_i] \quad (21)$$

- при обработке наружных и внутренних поверхностей (двусторонний припуск):

$$2Z_{imin}=2[(Rz+h)_{i-1}+\sqrt{\rho_{i-1}^2+\varepsilon_i^2}]; \quad (22)$$

где  $Rz_{i-1}$  - высота неровностей профиля на предшествующем переходе;  $h_{i-1}$  - глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероженный или отбеленный слой);  $\rho_{i-1}$  - суммарные отклонения расположения поверхности (отклонения от параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечений осей) и в некоторых случаях отклонения формы поверхности (отклонения от плоскости, прямолинейности на предшествующем переходе);  $\varepsilon_i$ -погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Обтачивание цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах, бесцентровое шлифование:

$$2Z_{imin}=2[(Rz+h)_{i-1}+\rho_{i-1}] . \quad (23)$$

Развертывание плавающей разверткой, протягивание отверстий:

$$2Z_{imin}=2(Rz+h)_{i-1} . \quad (24)$$

Суперфиниш, полирование, раскатка (обкатка):

$$2Z_{imin}=2Rz_{i-1} \quad (25)$$

### Пример расчета припусков на обработку.

Рассчитать  $2Z_{min}$  :

$$2Z_{imin}=2[(Rz+h)_{i-1}+\sqrt{\rho_{i-1}^2+\varepsilon_i^2}] ;$$

$\varepsilon_i=0$  погрешность установки в центрах равна нулю. т.е. формула принимает вид:

$$2Z_{imin}=2[(Rz+h)_{i-1}+\rho_{i-1}] .$$

Заготовка получена штамповкой на ГKM, нормальной точности, массой 11,3 кг.

$$Rz_{i-1}=150 \text{ мкм}, h_{i-1}=250 \text{ мкм}.$$

из таблиц справочной литературы. [3 с.63 табл. 4.3]

$$\rho_{i-1}=\sqrt{\rho_{см}^2+\rho_{кор}^2+\rho_{ц}^2} , \quad (26)$$

где  $\rho_{см}$  – смещение по плоскости разъема матриц;  $\rho_{см}=1$  мм [22 с.187, табл.18];  $\rho_{кор}$  - коробление заготовки.

$$\rho_{кор}=\Delta_k \cdot l, \quad (27)$$

где  $\Delta_k$  – удельная кривизна в мкм на 1 мм длины;  $\Delta_k=1$  мкм/мм [3 с. 71, табл. 4.8];  $l$  – длина,  $l=138$  (см. рис. 14);  $\rho_{кор}=1 \cdot 138=0,138 \approx 0,14$ мм;  $\rho_{ц}$  - погрешность зацентровки вала на фрезерно-центровальном полуавтомате [3 с. 69]

$$\rho_{ц}=\sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2+0,25^2} \quad (28)$$

при  $\alpha=90$  (угол призмы) (установка вала на призмы с односторонним прижимом);  $\delta_3$  - допуск на изготовление базовой поверхности шеек, по которым осуществится базирование на призмы т.е. допуск на диаметр шеек заготовки,  $\delta_3=3$ мм

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1,52 \text{ мм}; \quad \rho_{i-1} = \sqrt{1^2 + 0,14^2 + 1,52^2} = 1,82 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{min}} = 2(150 + 250 + 1820) = 2 \cdot 2220 \text{ мкм}.$$

Более подробно методика расчета припусков приведена в справочно-технической литературе [22], [8], [3], [21].

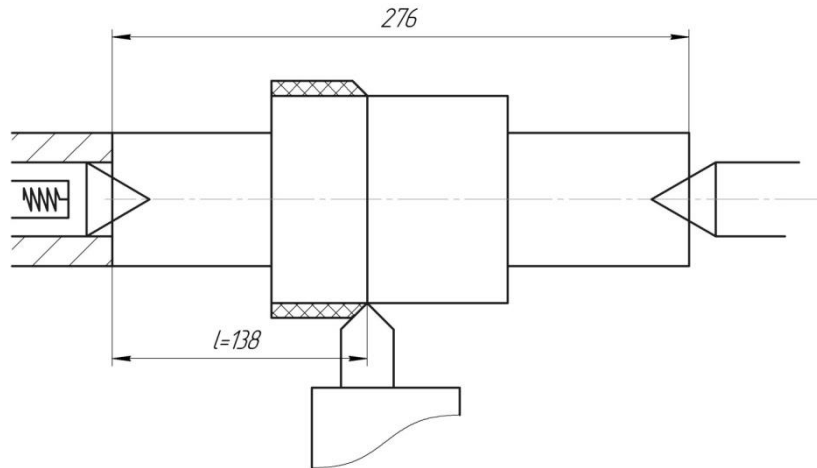


Рисунок 14. Обтачивание вала в центрах на настроенном оборудовании

#### 4.4 Выбор оборудования, режущего инструмента, измерительных средств, приспособлений.

##### 4.4.1 Выбор оборудования

Тип применяемого оборудования в значительной степени определяется типом производства (программой выпуска изделий).

В крупносерийном и массовом производстве широко используются автоматы и полуавтоматы одношпиндельные и многошпиндельные многопозиционные, агрегатные и специальные станки и автоматические линии.

В мелкосерийном и серийном производстве – станки с ЧПУ и многоцелевые станки.

Типоразмер (модель) станка можно выбрать сравнительно быстро на основании таких данных, как метод обработки, точность обработки, шероховатость, расположение и размеры обрабатываемой поверхности или габаритные размеры детали. Однако такой выбор еще не будет до-

статочно обоснованным. Окончательное решение по выбору станков можно принять после того, как будет более подробно разработана каждая операция: рассчитаны припуски на обработку, выбран режущий инструмент и назначены режимы резания, рассчитаны норы времени. После определения необходимого количества станков, исходя из заданной производительности, может измениться первоначальное решение по выбору типоразмера станка.

Это возможно в условиях массового производства, где необходимо стремиться, чтобы на операциях было занято не более одного-двух станков. В этом случае, если первоначально был, например, принят одношпиндельный станок, может оказаться целесообразным его замена на многошпиндельный многопозиционный или даже специальный станок.

#### **4.4.2 Выбор режущего инструмента, измерительных средств, приспособлений**

При разработке техпроцесса изготовления детали необходимо обеспечить технологическое оснащение каждой операции, т.е. выбрать режущий инструмент, измерительные средства, приспособления. При выборе технологической оснастки надо максимально использовать стандартные и нормализованные конституции режущего инструмента и измерительных средств, которые достаточно полно представлены в справочно-технической литературе.

Тип приспособления, его сложность, степень автоматизации, производительность определяется типом производства (программой выпуска изделий). В единичном производстве используются универсальные безналадочные приспособления, которые просты по конструкции, сравнительно дешевые, но малопроизводительные. В условиях серийного машиностроения выгодны системы переналаживаемых приспособлений: универсально-сборные (УСП), сборно-разборные (СРП), универсально-наладочные (УНП), которые достаточно полно представлены в работах [5], [7], [27], [28], [29]. В крупносерийном и массовом производстве экономически оправдано применение специ-

альных высокопроизводительных приспособлений, допускающих многоместную и многоинструментную обработку, с высокой степенью автоматизации. Чтобы отдать предпочтение той или иной конструкции надо произвести экономический расчет.

Методика проектирование специального приспособления изложена ниже (см. раздел № 6).

#### 4.5 Назначение режимов резания

При назначении режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущего части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Элементы режимов резания обычно устанавливают в следующем порядке.

**Глубина резания  $t$ :** при черновой обработке назначают по возможности максимальную  $t$ , равную всему припуску на обработку или большей его части; при чистовой обработке (окончательной) - в зависимости от требований точности размера и шероховатости обработанной поверхности.

**Подача  $S$ :** при черновой обработке выбирают максимально возможную подачу исходя из жесткости и прочности технологической системы, мощности привода станка, прочности твердосплавной пластинки и других ограничивающих факторов; при чистовой обработке - в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обработанной поверхности. Рекомендации по выбору подачи (см. [21], [22], [23]).

**Скорость резания  $v$**  рассчитывают по эмпирическим формулам, установленным для каждого вида обработки, которые имеют общий вид:

$$v_{mб} = \frac{C_v}{T^m t^{x_s} y} \quad (29)$$

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени, периода стойкости  $T$  инструмента, приведены в таблицах для каждого вида обра-



ботки. Вычисленная с использованием табличных данных скорость резания  $v$  уточняется для конкретных условий обработки с помощью поправочного коэффициента  $K_v$ . Тогда действительная скорость резания

$$v = v_{mб} \cdot K_v, \quad (30)$$

где  $K_v$  - произведение ряда коэффициентов важнейшими из них, общими для различных видов обработки, являются  $K_{Mv}$  - коэффициент учитывающий качество обрабатываемой материала [21, табл. 1 - 4];  $K_{nv}$  - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки [22, табл. 5];  $K_{ив}$  - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента [22, табл. 6].

**Стойкость  $T$**  – период работы инструмента до затупления, приводимый для различных видов обработки, соответствует одноинструментной обработке. При многоинструментной обработке период стойкости  $T$  следует увеличивать. Он зависит от числа одновременно работающих инструментов.

При многостаночной обслуживании период стойкость  $T$  также следует увеличивать с возрастанием числа обслуживаемых станков.

Ориентировочно можно считать, что период стойкости:

- при многоинструментной обработке.  $T_{ми} = TK_{Ti}$ ;
- а при многостаночном обслуживании  $T_{мс} = TK_{Tc}$ .

где  $K_{Ti}$  и  $K_{Tc}$  – см. [22, с.264, табл. 7-8];  $T$  – стойкость лимитирующего инструмента.

При назначении режимов резания определяется основные (машинное) время ( $T_0$ ) выполнения операции. Подробнее см. ниже (с. 77 и 78)

**Сила резания.** При назначении режимов резания рассчитывают силу резания. Под силой резания обычно подразумевают ее главную составляющую  $P_z$ , определяющую мощность резания  $N_e$  и крутящий момент на шпинделе станка. Этот расчет необходим (особенно при многоинструментной обработке) чтобы убедиться, что режимы назначены верно и мощность, затрачиваемая на резание, не превышает мощность привода станка.

В противном случае, режимы резания подлежат корректировке, т.е. уменьшению (и в первую очередь скорости резания).

Силовые зависимости рассчитываются по эмпирическим формулам, значения коэффициентов и показателей степени в которых для различных видов обработки приведены в соответствующих таблицах. Рассчитанные по формулам с использованием табличных данных силовые зависимости подлежат уточнению для фактических условий резания умножением на коэффициент  $K_p$  – общий поправочный коэффициент, учитывающий изменение по сравнению с табличными условиями резания, представляющий собой произведение ряда коэффициентов. Важнейшим из них является коэффициент  $K_{mp}$  – учитывающий качество обрабатываемого материала, значения которых для стали и чугуна приведены в таблице 9 [22, с. 264], а для медных и алюминиевых сплавов – в таблице 10 [22, с. 264].

**Мощность резания.** При назначении режимов резания необходимо также определить эффективную мощность резания. Это особенно важно сделать при многоинструментной обработке при которой должно выполняться условие:

$$N_{\Sigma} \leq \frac{N_{np}}{\eta}, \quad (31)$$

где  $N_{\Sigma}$  - суммарная эффективная мощность резания всеми одновременно работающими инструментами;  $N_{np}$  - мощность на приводе станка;  $N_{\Sigma}$  - подсчитывают по формулам [22], [24];  $\eta$  - КПД станка (в среднем  $\eta=0,80\dots0,85$ ).

#### 4.6 Техническое нормирование техпроцесса

Техническое нормирование в широком смысле этого понятия представляют собой установление технически обоснованных норм расхода производственных ресурсов (ГОСТ 3.1109-82). При этом под производственными ресурсами понимается энергия, сырье, материалы, инструмент, рабочее время и т.д. Техническое нормирование труда – это совокупность методов и приемов по выявлению резервов рабочего времени и установлению необходимой меры труда.

**Задачи технического нормирования:** выявление резервов рабочего времени и улучшение организации труда на предприятии, установление правильной меры труда.

При техническом нормировании труда технологическая операция разлагается на элементы: машинные, машинно–ручные, ручные, на переходы, ходы, приемы и движения.

При этом каждый элемент подвергается анализу с целью исключения из ее состава всех лишних приемов и движений, сокращения путей всех движений рук, ног и корпуса рабочего, замены утомительных приемов работы более легкими, обеспечение выполнения ручных приемов работы во время автоматической подачи (рабочее время работы) и т.д.

Технологическая норма времени – это время, необходимое для выполнения единицы работы, установленное расчетом исходя из рационального использования в данных условиях производства труда рабочего (живого труда) и орудий труда (овеществленного труда) с учетом передового производственного опыта.

При этом должны соблюдаться санитарно – гигиенические условия работы (освещение, отопление, вентиляция) и техника безопасности.

Технические нормы служат основой для определения требуемого количества и загрузки оборудования, производственной мощности участков и цехов, расчета основных показателей по труду и заработной плате, является основой оперативного (календарного) планирования.

В условиях единичного производства применяется опытно - статистический метод нормирования при котором не рассчитывается трудоемкость отдельных элементов выполненной работы, а норма времени устанавливается на всю операцию в целом путем сравнения с нормами и фактической трудоемкостью выполнения в прошлом аналогичной работы на основе статических данных.

Данный метод имеет серьезные недостатки. Недостатки технологии и организации труда в прошлом опытно – статистические нормы узаконивают на будущее.

Как, правило, такие нормы заниженные, не способствуют прогрессу, не стимулируют рост производительности труда.

**Классификация затрат рабочего времени.** Затраты рабочего времени в течение рабочего дня подразделяются на нормируемые и ненормируемые.

