

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Ульяновский государственный технический университет
Институт авиационных технологий и управления

Кафедра «Самолетостроение»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**к курсовому проекту по дисциплине:
«Технология изготовления деталей самолётов»**

На тему Разработка ТП механической обработки детали с
проектированием средств специального технологического
оснащения

Автор проекта Т. Е. Петрова группа АСВд-42
(подпись, инициалы, фамилия)

Специальность 130100 «Самолето- и вертолестроение»

Обозначение курсового проекта КП 2096.9373.1301.018.000

Руководитель работы С.А. Кобелев
(подпись, инициалы, фамилия)

Нормоконтролер _____
(подпись, инициалы, фамилия)

Проект защищён с оценкой _____

Члены комиссии: _____
(подпись, инициалы, фамилия)

(подпись, инициалы, фамилия)

(подпись, инициалы, фамилия)

(подпись, инициалы, фамилия)

Ульяновск 2005

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт авиационных технологий и управления
Кафедра «Самолетостроение»

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

По дисциплине: «Технология изготовления деталей самолетов»

Студентке Петровой Т. Е.

группы АСВд-42

Тема: «Разработка технологического процесса механической обработки детали 74.00.3200.295 «Кронштейн»

Исходные данные:

1. Чертеж детали 74.80.3200.395
2. Годовая программа выпуска – 75 самолетов
3. Технологическое оборудование на ЗАО «Авиастар-СП».

Содержание:

1. Анализ технических условий и технологичности конструкции
2. Выбор вида заготовки и метода её изготовления
3. Обоснование и технико-экономический расчет технологического процесса
4. Расчет режимов резания
5. Проектирование специального станочного приспособления

Объем проекта:

- | | | |
|-----|---------------------------------|------------|
| 1. | Графическая часть | |
| 1.1 | Чертеж детали | 1 л. ф. А1 |
| 1.2 | Анализ точности | 2 л. ф. А1 |
| 1.3 | Технологические эскизы операций | 1 л. ф. А1 |
| 1.4 | Приспособление | 1 л. ф. А1 |
| 2. | Пояснительная записка | л. ф. А4 |

Дата выдачи задания

Срок выполнения

Зав. кафедрой

Руководитель проекта

С. А. Кобелев

Проект защищен с оценкой

Дата

РЕФЕРАТ

Курсовой проект по дисциплине «Технология изготовления деталей самолета»: графическая часть – чертежей ф.А1, пояснительная записка– листов, таблиц - , рисунков - , приложение.

КРОНШТЕЙН, ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ

Произведен анализ технических требований.

Спроектировано приспособление для изготовления детали.

Модифицирован технологический маршрут изготовления детали.

Выполнен расчет припусков и режимов резания.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	6
1.1 Анализ служебного назначения детали	7
1.2 Марка и химические свойства материала	8
1.3 Анализ технических требований детали	10
1.4 Определение типа производства	14
1.5 Качественный анализ технологичности конструкции детали.....	16
1.6 Количественный анализ технологичности конструкции детали.....	17
1.7 Выбор заготовки и технико-экономическое обоснование.....	19
1.8 Выбор технологического маршрута. Анализ базового технологического маршрута. Анализ точности.....	24
1.9 Сравнительная оценка экономической эффективности выбранного варианта технологического процесса с базовым.....	41
1.10 Расчет припусков.....	45
1.11 Расчет режимов резания.....	52
2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	62
2.1 Техническое задание на проектирование специального станочного приспособления	63
2.2 Состав и назначение приспособления.....	64
2.3 Расчёт точности приспособления	65
2.4 Расчет усилия прижимов	67
2.5 Экономическое обоснование конструкции приспособления.....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	71
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	

ВВЕДЕНИЕ

Основной целью курсового проекта является снижение технологической себестоимости изделия «кронштейн» с соблюдением всех технических требований.

Курсовой проект состоит из двух частей: технологической и конструкторской.

На первом этапе работы необходимо сделать анализ технологических условий, а также описать служебное назначение детали и охарактеризовать марку материала детали. В работе необходимо разработать технологический процесс на изготовление данной детали с введением методов обработки. Для проведения технико-экономического анализа необходимо разработать альтернативный вариант ТП. Сравнив два варианта ТП, нужно выбрать наиболее рациональный в условиях данного производства.