**Нормируемые** - затраты, необходимые для выполнения работы.

**Ненормируемые** - хождение за мастером, наладчиком, инструментом, транспортными средствами, заготовками, на посторонние разговоры, ожидание работы, крана и т.д., перебои с электроэнергией, опоздания и преждевременный уход и т.д.

Нормируемые затраты делятся на:

1. подготовительно - заключительные время;
2. оперативное время;
3. время на отдых и личные потребности рабочего.

Норма подготовительно-заключительного  $T_{п-з}$  – это норма на подготовку рабочих и средств производства технологической операции и приведение их в первоначальное состояние:

- а) получение материалов, инструмента, приспособлений, технологической документации и наряда на работу;
- б) ознакомление с работой, технологической документацией, чертежом;
- в) установка приспособлений, инструмента, наладка оборудования на режим работы;
- г) снятие приспособлений и инструмента;
- д) сдачу готовой продукции, приспособлений, инструмента, технологической документации и наряда.

Подготовительно - заключительные время затрачивается один раз на всю партию обрабатываемых изделий.  $T_{п-з}$  устанавливается по нормативам с учетом типоразмера станка, конструкции и массы заготовки, приспособлений.

Норма оперативного времени  $T_{оп}$  состоит из суммы норм основного времени -  $T_o$  и не перекрываемого им вспомогательного времени -  $T_в$ , то есть

$$T_{оп} = T_o + T_в \quad (32)$$

Норма основного времени  $T_0$  - это рабочее время обработки, время, затрачиваемое непосредственно на выполнение обработки, т.е. на качественное изменение предмета труда.

$T_0$  - это время, в течение которого осуществляется изменение размеров и формы заготовки, внешнего вида и шероховатости поверхности, состояния поверхностного слоя и т.п.

Основное время может быть машинным, машинно-ручным, ручным и аппаратным.

При всех станочных работах  $T_0$  определяется отношением величины пути  $L$  (рис. 15), пройденного инструментом к его минутной подаче  $S_{\text{мин}}$

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{S_{\text{мин}}} = \frac{L \cdot i}{S_0 \cdot n} = \frac{L \cdot L}{S_0 \cdot n \cdot t}, \quad (33)$$

где  $L$  - длина пути инструмента, мм;  $L = l_1 + l_2 + l_3$ ;  $l$  - длина обрабатываемой поверхности, мм;  $l_1$  - величина врезания инструмента, мм;  $l_2$  - величина перебега инструмента, мм;  $S_{\text{мин}}$  - минутная подача мм/мин;  $S_0$  - подача на 1 оборот шпинделя мм/об;  $n$  - число оборотов шпинделя;  $i$  - число ходов  $i = Z/t$ ;  $t$  - глубина резания;  $Z$  - припуск.

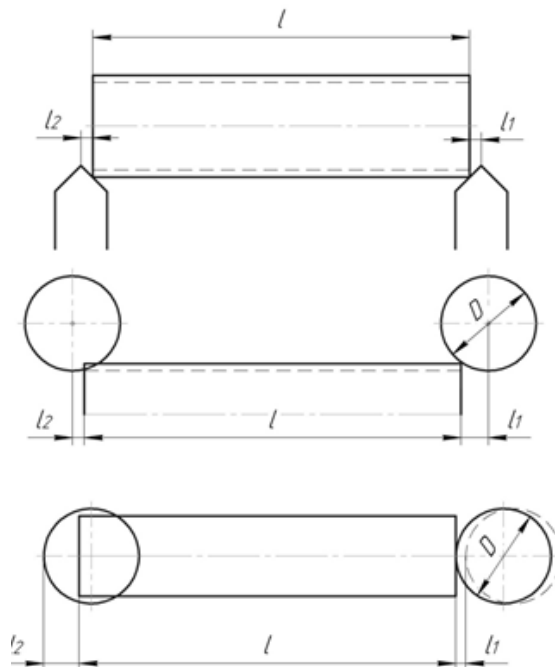


Рисунок 15. Схемы к определению и врезания инструмента  $l_1$  пути резание  $l$  и перебега инструмента  $l_2$

При расчете  $T_0$  элементы разжимов резание  $v$ ,  $n$ ,  $s$ ,  $t$  определяются по соответствующим формулам теории резания или по таблицам справочной литературы [21], [22], [9], [10], [11] и [12].

**Норма вспомогательного времени  $T_v$**  - время на осуществление действий, создающих возможность выполнения основной работы.

В норму вспомогательного времени  $T_v$  включает время на установку и снятие заготовки, если оно не перекрывается основным (при многопозиционной обработке), пуск и выключение станка, фиксация, расфиксация и поворот стола многошпиндельных станков, подвод и отвод инструмента в исходное положение, смена инструмента, контрольные изменения, если время выполнения их не перекрывается основным, время на перемещение частей станка и т.д.

Вспомогательное время определяется суммированием его составляющих, величина которых приводится в таблицах нормативов по техническому нормированию [13], [14].

Время обслуживания рабочего места  $T_{обс}$  - время, затрачиваемое рабочим на поддержание средств технологического оснащения в работоспособном состоянии и уход за ним и рабочим местом.

В условиях массового производства, машинных и автоматизированных операций  $T_{обс}$  подразделяется на время технического обслуживания -  $T_{тех}$  и время организационного обслуживания -  $T_{орг}$ .

$T_{тех}$  - время по уходу за рабочим местом в течение данной конкретной работы (смена затупившегося инструмента, регулировка инструмента и подналадка оборудования, сметание стружки).

$T_{тех}$  - берется в % от  $T_0$ (основного).

$T_{орг}$  - время по уходу за рабочим местом в течение всей смены (на раскладку инструментов и уборку их в конце смены, время на осмотр оборудования, опробирование его работы, смазку и чистку).  $T_{орг}$  берется в % от  $T_{оп}$  (оперативного).

Время на личные потребности  $T_{отд}$  - это время, затрачиваемое на личные потребности и отдых, берется в % от  $T_{оп}$ .

**Структура нормы времени.**

$$T_{ш-к} = T_{ш} + T_{п-з}/n \quad (34)$$

где  $T_{ш-к}$  - штучно - калькуляционное время на выполнение операции;  
 $T_{п-з}$  - подготовительно-заключительное;  $n$  - количество заготовок в партии.

$$T_{ш} = T_o + T_v + T_{тех} + T_{орг} + T_{отд} = T_{оп} + T_{обс} + T_{отд} \quad (35)$$

В условиях массового производства в норму штучно - калькуляционного времени не включается  $T_{п-з}$ , то есть

$$T_{ш-к} = T_{ш} = T_o + T_v + T_{тех} + T_{орг} + T_{отд} \quad (36)$$

или

$$T_{ш} = T_o + T_v + \frac{v_{тех}}{100} T_o + \frac{a_{орг}}{100} (T_o + T_v) + \frac{a_{отд}}{100} (T_o + T_v), \quad (37)$$

Значения  $v_{тех}$ ,  $a_{орг}$ ,  $a_{отд}$  берутся в %.

В единичном и серийном производствах  $T_{обс}$  не подразделяется на  $T_{тех}$  и  $T_{орг}$ , формула подсчета  $T_{ш}$  принимает вид

$$T_{ш} = (T_o + T_v)(1 + K/100) \quad (38)$$

где  $K$  – процент оперативного времени на обслуживание рабочего места и на отдых и личные потребности. Значения  $v_{тех}$ ,  $a_{орг}$ ,  $a_{отд}$  и  $K$  принимаются по нормативам.

## **5. Оформление технологического процесса**

После окончания расчетов припусков, назначения режимов резания и установления норм времени выполнения каждой операции можно приступить к оформлению технологического процесса - разработке технологических карт операций, которые выполняются на специальных бланках.

Маршрутные карты (МК) на бланках формы 1 (1ый лист) и формы 1а (продолжение); - операционные карты (ОК) механической обработки – формы 3 и 3а; - операционные эскизы - формы 7 и 7а; - операционная карта технического контроля – формы 2 и 2а. Образцы бланков технологических карт и правила заполнения технологических карт см в работе [15].



## **6. Проектирование специального приспособления**

Проектирование приспособлений выполняется в 2 этапа:

1. Разработка принципиальной схемы базирования и закрепления обрабатываемой детали;
2. Конструктивное оформление элементов приспособления и компоновка его общего вида.

Первый этап выполняется при разработке операций технологического процесса. На операционных эскизах условными знаками показывается схема базирования обрабатываемой детали. (схема расположения опорных точек на базах заготовки или изделия ГОСТ21495-76).

Схемы базирования типовых деталей разной геометрической формы приведены в ГОСТ21495-76. «Базирование и базы в машиностроении».

Графическое изображение опор, зажимов и установочных устройств - в ГОСТ3.1107-81.

Второй этап - конструктивное оформление приспособления.

В типовую конструкцию механизированного станочного приспособления входят следующие элементы (детали и механизмы):

1. Установочные элементы;
2. Зажимной механизм;
3. Силовой привод;
4. Корпус приспособления.
5. Устройства для направления и контроля положения режущего инструмента.

### **6.1 Установочные элементы**

Разработанная теоретическая схема базирования реализуется в конструкции приспособления с помощью специальных деталей – установочных элементов, к которым предъявляются следующие основные требования:

1. Высокая износостойкость, достигаемая выбором соответствующего материала и химико–термической обработкой. Рекомендуемый материал – Сталь У7, У7А . . . У10, У10А с закалкой до твердости 50 . .

.55 HRC, Сталь 20, 20X с цементацией на глубину 0,8...1,2 мм и последующей закалкой до той же твердости (50 . . .55 HRC).

2. Должны обеспечивать высокую точность базирования. Установочные элементы изготавливают с жесткими допусками (по 6 . . .7 кв. точности) и шероховатостью рабочей поверхности Ra 0,63 мкм.

3. Быть удобными в эксплуатации и ремонте: легко очищаться от стружки, попадающей на установочные элементы при снятии обработанной детали, и быстро заменяться на новые по мере их износа.

Тип установочных элементов определяется геометрической формой, размерами и состоянием базовых поверхностей заготовки. Базирование заготовки может производиться по плоским, цилиндрическим (наружным и внутренним), коническим и сферическим поверхностям. Большинство установочных элементов стандартизировано. Для базирования по плоским поверхностям применяются следующие установочные элементы:

1. Опоры постоянные: - с плоской головкой по ГОСТ 13440-68 – для базирования по обработанным поверхностям заготовок небольших размеров (рис. 16, б); - со сферической головкой по ГОСТ 13441-68 – для базирования по необработанным поверхностям всех заготовок (в том числе и крупных) (рис. 16, а); - с насеченной головкой по ГОСТ 4743-68 – для боковых необработанных поверхностей (рис. 16, в).

2. Опорные пластины по ГОСТ 4743-68 – для базирования по обработанным поверхностям средних и крупных заготовок:

- плоские целесообразно закреплять на вертикальных стенках корпуса (рис. 17, а).

- с косыми пазами (рис. 17, б) – устанавливают на горизонтальных поверхностях корпуса.

3. Регулируемые опоры (винты по ГОСТ4084-68, ГОСТ4086-68 и ГОСТ4740-68) (рис. 18).

4. Самоустанавливающиеся опоры применяют, если заготовка имеет сложную форму или необработанные поверхности и установить ее только на постоянные опоры трудно (рис. 19).

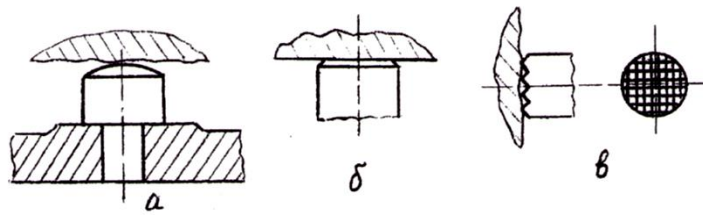


Рисунок 16. Опоры постоянные: а – со сферической головкой; б – с плоской головкой; в – с насеченной головкой.

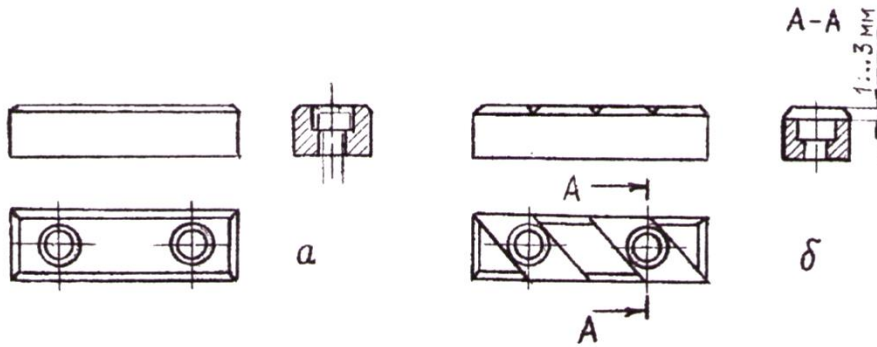


Рисунок 17. Опорные пластины: а – плоские, б – с косыми пазами

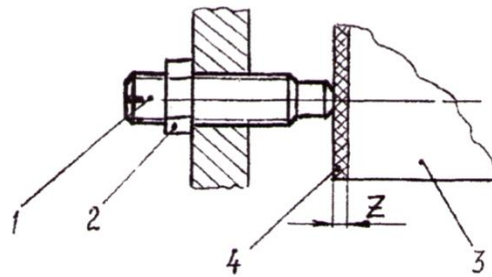


Рисунок 18. Пример применения регулируемой опоры: 1 – винт установочный; 2 – гайка; 3 – заготовка; 4 – припуск

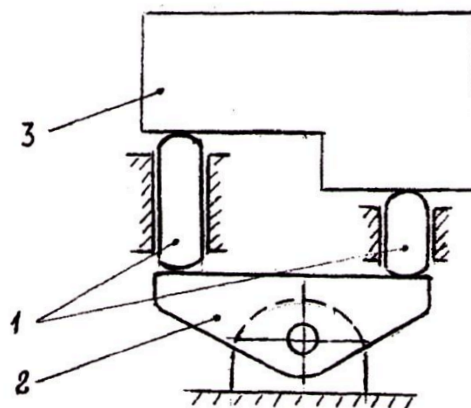


Рисунок 19. Самоустанавливающаяся опора: 1 – плунжер; 2 – рычаг; 3 – заготовка

Для наружных цилиндрических поверхностей:

1. Призмы по ГОСТ 12195-76, 12196-66, 12197-66, 12194-66
2. Нестандартизованные призмы с разобщенными участками – для установки длинных заготовок по двум сечениям (рис. 20).

При необработанной технологической базе поверхности контакта призм делают узкими. Примеры использования призм для базирования показаны на рис. 21, а и рис. 21, б.

3. Направляющие втулки, в которые устанавливают заготовки выступающим цилиндрическим участком небольшой длины с полем допуска диаметра  $h6$ ,  $h7$ ,  $h8$ ,  $h9$ . Такая схема используется при обработке на фрезерных и сверлильных станках, когда требования к точности обработки невелики.

**Для базирования по внутренним цилиндрическим поверхностям:**

1. Установочные пальцы цилиндрические по ГОСТ 16898-71, 16899-71, 16900-71, 16901-71, ГОСТ 12209-66.

2. Установочные пальцы срезанные по ГОСТ 12210-66, 12211-66, 12212-66.

Примеры исполнения цилиндрических и срезанных пальцев даны на рис. 22 ... рис. 23. Схема базирования с использованием пальцев рис. 24.

3. Для базирования по цилиндрическим поверхностям большой протяженности (с отношением длины отверстия к диаметру  $l/d > 1$ ) используют цилиндрические оправки по ГОСТ 16212-70 и 16213-70.

Схема базирования с использованием жесткой оправки показана на рис. 26, а.

**Для базирования по центровым отверстиям (ГОСТ 14034-74)**

1. Центры по ГОСТ 18295-72, 18260-72, ГОСТ 13214-79.

2. Центры вращающиеся ГОСТ 8742 – 75.

Схема базирования детали по коротким коническим поверхностям (по центровым отверстиям) показана на рис. 27, а по конической поверхности большой протяженности на рис. 28.

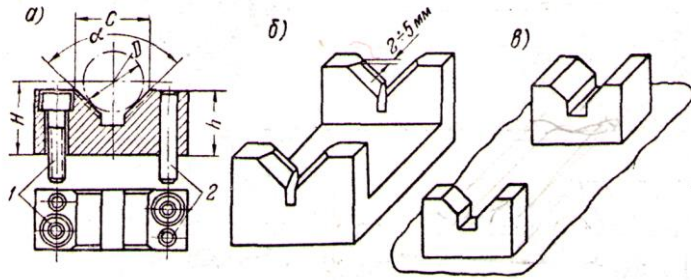


Рисунок 20. Опорные призмы

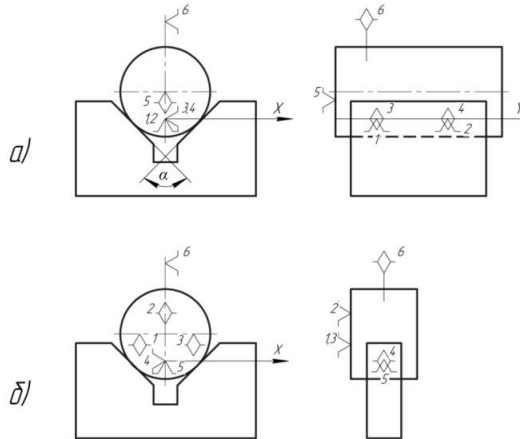


Рисунок 21. Схемы базирования в широкой (а) и узкой (б) призмах

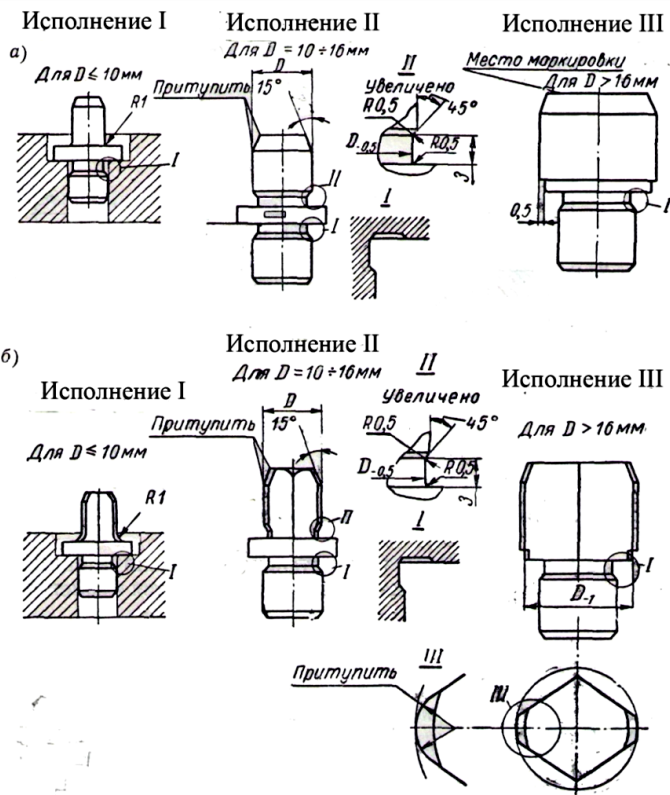


Рисунок 22. Постоянные установочные пальцы: а – цилиндрические; б – срезанные

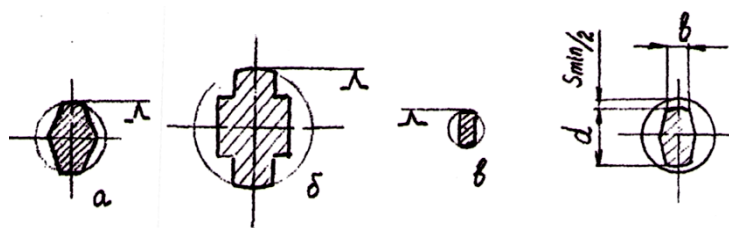


Рисунок 23. Форма срезов установочных пальцев

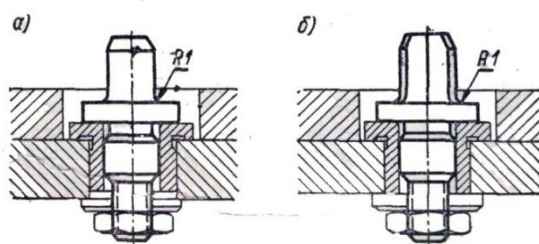


Рисунок 24. Сменные установочные пальцы: а – цилиндрические; б – срезанные исполнения I для D до 10 мм

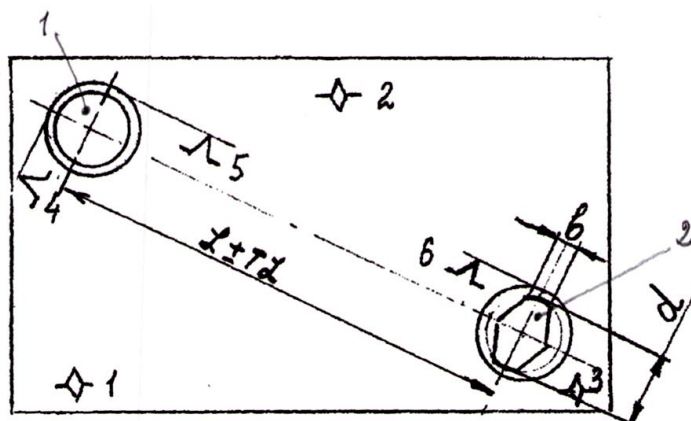


Рисунок 25. Схема базирования корпусной детали по плоской поверхности основания и 2-м отверстиям на цилиндрический (поз. 1) и срезанный (поз. 2) пальцы

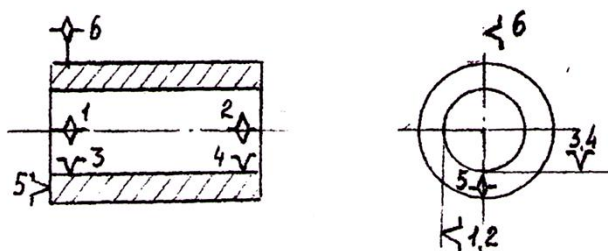


Рисунок 26. Схема базирования на жесткой оправке

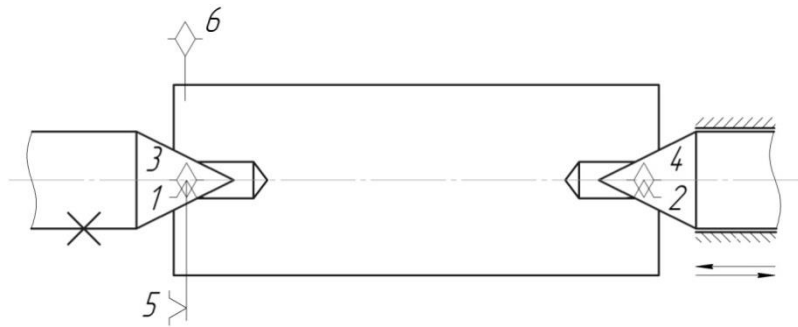


Рисунок 27. Схема базирования вала в центрах

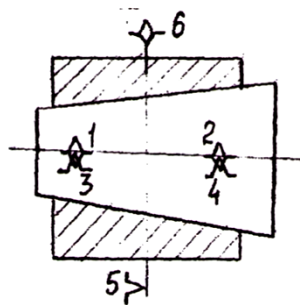


Рисунок 28. Схема базирования втулки на конической оправке

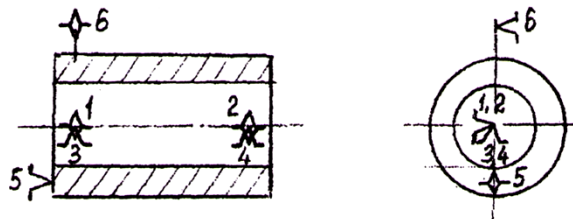


Рисунок 29. Схема базирования втулки на разжимной оправке

## 6.2 Зажимные механизмы

Для сокращения вспомогательного времени, затрачиваемого на установку деталей типа «тела вращения», широко используются самоцентрирующие приспособления, выполняющие базирующие и зажимные функции одновременно:

- кулачковые патроны по ГОСТ 2675-80, ГОСТ 24351-80;
- цанговые оправки и патроны по ГОСТ 2876-80, 2877-80;
- оправки и патроны с гидропластмассой;
- оправки и патроны с кольцевыми мембранами (с тарельчатыми пружинами)
- мембранные патроны (с плоскими мембранами) по ГОСТ 16157-70.
- оправки и патроны с гофрированными втулками по ОСТ 2П26-1-76.

Схема базирования втулки на разжимной оправке показана на рис. 29.

Особенно широко в конструкциях станочных приспособлений применяются зажимные механизмы, основанные на действии клина, обладающего двумя важными свойствами:

- 1) свойством самоторможения;
- 2) способностью увеличивать исходную силу.

Клин становится самотормозящим, то есть оставаться в заторможенном состоянии при снятии внешней нагрузки, уже при углах клина  $\alpha=5...8^\circ$ . С учетом запаса самоторможения углы клина в самотормозящих зажимных механизмах берутся меньше предельных, то есть принимается  $\alpha=2...5^\circ$ .

Разновидности клина:

1. Плоский односкосый; (рис. 30);
2. Плоский двускосый или круглый; (рис. 31)

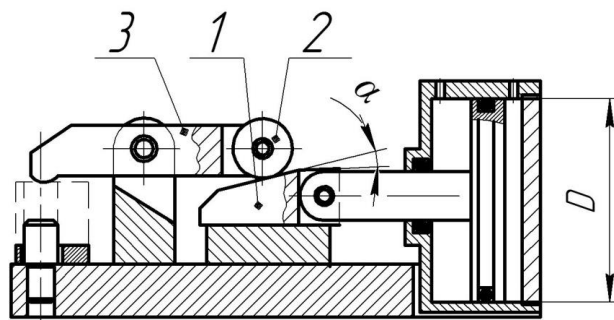


Рисунок 30. Механизм с плоским односкосым клином: 1-клин; 2-ролик; 3-рычаг

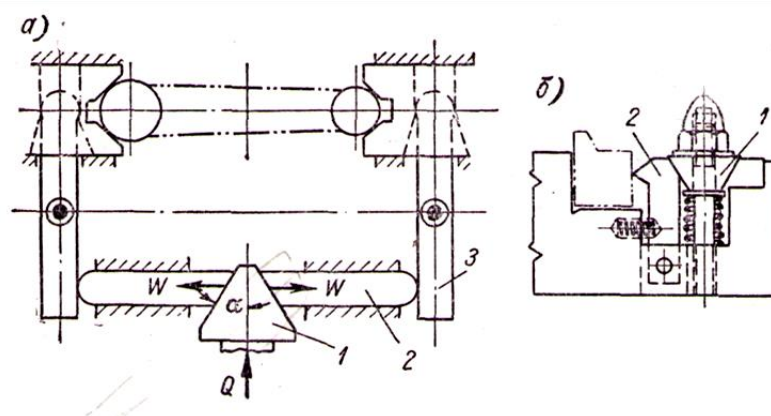


Рисунок 31. Механизм с двускосый клином: 1-клин; 2- плунжер; 3-рычаг



3. Криволинейный клин, в виде эксцентрика (рис. 32, а, б) и в виде плоского кулачка (рис. 32, в).