Вторая часть проекта включает описание приспособления, расчет его точности и усилий зажимов.

Основными расчетами в данной работе являются: оценка технологичности детали, выбор метода получения заготовки, технико-экономический расчёт ТП, расчёт технологических припусков, режимов резания и норм времени.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

					КП 2096.9373.1301.19.001 ПЗ – 00			
Из	Лист	№ Докум.	Подп.	Дат				
Разраб.	Петрова				ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	Литер	Лист	Листов
Пров.	Кобелев					у		
Н.контр								
Утв.						гр. АСВд-42		

Кронштейн устанавливается на стабилизатор для привода руля высоты (Р.В.). Деталь крепится ко второму лонжерону стабилизатора через «Кронштейн» 74.00.3100.030 и через покупное изделие руль поворотный (РП-95). Тяга управления рулем подводится к кронштейну, установленному на лонжероне и силовой нервюре руля. Кронштейн располагается по оси привода №3 и 10 нервюре стабилизатора.

1.2. Марка и химические свойства материала.

Данная деталь изготавливается из алюминиевого ковочного сплава — АК6Т1.

Таблица 1.2.1

Химический состав АК6Т1 (%)

Сплав	Химические элементы				Прочие
АК6Т1	Cu	Mg	Mn	Si	-----
	1,8-2,6	0,4-0,8	0,4-0,8	0,7-1,2	

Таблица 1.2.2

Режимы термической обработки

Сплав	Тем-ра закали t, °C *	Старение		Тем-раковки	Тем-раштамповки	Тем-раобрезки	Тем-раправки
		t, °C	Время t, (ч)				
АК6Т1	515±5	160±5	10-12	470÷300	470÷300	470÷300	470÷300

*Охлаждение в воде 10-40°

АК6Т1-алюминиевый ковочный сплав, термически обработанный (закалка и искусственное старение). Используют для деталей сложной формы, средней прочности, изготовление, которого требует высокой пластичности в горячем состоянии. Сплав АК6 хорошо обрабатывается резанием. ГОСТ 19073-85.

Сплавы алюминия, обладая хорошей технологичностью во всех стадиях передела, малой плотностью, высокой коррозионной стойкостью, при достаточной прочности, пластичности и вязкости нашли широкое применение в авиации, судостроении, автостроении, строительстве и других отраслях народного хозяйства.

Преимущества сплава: малая плотность, коррозионная стойкость, относительная дешевизна, хорошая свариваемость.

Недостатки: низкая прочность.

Таблица 1.2.3

Механические свойства

Сплав	Механические свойства					
АК6Т1	$\delta, (\%)$	$\Psi, (\%)$	ρ	$\sigma_B, (\text{МПа})$	$\sigma_T, (\text{МПа})$	НВ
	12	46	2,85	300	450	100

Таблица 1.2.4

Механические свойства сплава при растяжении

Вдоль направления волокна			Поперек направления волокна				
Вре- менное сопро- тивле- ние	Пре- дел теку- чести	Отно- ситель- ное удлине- ние,%	По ширине		Относи- тельное удлине- ние,%	По толщине	
МПа (кгс/мм²)		10	Времен- ное со- против- ление	Предел теку- чести		Времен- ное со- против- ление	Предел теку- чести
			МПа (кгс/мм²)		7	МПа (кгс/мм²)	
380 (39)	275 (28)		365 (37)	245 (25)		345 (35)	5

Относительное сужение $\Psi = 46\%$

Плотность $\rho = 2,85 \text{ кг/м}^3$

НВ твердость 100 кгс/мм²

Термическая обработка.

Особенностью алюминиевых сплавов является малый интервал температур нагрева под закалку. Температура нагрева сплава АК6

515-521°C. Более высокие температуры вызывают пережог, что приводит к образованию трещин, пузырей на поверхности, снижаются сопротивления коррозии, механические свойства и сопротивление хрупкому разрушению.

После закалки следует старение, при котором сплав выдерживают при повышенной температуре несколько часов (искусственное старение).

В процессе старения происходит распад перенасыщенного твердого раствора, что сопровождается упрочнением сплава.

1.3. Анализ технических требований

1. Дет. Б. Ч. изготавливать по шаблонам с плаза.