### 6.2.1 Клиновые механизмы

В качестве силовых механизмов станочных приспособлений применяются:

- 1) механизмы с односкосым клином без роликов и с роликами
- 2) многоклиновые самоцентрирующие механизмы

Первые обычно используются в качестве усилителей пневмоприводов, а вторые применяются в конструкциях оправок и патронов.

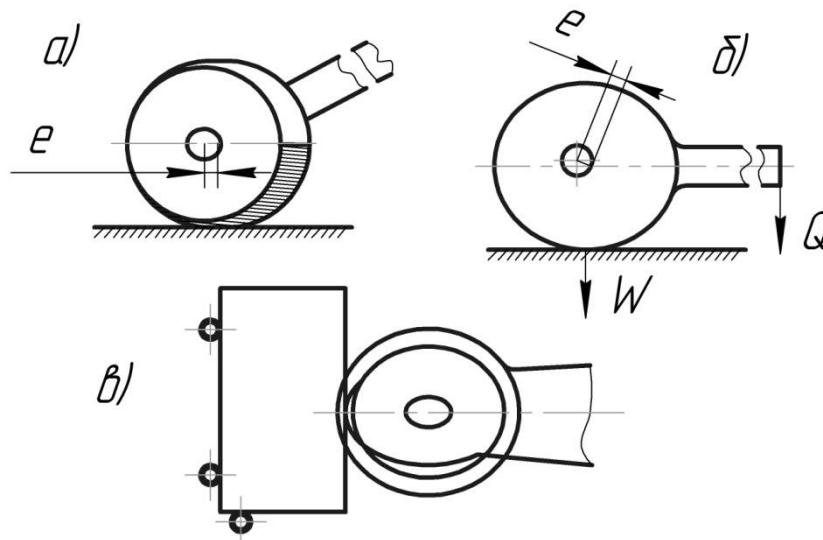


Рисунок 32. Криволинейные клинья: а, б - эксцентрик; в – плоский кулачок с рабочим профилем, очерченный по Архимедовой спирали

В конструкциях станочных приспособлений широко используются клиноплунжерные зажимные механизмы, в которых сила закрепления от клина передается на заготовку через плунжер (рис 33). Они бывают с одним, двумя и большим числом плунжеров. Одно - и двух-плунжерные обычно используются в качестве усилителей приводов; многоплунжерные – в качестве центрирующих механизмов патронов и оправок.

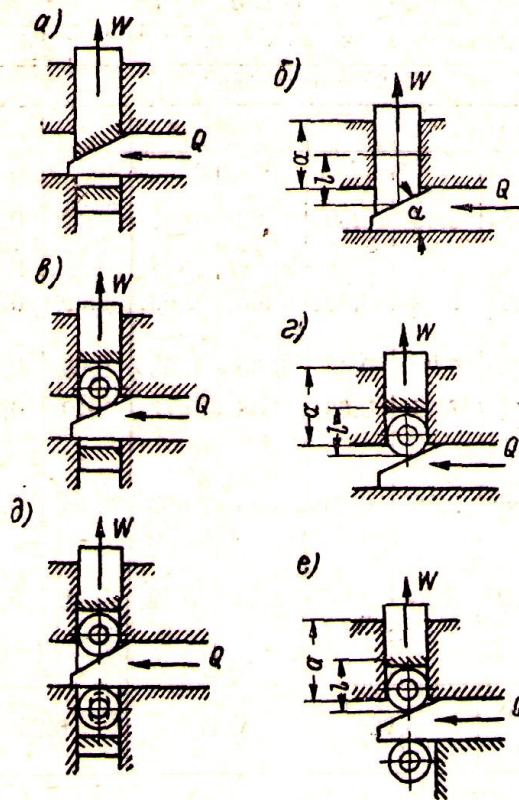


Рисунок 33. Схемы клиноплужерных механизмов: а, в и д - с двухпорным плунжером; б- с консольным плунжером без роликов; г - с одним роликом; е- с двумя роликами

К зажимным механизмам с криволинейным клином относятся:

- эксцентровые.
- механизмы с плоскими кулачками, рабочая поверхность которых очерчена по спирали Архимеда или по эвольвентой спирали.
- винтовые механизмы.
- механизмы с торцевыми кулачками.

Данная группа зажимных механизмов особенно широко используется в приспособлениях с ручным закреплением. Винтовые механизмы развивают большие силы зажима. Механизмы с эксцентриками, плоскими и торцевыми кулачками отличаются большим быстродействием, но как правило, уступают винтовым по силе зажима.

### 6.2.2. Рычажные механизмы

Эти механизмы используются в виде прижимных планок в винтовых и эксцентриковых зажимах или в качестве усилителей приводов. Свойством самоторможения не обладают. На рис. 34 показаны три схемы рычагов. На всех схемах: 1-зажимаемая деталь, 2- точка опоры (ось рычага),  $Q$ - исходная сила (сила на ведущем звене),  $W$ - развиваемая сила (сила на ведомом звене).

Методика расчета рычажного механизма дана ниже (с. 115).

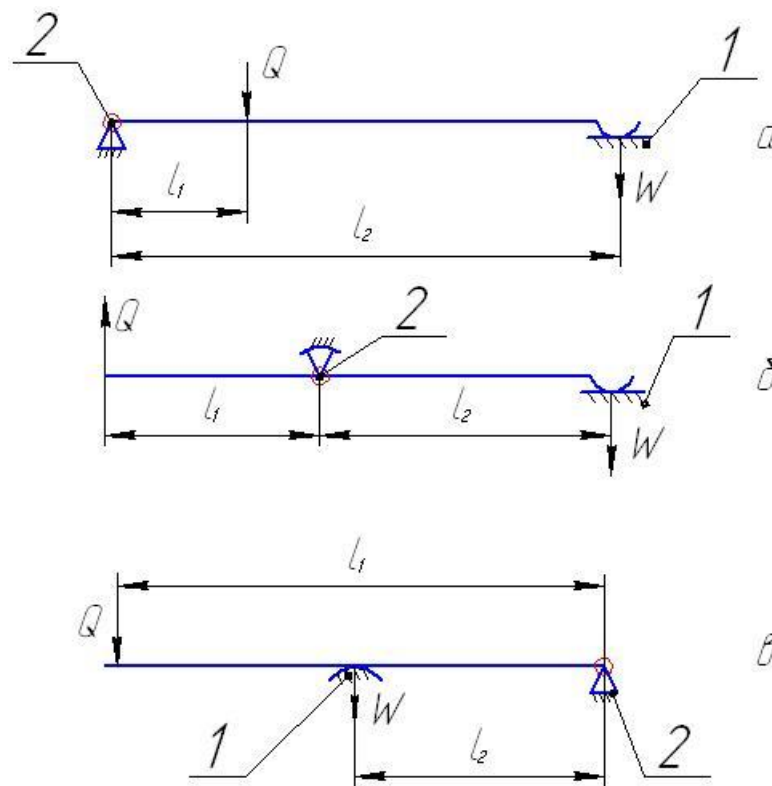


Рисунок 34. Схемы рычажных механизмов

### 6.2.3. Рычажно-шарнирные механизмы

Эти механизмы обычно применяются в качестве усилителей приводов. По конструкции делятся на однорычажные (рис. 35), двухрычажные одностороннего действия (рис. 36, а), двухрычажные двухстороннего действия (рис. 36, б).

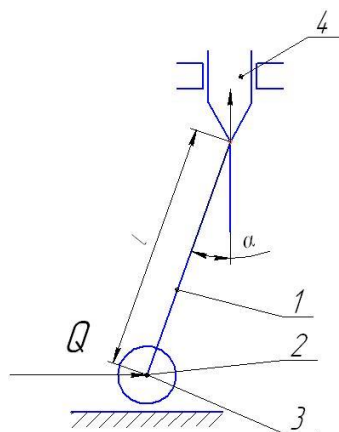


Рисунок 35. Схема однорычажного рычажно-шарнирного механизма: 1 - рычаг; 2 - шарнир (ось рычага); 3 - ролик, 4 - плунжер

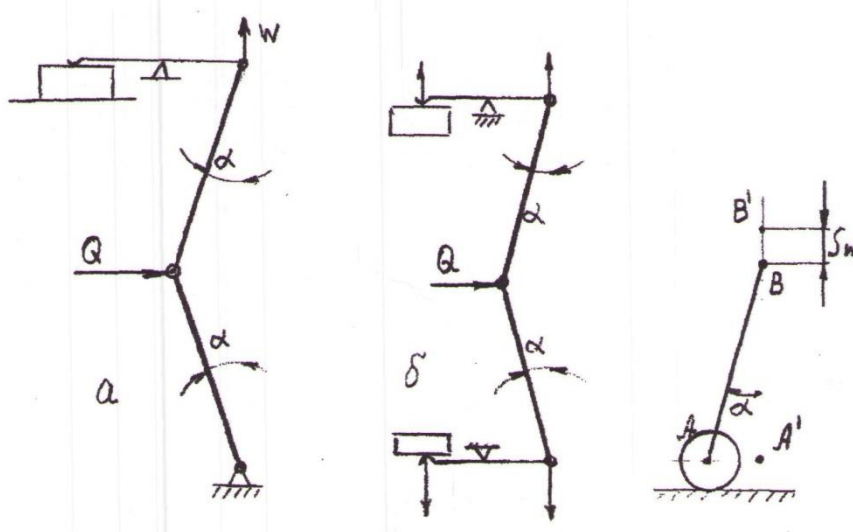


Рисунок 36. Схема 2х рычажного рычажно-шарнирного механизма: а- одностороннего действия, б- двухстороннего действия

#### 6.2.4 Зажим в виде Г-образного прихвата

В станочных приспособлениях для быстрого закрепления заготовок так же довольно широко используется Г-образный прихват, схема которого показана на рис. 37. При закреплении и откреплении заготовки прихват автоматически поворачивается на определенный угол благодаря винтовой канавки(1) на его цилиндрической направляющей части, в которую входит фиксатор (2).

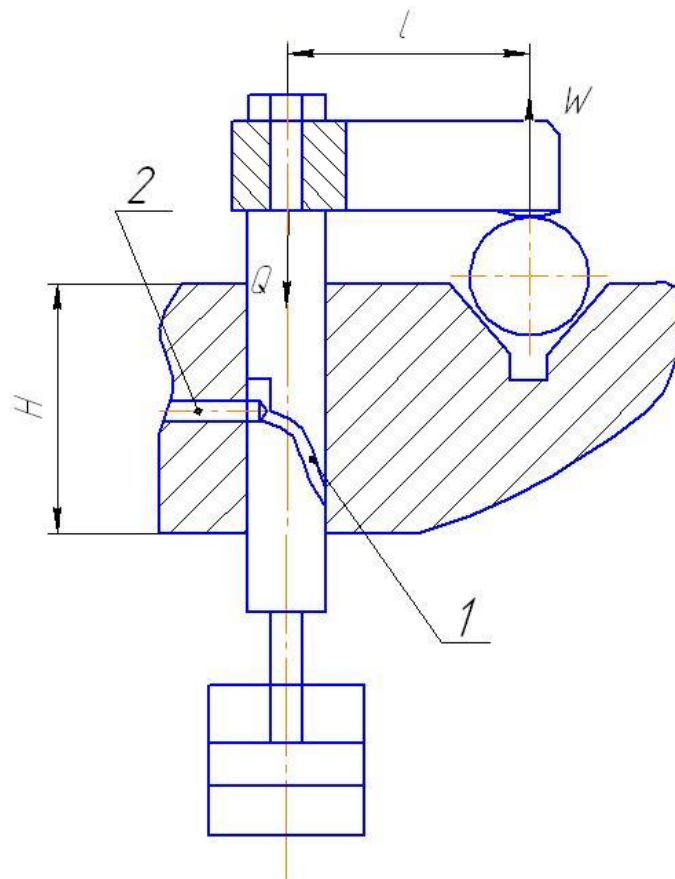


Рисунок 37. Схема Г-образного прихвата.  $W$ -сила закрепления,  $Q$ -исходная сила

### 6.3 Силовой привод

В механизированных станочных приспособлениях для закрепления деталей используются следующие виды силового привода:

1. Пневматический.
2. Гидравлический.
3. Пневмогидравлический.
4. Механогидравлический.
5. Электромеханический.
6. Магнитный: а) с электромагнитами; б) с постоянными магнитами.
7. Вакуумный.
8. Электростатический.
9. Пружинный.
10. Приводы силами резания и механизмами подачи станка (самозажимные приспособления).

### 6.3.1 Пневматические приводы

Получили самое широкое распространение. Достоинства пневматических приводов: - сравнительная простота конструкции; дешевый источник энергии - сжатый воздух давлением 0.4...0.63 МПа (максимально допустимое давление 1 МПа).

Пневматические приводы состоят из пневмодвигателя, пневматической аппаратуры и воздухопроводов.

Пневмодвигатели делятся на поршневые (пнеumoцилиндр с поршнем) и диафрагменные (пневматическая камера с диафрагмой).

По методам компоновки с приспособлениями пневмодвигатели могут быть встроенными, прикрепляемыми и приставными. У встроенных двигателей цилиндры растачиваются, диафрагмы размещаются непосредственно в корпусе приспособления. Прикрепляемые - монтируются на корпусе приспособления. Если приспособление снимается с производства, то двигатель отделяется от него и может использоваться на другом приспособлении. Приставные двигатели полностью вынесены в самостоятельный агрегат и многократно используются в компоновках с различными приспособлениями.

Пневмоприводами оснащаются:

1. Стационарные приспособления
2. Вращающиеся приспособления (патроны, оправки)
3. Приспособления, устанавливаемые на делительных столах

На часть конструкций пневмоцилиндров разработаны стандарты-ГОСТ 15608-81. Стандартом предусмотрены цилиндры диаметром от 25мм до 400мм. Достоинства пневмодвигателей поршневого типа:

- 1) практически неограниченна длина хода штока;
- 2) независимость усилия на штоке от величины его осевого перемещения.

В сравнении с поршневыми пневмодвигателями диафрагменные (пнеumoкамеры) имеют ряд преимуществ:

- 1) у камер одностороннего действия отсутствуют утечки воздуха (нет уплотняемых поверхностей);
- 2) камеры компактны и имеют небольшой вес, изготовление их проще и дешевле;

3) диафрагмы пневмокамер долговечны (выдерживают до 600 тыс. включений, тогда как манжеты цилиндров выходят из строя примерно через 10 тыс. включений).

Основные недостатки пневмокамер: - небольшой ход штока и непостоянство развиваемых усилий (с увеличением длины хода штока усилие на штоке уменьшается, так как часть усилия затрачивается на растяжение диафрагмы).

Однако во всех случаях, когда не требуется больших перемещений штока, предпочтение следует отдавать пневмокамерам. Общий недостаток пневмоприводов - большие габариты. Они работают при давлении воздуха всего лишь 0.4...0.6 МПа и когда на штоке требуется значительные усилия, приходится применять цилиндры больших диаметров (250, 300 мм и даже 400 мм).

### **6.3.2 Гидравлические приводы**

Приводы с гидравликой развивают давление до 8 МПа и обладают рядом достоинств:

1. Высокие давления в системе позволяют применять рабочие цилиндры небольшого диаметра (20, 30, 40, 50 и 60 мм), в результате чего конструкции гидравлических приспособлений получаются компактными.
2. Рабочей средой в гидравлических приводах является масло, обычно марки «Индустриальное 20» по ГОСТ 1707-51, поэтому они не требуют особой смазки.
3. Отсутствуют неполадки, вызываемые конденсацией водяных паров в аппаратах и трубопроводах пневматических систем (ржавчина и засорение её аппаратов).
4. Бесшумность работы гидроприводов.

Гидравлические приводы сложнее и дороже в оснащении, требуется гидростанция, включающая электродвигатель, насос, резервуар с маслом на 50...80л. Рационально применять гидроприводы на гидро-

фицированных станках при подключении приспособления к гидросистеме станка.

### **6.3.3 Пневмогидравлические приводы**

Источником энергии в этих приводах является сжатый воздух давлением 0.4...0.6 МПа. В конструкции пневмогидравлического привода имеется преобразователь, который преобразует низкое давление сжатого воздуха в высокое давление масла (10 МПа или 20 МПа), которое потом подается в рабочие гидроцилиндры диаметром 20, 30, 40 и 50 мм. Пневмогидравлические приводы объединяют достоинства пневматических приводов (более дешевый источник энергии) и гидравлических (компактность). В этих приводах не требуется гидравлическая установка, включающая электродвигатель, насос, резервуар с маслом на 50...80 л.

В пневмогидравлических приводах масло находится в замкнутой полости и требуется его значительно меньше (1,5... 3 л).

Более подробные сведения о рассмотренных приводах и других перечисленных выше, приведены в справочно-технической литературе [1], [2], [4], [6], [24], [25] и [26].

### **6.4 Корпусы приспособлений**

Корпус приспособления воспринимает все усилия, действующие на заготовку в процессе её закрепления и обработки, и поэтому должен обладать достаточной прочностью, жесткостью и виброустойчивостью. Эти качества обеспечиваются не за счет чрезмерного завышения сечений стенок корпуса, а при помощи ребер жесткости, местоположение которых выясняется из анализа действующих сил. Форма и размеры корпуса зависят от конфигурации обрабатываемых в приспособлении деталей, а так же от расположения установочных, зажимных и направляющих элементов и механизмов.

При конструировании корпусов необходимо предусмотреть:



1. Выступающие пластики для закрепления стальных опорных пластин и штырей, на которые устанавливаются заготовки;
2. Достаточные зазоры между заготовкой и стенками корпуса, позволяющие свободно устанавливать и вынимать заготовки из приспособления;
3. Возможность легкого удаления стружки;
4. Наличие элементов для правильной установки и закрепления приспособлений на станках и шпинделях станка, а так же элементов для их подъема и транспортировки. На рис. 38 показаны элементы корпусов.

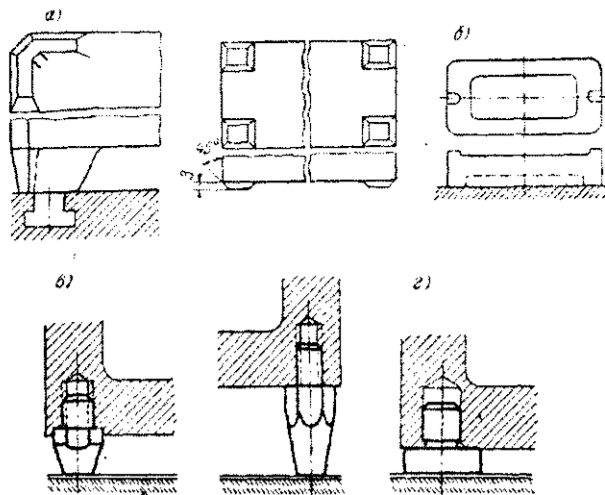


Рисунок 38. Опорные элементы корпусов: а, б – ножки и пластики, выполненные за одно целое с корпусом; в и г – стальные приставные ножки (МН 368-60)

Для устойчивости приспособления на столе станка на опорной поверхности корпуса предусмотреть пластики на максимальном расстоянии между ними. Для небольших корпусных деталей - стальные приставные ножки, конструкции которых нормализованы.

Для ориентации приспособлений на фрезерных, строгальных и других станках на основании корпуса закрепляют шпонки (рис. 39) или штифты, которые входят в пазы стола станка.

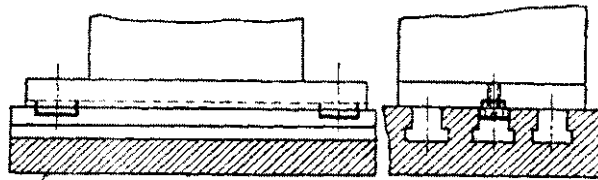


Рисунок 39. Схема ориентирования приспособления на столе станка с помощью шпонок, закрепленных на корпусе

В корпусных деталях токарных приспособлений делают центрирующие выточки, с помощью которых они ориентируются на шпинделе станка. В качестве материала корпусных деталей используется: чугун, сталь, легкие сплавы на алюминиевой основе, эпоксидные смолы (для мелких корпусов). Заготовки корпусов могут быть получены следующими методами: литьем, сваркой, резкой из проката, ковкой.

1. Наиболее качественные корпусные детали получают литьем из чугуна. Чугун хороший литейный материал, обладает свойством гасить вибрации. Заготовкам, получаемым литьем, можно придать красивый внешний вид. Но получение заготовок литьем - длительный процесс и используется для изготовления корпусов в крупносерийном и массовом производстве. Для снятия внутренних напряжений заготовки корпусов обязательно подвергают старению, естественному или искусственному.

2. Сваркой так же можно получить качественный корпус. Они легче по весу, дешевле в изготовлении, чем литые. Сроки их изготовления так же значительно меньше. Надо шире применять сварные конструкции. Прочность и жесткость корпусов достигается за счет ребер жесткости. Сварные корпуса обязательно подвергают отжигу для снятия внутренних напряжений.

3. Заготовки из проката используются для получения корпусов небольших размеров и не сложной конфигурации.

4. Поковкой так же получают заготовки корпусов несложной конфигурации.

Достоинства корпусов из легких сплавов: малый вес и меньшая трудоемкость изготовления.

Корпуса небольших размеров можно получать из эпоксидных смол литьем в разовые формы из гипса, пластилина. Достоинства их - небольшая усадка, короткие сроки изготовления.

На часть заготовок корпусов разработаны нормали и стандарты (ГОСТ 4076-48, 4077-48, 4078-48, 4079-48, 4080-48, 4081-48, 4081-48, ГОСТ 4583-49, 4585-49, 4587-49, ГОСТ 588-54, ГОСТ 4082-48, ГОСТ 4589-49, 4590-49 и ГОСТ 4075-48).

При использовании стандартных заготовок путем той или иной дополнительной их обработки удается сравнительно быстро и с минимальными затратами труда получить готовый корпус

## **6.5 Устройства для направления и контроля положения режущего инструмента**

### **6.5.1 Устройства для направления инструмента. Кондукторные втулки**

Кондукторные втулки используются на сверлильных и расточных станках. На сверлильных станках используются неподвижные кондукторные втулки для направления сверл, зенкеров. На расточных станках - неподвижные и вращающиеся втулки для направления скалок, борштанг.

Втулки бывают:

- постоянные;
- сменные;
- быстросменные;
- специальные.

Постоянные кондукторные втулки. Схема постоянных втулок - рис. 40, а. Постоянные втулки запрессовывают в корпус по посадке Н7/р6. Стандартом предусмотрены втулки без буртика и с буртиком. Постоянные втулки используются при сравнительно небольшой партии деталей, то есть в случае, если их не надо будет заменять новыми.

Расстояние  $h$  от торца кондукторной втулки до обрабатываемой поверхности рекомендуется выдерживать в следующих пределах:

$h = (\frac{1}{2} \dots 1)d$  - при сверлении стали, где  $d$ - диаметр сверления;

$h = (\frac{1}{3} \dots \frac{1}{2})d$  - при сверлении чугуна, бронзы.

### Сменные кондукторные втулки (рис. 40, б)

Применяются в приспособлениях крупносерийного и массового производства. Устанавливаются в переходные закаленные втулки по скользящей посадке или с минимальным зазором. Применение их ускоряет и облегчает процесс замены изношенных втулок на новые.

### Быстросменные кондукторные втулки (рис. 40, в)

Применяются в серийном производстве, если необходимо обработать одно и то же отверстие последовательно несколькими инструментами. Быстросменную втулку можно заменить другой втулкой не вывинчивая крепежный винт. Для этого достаточно повернуть втулку под винтом на некоторый угол, чтобы против головки винта оказалась сквозная лыска.

Каждая втулка в комплекте делается под определенный инструмент (сверло, зенкер, развертка). Наружный диаметр у всех быстросменных втулок комплекта один и тот же. Инструменты обычно закрепляют в шпинделях револьверной головки с автоматической сменой инструментов.

Постоянные, сменные и быстросменные втулки стандартизованы:  
 втулки кондукторные постоянные - ГОСТ 18429-73, 18430-73;  
 втулки кондукторные сменные - ГОСТ 18431-73;  
 втулки кондукторные быстросменные - ГОСТ 18432-73;  
 втулки промежуточные - ГОСТ 18433-73, 18434-73.

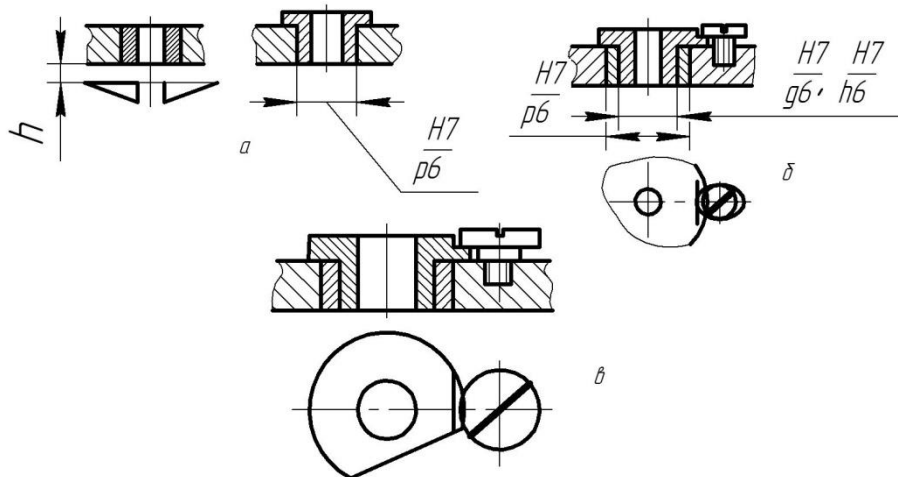


Рисунок 40. Типы стандартных кондукторных втулок: а - постоянные;  
б - сменные; в – быстросменные

**Специальные кондукторные втулки.** Примеры применения специальных кондукторных втулок даны на рис. 41.

1. При сверлении отверстия в углублении, чтобы выдержать расстояние  $h$  в рекомендуемых пределах (рис. 41, а)
  2. При сверлении нетехнологичных отверстий (например, на криволинейной поверхности) (рис. 41, б)
  3. При сверлении близко расположенных отверстий (рис. 41, в)
- Кондукторные втулки устанавливают в кондукторные плиты.

**Методы крепления кондукторных плит:**

1. Отливаются заодно с корпусом;
2. Привариваются к корпусу;
3. Крепятся к корпусу винтами и фиксируются штифтами;
4. Закрепляются на скалках, вместе с которыми перемещаются (поднимаются и опускаются) относительно корпуса при закреплении и откреплении обрабатываемых деталей (используются в скальчатых кондукторах);
5. Подвешиваются на скалках (используются в сочетании с многошпиндельными головками).

При конструировании кондукторов на чертеже общего вида указываются диаметры отверстий кондукторных втулок, посадки постоянных и сменных втулок, межцентровые расстояния (координирующие размеры). Допуски на межцентровые расстояния кондукторных втулок берутся в 2...3 раза меньше, чем на обрабатываемой детали.

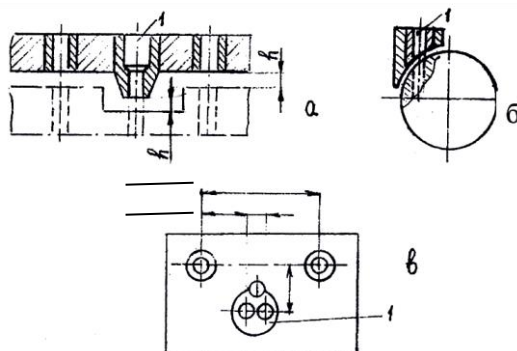


Рисунок 41. Примеры применения специальных кондукторных втулок (1) при сверлении: а - в углублении; б – на наклонной поверхности; в - близко расположенных отверстий

**Многошпиндельные и револьверные головки.** Применяются для сокращения времени на обработку.

Головки подразделяются:

1. специальные с кривошипно-шатунным и шестеренчатым приводом с неизменным расположением шпинделей.

2. универсальные, в которых можно изменять межцентровые расстояния между шпинделями.

Револьверные головки обычно имеют 5 шпинделей, которые вступают в работу последовательно при обработке одного и того же отверстия несколькими инструментами. Подробнее конструкции и методику расчета многошпиндельных и револьверных головок см. [2], [25].

### **6.5.2 Устройства для контроля положения инструмента**

К таким устройствам относятся габариты (установы) для фрез.

При обработке деталей на настроенных фрезерных станках с автоматическим получением размеров к корпусам приспособлений прикрепляют установы (габариты), служащие для координации взаимного положения фрезы и детали перед началом обработки.

На поверхность установка накладывают стальной закаленный щуп. Перемещением стола приспособление подводится к фрезе до соприкосновения с щупом. Окончательная ориентировка достигается вращением фрезы. Непосредственное соприкосновение фрезы с установом (во избежание его повреждения) не допускается. На рис. 42 показаны стандартные высотные установы (ГОСТ 4091-57), а на рис. 43 стандартные угловые установы (ГОСТ 4092-57). Примеры ориентации фрез по установам показаны на рис. 44.

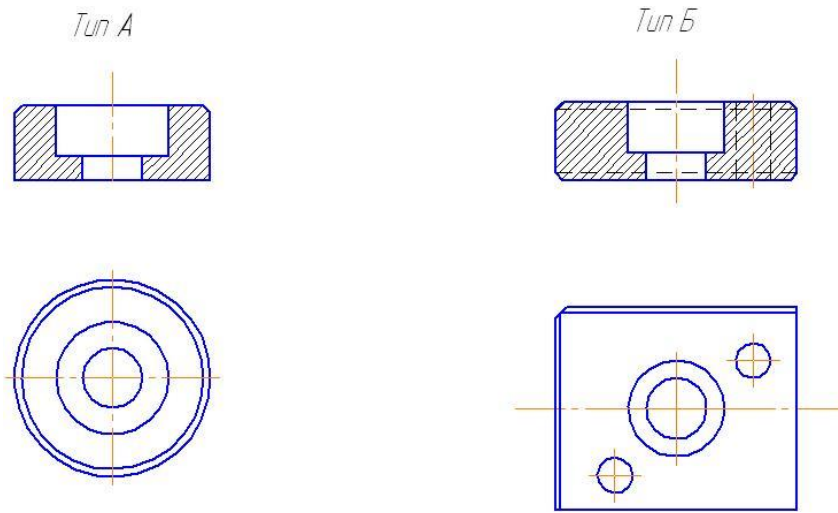


Рисунок 42. Стандартные высотные установки

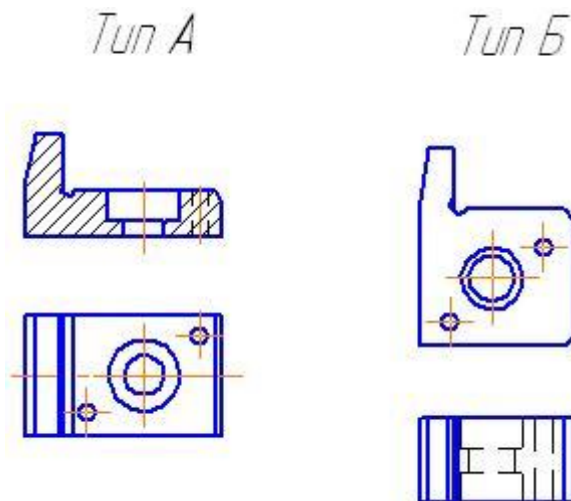


Рисунок 43. Стандартные угловые установки

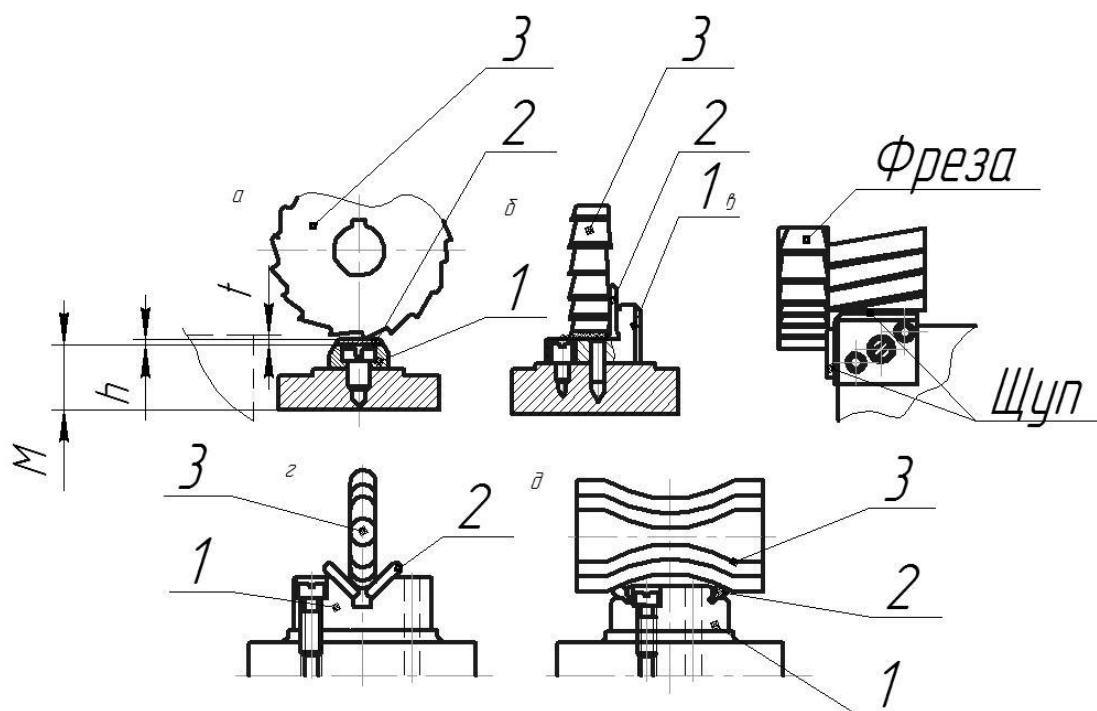


Рисунок 44. Примеры ориентации фрез по установам и щупам  
1 – установ, 2 – щуп, 3 – инструмент (фреза)

## 6.6 Расчеты при проектировании приспособления.

### 6.6.1 Точностные расчеты

При обработке деталей на металлорежущих станках возникают отдельные элементарные погрешности, которые складываются в суммарную погрешность обработки. При этом должно выполнено условие:

$$\Delta \varepsilon \leq T_{\text{изд}} \quad (39)$$

где  $\Delta \varepsilon$  - суммарная погрешность обработки;  $T_{\text{изд}}$  - допуск на размер изделия, выдерживаемый на данной операции.

В работе [22] приводится следующая формула для подсчета суммарной погрешности обработки координирующих размеров, то есть размеров, характеризующих положение обрабатываемого профиля относительно другой поверхности

$$\Delta \varepsilon = \frac{1}{K} \sqrt{(k_1 \Delta \varepsilon_y)^2 + (k_2 \Delta_y)^2 + (k_3 \Delta_u)^2 + (k_4 \Delta_u)^2 + (k_5 \sum \Delta_{cm})^2 + (k_6 \Delta_T)^2} \quad (40)$$



где  $\Delta\varepsilon_y$  - погрешность установки заготовок в приспособлении;  $\Delta_y$  - погрешность, вызываемая упругими деформациями технологической системы;  $\Delta_u$  - погрешность наладки станка;  $\Delta_u$  - погрешность, вызываемая размерным износом инструмента;  $\sum \Delta_{cm}$  - погрешность, вызываемая геометрическими неточностями станка;  $\Delta_T$  - погрешность, вызываемая температурными деформациями технологической системы;  $k_1 \dots k_6$  - коэффициенты, характеризующие поле рассеяния размеров.

Приравнивая суммарную погрешность обработки допуску изделия, можно определить допустимую по точности обработки погрешность установки детали в приспособлении ( $\varepsilon_{доп}$ )

$$\varepsilon_{доп} = \frac{\sqrt{(k \cdot T_{изд})^2 - [(k \cdot 2 \cdot \Delta_y)^2 + \dots + (k \cdot 6 \cdot \Delta_T)^2]}}{K_1} \quad (41)$$

Так как аналитический расчет составляющих суммарной погрешности обработки весьма трудоемкая задача, то на практике при проектировании приспособления часто принимают

$$\varepsilon_{доп} = (0,1 \dots 0,4) T_{изд} \quad (42)$$

Погрешность установки заготовки в приспособлении ( $\varepsilon$ ) вычисляют с учетом погрешностей: погрешностей базирования ( $\varepsilon_6$ ), закрепления заготовки ( $\varepsilon_3$ ), изготовления и износа опорных элементов приспособления ( $\varepsilon_{пр}$ ).

Так как указанные выше погрешности являются случайными величинами, то

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2} \quad (43)$$

При правильно спроектированном приспособлении должно выполняться условие:

$$\varepsilon_{рас} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{з}^2 + \varepsilon_{пр}^2} \leq \varepsilon_{доп} = (0,1...0,4)T_{изд} \quad (44)$$

где  $\varepsilon_{рас}$  – расчетная погрешность установки заготовки в проектируемом приспособлении.

Таким образом, сущность точностных расчетов при проектировании приспособлений сводится к последовательному определению составляющих погрешности установки ( $\varepsilon_{\delta}$ ,  $\varepsilon_{з}$ ,  $\varepsilon_{пр}$ ), суммированию их и сравнении расчетной погрешности ( $\varepsilon_{рас.}$ ) с допустимой по точности ( $\varepsilon_{доп}$ ), величину которой можно принять равной  $(0,1...0,4) T_{изд}$ .

**Погрешность базирования.** Согласно ГОСТ 21495-76 погрешность базирования – «отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при базировании от требуемого». Погрешность базирования ( $\varepsilon_{\delta}$ ) возникает, если измерительная база не совпадает с технологической. Если эти базы совпадают, то  $\varepsilon_{\delta} = 0$ . При несовпадении указанных баз  $\varepsilon_{\delta} \neq 0$ , и её необходимо рассчитать.

Для этого необходимо выявить размерную цепь (РЦ), в которой выдерживаемый на данной операции размер является замыкающим звеном, и решить задачу по определению допуска замыкающего звена – погрешности базирования операционного размера.

В размерную цепь в качестве составляющих звеньев включаются:

1. Б1- размер, связывающий режущую кромку инструмента с технологической базой (настроечный размер);
2. Б2- размер, связывающий измерительную базу с технологической;

**Пример.** На детали требуется обработать угловой уступ, выдержав размеры: по оси X- размер  $m$ , по оси Z- размер  $n$  (рис. 45). Работа выполняется на настроенном оборудовании. Метод достижения точности обработки- автоматическое получение размеров.

Базирование детали осуществляется по трем взаимно перпендикулярным поверхностям (в «координатный угол»). Для размера  $m$  измерительная и технологическая базы совпадают (пов. Г является одновременно и технологической и измерительной базой), следовательно  $\varepsilon_{\delta m} = 0$ . Для размера  $n$  измерительная база (пов. В) не совпадает с технологической (пов. А). Следовательно  $\varepsilon_{\delta n} \neq 0$ . Для определения вели-

чины погрешности базирования размера  $n$  ( $\varepsilon\delta_n$ ) выявляем размерную цепь, в которой размер  $n$  будет замыкающим звеном.

1.  $B_1$ - размер, связывающий измерительную базу (пов.В) с технологической (пов. А).

$$[n] = B_2 - B_1 \quad (45)$$

$$\varepsilon\delta n = T_{B_2} + T_{B_1} \quad (46)$$

Размер  $B_1$ , определяет положение инструмента при обработке партии деталей и при обработке отдельной детали его положение не изменяют, то есть размер  $B_1$ , остаётся постоянным.

При расчете погрешности базирования принимают  $T_{B_1} = 0$ , тогда  $\varepsilon\delta n = T_{B_2}$ .

$B_2 = H$  – размер заготовки, полученный на предыдущей операции; таким образом  $\varepsilon\delta n = T_H$ .

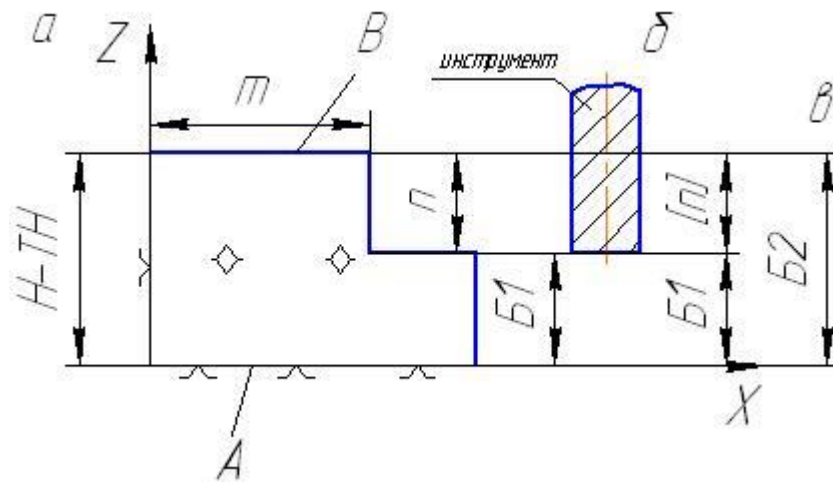


Рисунок 45. Схема к определению погрешности базирования: а) схема базирования детали; б) настройка инструмента при выполнении размера; в) размерная цепь (для размера  $n$ )

**Погрешность закрепления ( $\varepsilon_3$ ).** Погрешность закрепления ( $\varepsilon_3$ ) возникает вследствие изменения контактных деформаций стыка: заготовка - опоры приспособления.

Смещение заготовки вследствие контактных деформаций вычисляют по эмпирическим зависимостям типа:

$$\varepsilon_3 = C \cdot Q^n \cdot \cos \alpha \quad (47)$$

где  $C$  - коэффициент, характеризующий условие контакта, шероховатость и твердость поверхностного слоя заготовок (значение  $C$  приведены в таблицах технической литературы [22], [24];  $Q$  - сила, действующая на опору;  $\alpha$  - угол между направлением выдерживаемого размера и направления смещения.

Погрешность закрепления [22]:

$$\varepsilon_3 = \bar{C} \cdot \bar{Q}^n \cdot \cos \alpha \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta C}{\bar{C}}\right)^2 + \left(\frac{n \cdot \Delta Q}{\bar{Q}}\right)^2} \quad (48)$$

где  $\bar{C}$  и  $\bar{Q}$  - средние значения параметров;  $\Delta C$  и  $\Delta Q$  – предельные рассеяния значений  $C$  и  $Q$ .

Если при закреплении используется механизированный привод, то можно считать силу закрепления величиной стабильной, тогда учитывается при расчетах только колебания твердости  $\Delta HB$  и шероховатости  $\Delta Rz$  поверхности заготовок, используемой в качестве базы [24], получим

$$\Delta C = \sqrt{\left(K_{HBp} \cdot HB^{p-1}\right)^2 + \left(K_{Rz} \cdot \Delta Rz\right)^2} \quad (49)$$

Коэффициенты  $K_{HB}$  и  $K_{Rz}$  определяют по таблице [22], [24]. Показатель степени  $p$  при установке на опоры и пластины принимать  $p=1$ ; на призму  $p=-1$  [24].

Подробнее методику расчета погрешности закрепления см. [22], [24].

**Погрешность приспособлений.** Погрешность приспособлений ( $\varepsilon_{пр}$ ) возникает в результате неточности изготовления установочных элементов приспособления и их изнашивания при эксплуатации. Установочные элементы, как правило, изготавливают с жесткими допусками (по 6, 7 качеству точности). Часто учитывается при расчете погрешности базирования (например, при базировании на установочные пальцы и оправки).

К установочным элементам предъявляются высокие требования по износостойкости. Высокая износостойкость достигается выбором материала и соответствующей химико-термической обработки. Для повышения износостойкости установочные элементы хромируют, на них напаивают пластинки твердого сплава.

На производстве износ контролируется и при достижении предельной величины опоры заменяются новыми. Заканчиваются точностные расчеты сравнением расчетной погрешности установки с допустимой по точности обработки, то есть выполнением условия (44).

Если это условие не выполняется, вносятся коррективы в конструкцию приспособления:

- ужесточаются допуски на изготовление элементов приспособления вплоть до изменения схемы базирования и закрепления обрабатываемой детали.

При обработке деталей типа «тела вращения», как указывалось ранее, широко используются самоцентрирующие механизмы, выполняющие базирование и зажимные функции одновременно. Для таких механизмов отдельно не определяют погрешность базирования и закрепления, а устанавливают общую погрешность установки в радиальном и осевом направлениях, которая приводится в таблицах справочно-технической литературы, например, табл. 12...13 работы [22].

Согласно указанной работе наиболее совершенными по точности центрирования являются:

- патроны и оправки с упругими втулками и роликами, опирающимися на тела, имеющие форму гиперболоида вращения;
- мембранные патроны;
- патроны и оправки с гофрированными втулками.

Указанные механизмы обеспечивают погрешность установки от 0,002 до 0,005 мм при 5...8 квалитете базы заготовки.

Следующими являются:

- патроны и оправки с гидропластом;
- патроны и оправки с пластинчатыми (тарельчатыми) пружинами, которые обеспечивают погрешность установки  $\approx 0,01...0,02$  мм при 7-11 квалитете базы заготовки;

- цанговые патроны и оправки в зависимости от качества базовой поверхности заготовки обеспечивают погрешность установки от 0,01 до 0,06 мм;

- кулачковые патроны специальные с незакаленными кулачками (расточенными на месте) обеспечивают погрешность установки от 0,01 до 0,03 мм. Более подробнее об этих механизмах см. [22], [25].

### 6.6.2. Силовые расчеты

Назначение зажимных механизмов (ЗМ) станочных приспособлений состоит в надежном закреплении, предупреждающем вибрации и смещение заготовки относительно опор приспособления при обработке. Сила закрепления должна быть минимальной, но достаточной для надежного крепления заготовки. Если сила закрепления окажется недостаточной, то заготовка может быть сдвинута силами резания, что приведет к поломке инструмента, либо может возникнуть аварийная ситуация. Чрезмерное увеличение силы закрепления также нежелательно, так как это приводит к неоправданному увеличению габаритов приспособления и перерасходу энергии.

Силу закрепления надо рассчитывать. Приблизительно силу закрепления можно рассчитать, решая статическую задачу на равновесие заготовки под действием сил резания, реакции опор, сил трения и собственно силы закрепления.

Последовательность силовых расчетов показана на диаграмме:

$$P \rightarrow W \rightarrow Q \rightarrow \text{параметры привода}$$

где  $P$  - сила резания или её составляющая;  $W$  - сила закрепления (сила на ведомом звене);  $Q$  - исходная сила (сила на ведущем звене), параметры привода - это параметры, определяющие мощность привода, либо его габариты.

Силу резания  $P$  можно определить по известным формулам теории резания, которые приведены в работах [21], [22], [23], [24].

Сила закрепления зависит от силы резания и схемы крепления заготовки.

Ниже изложена методика расчета силы закрепления для схемы, показанной на рис. 46.

Из условия равновесия заготовки :  $\sum X=0$  (сумма проекций сил на ось X равна нулю)

$$P - F_1 - F_2 = 0 \quad (50)$$

$$F_1 = W \times f_1 \quad (51)$$

$$F_2 = W \times f_2 \quad (52)$$

где  $f_1, f_2$  - коэффициенты трения в местах контакта заготовки с зажимом и опорами приспособления.

С учетом коэффициента запаса силу закрепления для схемы (рис.46) можно определить по формуле

$$W = \frac{k \cdot P}{f_1 + f_2}, \quad (53)$$

где  $k$ - коэффициент запаса.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (54)$$

где  $k_1$  - учитывает увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемой поверхности заготовок;  $k_2$  - учитывает увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента;  $k_3$  - учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании;  $k_4$  - характеризует стабильность силы, развиваемой зажимным механизмом;  $k_5$  - характеризует удобство расположения рукояток в приспособлениях с ручным закреплением;  $k_6$  - учитывают только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской поверхностью.

При выборе значения коэффициентов  $k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$  следует пользоваться работой [6].

Если в результате расчёта коэффициент запаса окажется меньше 2.5, принимают  $k = 2.5$  [24, с. 384]. Коэффициент трения  $f$  между заготовкой, опорами и зажимным механизмом см. [6], [24].

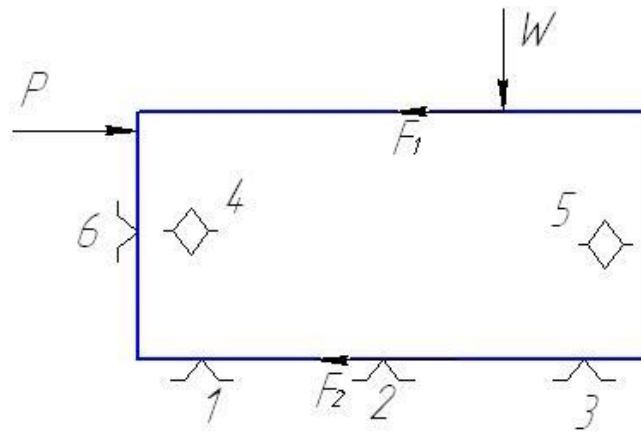


Рисунок 46. Схема сил, действующих на обрабатываемую деталь

При расчётах силы закрепления следует учитывать упругую характеристику ЗМ.

Формулы для расчёта сил закрепления для типовых схем установки приведены в работах [6], [24].

После определения силы закрепления  $W$  необходимо сделать следующий шаг — определить исходную силу  $Q$  (силу на ведущем звене). Сила может быть определена по формуле:

$$Q = \frac{W}{i} \quad (55)$$

где  $i$  - передаточное отношение сил.

Если в приспособлении используется сложный зажимной механизм, то передаточное отношение сил такого механизма определяется по формуле:

$$i = i_1 \cdot i_2 \dots i_k \quad (56)$$

На рис. 47 показана схема сложного (комбинированного) зажимного механизма, состоящего из 2-х простых: рычажного и клиноплунжерного.



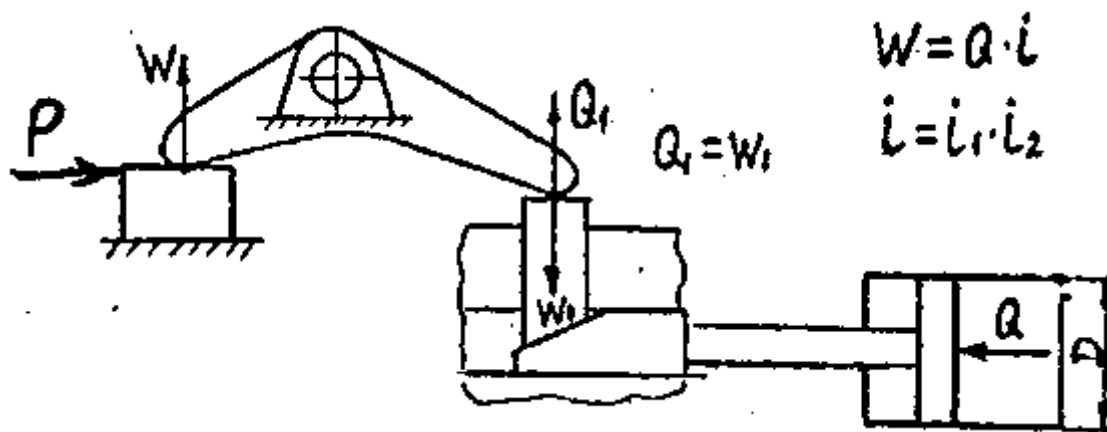


Рисунок 47. Схема комбинированного зажимного механизма

Схема рычажного механизма и действующих в нём сил показана на рис. 48:

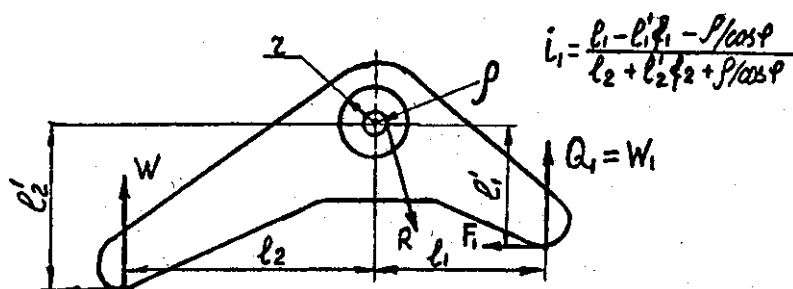


Рисунок 48. Схема рычажного механизма

Передаточное отношение сил рычажного механизма, изображённого на этом рисунке, определяется по формуле:

$$i_1 = \frac{l_1 - l_1 \cdot f_1 - \frac{p}{\cos \varphi}}{l_2 + l_2 \cdot f_2 + \frac{p}{\cos \varphi}}, \quad (57)$$

где  $l_1$  и  $l_2$  - плечи сил  $Q$  и  $W$ ;  $p$  - радиус трения

$$p = r \cdot f, \quad (58)$$

где  $r$  - радиус оси;  $f$  - коэффициент трения на оси.

Подробнее методика расчёта рычажных механизмов изложена в работе [6]. На рис. 49 изображена схема клиноплунжерного механизма. Передаточное отношение сил клиноплунжерного механизма:

$$i_2 = \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \frac{3l}{a}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1} \quad (59)$$

где  $\alpha$  - угол клина;  $\varphi$  - угол трения по наклонной поверхности клина (поз. 1);  $\varphi_2$  - угол трения по поверхности плунжера (поз.2);  $l$  и  $a$  - конструктивные параметры;  $\varphi_1$  - угол трения на основании клина.

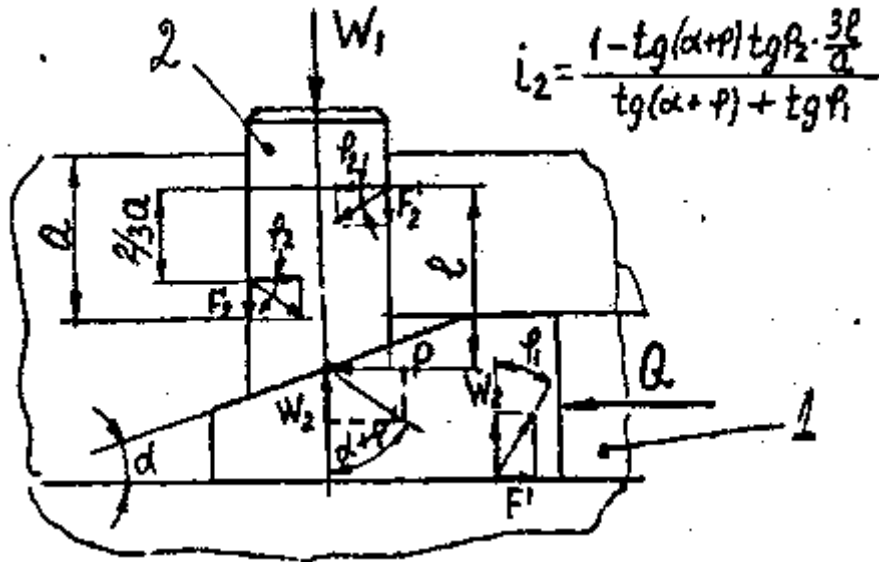


Рисунок 49. Схема клиноплунжерного механизма

Подробнее расчёт передаточного отношения сил клиноплунжерных механизмов, а также рычажно-шарнирных и других механизмов, основанных на действии клина (в том числе винтовых, эксцентриковых) см. в работе [2]. В работе [24] приведены численные значения передаточного отношения сил клиновых и клиноплунжерных механизмов при различных значениях угла  $\alpha$  наклона клина. В этой же работе приведены значения передаточного отношения сил рычажно-шарнирных механизмов различных конструкций.

Итак, передаточное отношение сил зажимного механизма, представленного на рис. 49.

$$i = i_1 \cdot i_2 = \frac{l_1 - l_1 \cdot f_1 - \frac{P}{\cos \varphi}}{l_2 + l_2 \cdot f_2 + \frac{P}{\cos \varphi}} \times \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \frac{3l}{a}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1} \quad (60)$$

Исходная сила  $Q$ :  $Q = \frac{W}{i_1 \cdot i_2}$

После определения исходной силы  $Q$  необходимо определить параметры привода. Например, можно определить диаметр  $D$  пневмоцилиндра. При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p_e \cdot \eta \quad (61)$$

откуда

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p_e \cdot \eta}} \text{ мм} \quad (62)$$

где  $Q$  - исходная сила в Н;  $P_e$  - давление сжатого воздуха в МПа; в расчетах можно принять  $P_e = 0.4$  МПа;  $\eta$  - КПД пневмопривода; можно принимать  $\eta = 0.85 \dots 0.9$ .

При использовании гидроприводов можно принимать давление масла  $P_e = 5$  МПа. В случае использования пневмогидравлического привода:

$P_e = 10$  МПа или  $P_e = 20$  МПа (согласовать с паспортными данными привода). Подробнее расчет параметров привода см. в работах [7], [22], [23], [24] и [26].

При выполнении силовых расчетов необходимо так же произвести расчет на прочность наиболее нагруженных деталей, которые выявляются из анализа действующих сил.

### 6.6.3 Экономические расчеты

Одна и та же операция может быть выполнена на приспособлениях разных по сложности, стоимости, производительности. Чтобы отдать предпочтение той или иной конструкции надо произвести экономический расчет. Расчет основан на сравнении себестоимости выполнения детали-операции. При этом учитываются не все элементы себе-

стоимости, а лишь те, которые связаны с конструкцией приспособления [2].

Допустим необходимо выбрать конструкцию приспособления из 2х вариантов:

Вариант А - приспособление высокопроизводительное многоместное (полуавтоматическое или автоматическое), а следовательно, сложное и дорогое по стоимости.

Вариант В - приспособление менее производительное, простое по конструкции (например одноместные с отсутствием элементов автоматизации и т.д.), дешевое по стоимости.

Себестоимость выполнения детали-операции определяем по формулам соответственно:

Вариант А

$$C_A = Z_A(\varepsilon \cdot \kappa \cdot y + \frac{H}{100}) + \frac{S_A}{\Pi} \left( \frac{1}{A} + \frac{q}{100} \right). \quad (63)$$

Вариант В

$$C_B = Z_B(\varepsilon \cdot \kappa \cdot y + \frac{H}{100}) + \frac{S_B}{\Pi} \left( \frac{1}{A} + \frac{q}{100} \right), \quad (64)$$

где  $Z_A$  и  $Z_B$  - зарплата рабочего станочника за одну деталь;  $\varepsilon, \kappa, y$  - коэффициенты (см. стр. 41, 42);  $H$  - накладные расходы в % (см. стр. 43);  $A$  - срок амортизации приспособления в годах (обычно принимают 1 год);  $q$  - расходы, связанные с хранением, регулированием, ремонтом приспособления;  $\Pi$  - программа выпуска деталей, например за 1 год.

$$Z_A = \frac{C_{Т.Ф.} \cdot T_{ум.А}}{60} \quad (65)$$

$$Z_B = \frac{C_{Т.Ф.} \cdot T_{ум.В}}{60} \quad (66)$$

где  $C_{Т.Ф.}$  - часовая тарифная ставка рабочего станочника соответствующего разряда;  $T_{ум.А}$  и  $T_{ум.В}$  - штучное время обработки детали соответственно на приспособлении по вариантам А и В.

Как указывалось выше  $T_{ум.А} < T_{ум.В}$ . Приравниваем уравнения 3 и 4 и решая их относительно программ  $\Pi$ , получим значение  $\Pi_K$ , при которой себестоимость детали-операции равны:

$$\Pi_K = \frac{(S_A - S_B) \left( \frac{1}{A} + \frac{q}{100} \right)}{(3_A - 3_B) \left( \varepsilon \cdot \kappa \cdot \gamma + \frac{H}{100} \right)} \quad (67)$$

Графическая зависимость себестоимости детали-операции от программы выпуска представлена на рис. 50.

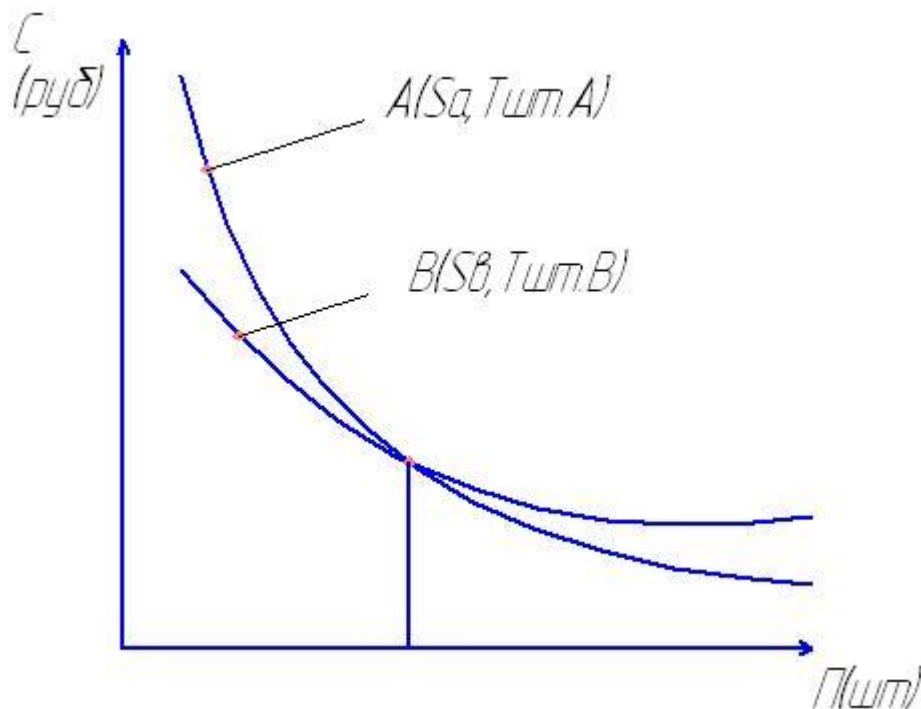


Рисунок 50. Зависимость себестоимости детали - операции от программы выпуска при различной стоимости и производительности приспособлений  $T_{ум.А} < T_{ум.В}$

Из рис. 50 следует, что при программе выпуска деталей  $\Pi < \Pi_K$  экономически выгодно работать на приспособлении конструкции по варианту В (дешевое, на малопроизводительное). При  $\Pi > \Pi_K$  экономически выгодно работать на приспособлении по варианту А (более дорогое, высокопроизводительное).

По согласованию с руководителем курсового проекта вместо станочного приспособления может быть спроектировано контрольное приспособление для контроля взаимного расположения поверхностей.

Методика расчета контрольного приспособления подробно изложена в работе [17].

### **6.7 Оформление графической части**

Общий вид приспособления вычерчивается на формате А1 в необходимом количестве проекций. Для пояснения устройства приспособления могут быть выполнены разрезы и сечения.

На чертеже общего вида должны быть проставлены габаритные и присоединительные размеры, допуски и посадки в основных сопряжениях.

В технических требованиях должны быть указаны допуски на контрольные и координирующие размеры, от которых зависит точность обработки. Это допуски на расположение установочных элементов, на параллельность, перпендикулярность, соосность и т.д. установочных элементов относительно основания приспособления и др.

Степень автоматизации приспособления, его сложность и производительность зависят от программы выпуска, типа производства и должны быть экономически обоснованы.

По согласованию с преподавателем вместо станочного приспособления может быть спроектировано контрольное приспособление. В этом случае контрольная работа также должна содержать пояснительную записку с необходимыми расчётами и графическую часть - общий вид контрольного приспособления, выполненный на формате А1.

### Список использованных источников

1. Андреев Г.Н., Новиков Ю.В., Схиртладзе А.Г. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства. Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / Под ред. Ю.М. Соломенцева – 2-е изд. испр. – М.: Высш. шк., 1999-415с.
2. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1966, 652 с.
3. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Г67 Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов.- 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. -256 с.
4. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков (справочник). М.: Машиностроение, 1979, 303 с.
5. Каталог деталей и сборочных единиц сборно-разборных приспособлений для обработки заготовок на станках с ЧПУ. М.: НИИМАШ, 1978.62 с.
6. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений (учебник для вузов). М.: Машиностроение, 1983, 277 с.
7. Кузнецов Ю.И. и др. Оснастка для станков с ЧПУ (справочник). М.: Машиностроение, 1983. 359 с.
8. Макаров А.В., Борискин В.П., Сергеев С.А. М151 Проектирование и производство заготовок: Учебник.- Старый Оскол: ООО «ТНТ», 2008.-448 с.
9. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. - М.: Машиностроение, 1974.-Ч.І. Токарные, карусельные, то-

карно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки.-416 с.

- 10.Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1974.-Ч. II. Зуборезные, горизонтально-расточные, резьбо - накатные и отрезные станки.- 200 с.
- 11.Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на шлифовальных и доводочных станках.- М.: Машиностроение, 1974. – 203 с.
12. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на протяжных станках. – М.: Машиностроение, 1969. – 199 с.
13. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство – М.: Машиностроение, 1974. -136 с.
- 14.Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно – заключительно для технического нормирования. Серийное производство – М.: Машиностроение, 1974.-421 с.
15. Оформление технологических документов при проектировании технологических процессов механической обработки. [Текст]: Методические рекомендации при выполнении раздела курсового и дипломного проектов / Юго-Западный государственный университет; сост. А.И. Скрипаль, Е.И. Яцун. Курск, 2012. – 46 с.



16. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учебн. Пособие / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Пласка; Под общ. ред. В.М. Пласка – К.: Высшая школа, 1991. – 247 с.
17. Проектирование контрольных приспособлений [Текст]: Методические указания по выполнению курсового и дипломного проектов / Курск. гос. техн. ун-т; сост. А.И. Скрипаль. Курск, 2009. 121с.
18. Проектирование литых заготовок [Текст]: методические рекомендации по выполнению расчетно – графической работы по дисциплине «Проектирование и технология производства заготовок» для студентов специальности 151001 «Технология машиностроения» очной и заочной форм обучения / Курск. гос. техн. ун-т; сост. С.А. Сергеев. Курск, 2008. 25 с.: ил. 1. табл. 19, прилож. 2. Библиогр. с. 23
19. Проектирование штампованных поковок, изготавливаемых на молотах, прессах и горизонтально – ковочных машинах [Текст]: методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы / Курск. гос. техн. ун-т; сост. И.П. Емельянов. Курск, 2009. 30 с.: ил. 7, табл. 8, прилож. 3 Библиогр.: с.25.
20. Размерный анализ технологических процессов механической обработки [Текст]: Методические рекомендации по выполнению раздела курсового и дипломного проектов. / Юго-Западный государственный университет; сост. А.И. Скрипаль, Е.И. Яцун. Курск, 2012. – 104 с.
21. Режимы резания металлов. Справочник Под ред. Ю.В. Барановского; перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1972, 409с.

22. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещеряковой.- 4-е изд. перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1986. 656 с.
23. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 /под ред. А.Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.- 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение. 1986. 496с .
24. Станочные приспособления (справочник под ред. Вардашкина Б.Н.) в 2-х томах. М.: Машиностроение, 1984. т. 1 592с, т.2 656 с.
25. Станочные приспособления. Справочник. В 2-х т. Т.2 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, А. А. Шатилова, М.: Машиностроение, 1984 – 656с.
26. Схиртладзе А. Г. Станочные приспособления. Учеб. пособие. М.: Высш. шк. 2001, 110 с.
27. Технологическая оснастка многократного применения / Под. Ред. Д.Н. Полякова. М.: Машиностроение, 1981, 404 с.
28. Универсально-наладочная типовая оснастка для обработки деталей на станках с ЧПУ токарной группы / Рекомендации по применению. М.: НИИМАШ, 1976. 32 с.
29. Универсально-сборные приспособления для станков с ЧПУ. Каталог 17-80-71. М.: ЦНИИТЭИ тяж. маш., 1980, 44 с.