Теоретический плаз - представляет собой точный чертеж детали в натуральном масштабе, на котором вычерчиваются конструкторские базы и контуры отдельных плоских сечений поверхностей детали.

Шаблон изготавливается с плаза методом копирования.

2. Технические условия на штамповку по ОСТ 190073-85.

Группа контроля 2.

Настоящий отраслевой стандарт распространяется на штамповки и поковки из алюминиевых сплавов изготавливаемые горячей объёмной штамповкой и свободной ковкой.

Группа контроля 2 подразумевает всестороннее исследование штамповок, производится по требованию потребителя.

3. Предельные отклонения размеров штамповки по ОСТ 192082-80. Класс точности 2.

Данный стандарт устанавливает: линейные отклонения размеров штампованных заготовок; линейные отклонения размеров между необрабатываемыми или одной обработанной, а другими необработанными поверхностями деталей, изготавливаемых из штампованных заготовок; припуски на механическую обработку.

4. Упрочнить виброшлифованием или дробеструйным методом по инструкции ВИАМ 940-69. Места крепления упрочнить местным ПДН.

5. *1 – установку втулок производить на Гр. ЭП-0215.

6. * - размеры для построения штамповки.

7. Неуказанные предельные отклонения размеров толщин по ТУ-6887, остальные по ОСТ 100022-80.

8. Неуказанная шероховатость обрабатываемых поверхностей дет. Б. Ч. -

$$R_z 20 \sqrt{\quad}.$$

9. Покрытие дет. Б. Ч.: Ан. Окс. нхр./ эм. ЭП-140М, серия, 474 ОСТ 190055-85, ТИ-0115-94, кроме отв. А и Б.

Инструкция содержит схемы покрытий отдельных деталей, узлов, агрегатов, схему окраски внешней поверхности, герметизацию элементов конструкции, обеспечивающее предотвращение попадания влаги внутрь соединений, технологию нанесения лакокрасочных покрытий и является руководством для конструкторов и технологов при выборе защитных покрытий и составления рабочими Т.П.

10. Маркировать сборку по ТИ-0360-04 шрифтом ПО-2 и клеймить Ку.

Настоящая инструкция регламентирует способы маркировки и клеймения на изделиях основного производства и порядок нанесения на чертежах информацию о маркировке и клеймения изделия.

11. Коэффициент использования материала КИМ=0,2

необработанной поверхности КНП=0.

12. Допуск параллельности поверхности К относительно базы А не более 0,1 мм.

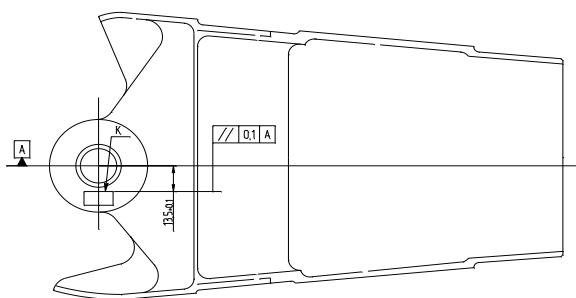


Рис.1.3.1. Схема допуска

- 1 – штанга; 2 – губка штанги; 3 – губка рамки;
4 – шкала нониуса; 5 – зажим рамки;
6 – рамка; 7 – микрометрическая подача.

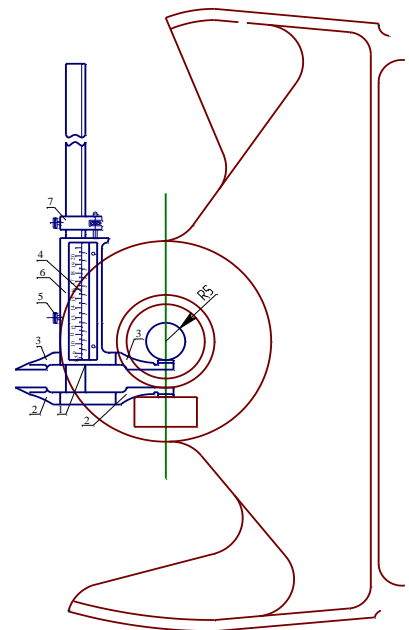


Рис.1.3.2. Схема контроля

Для измерения отклонения от параллельности оси отверстия к плоскости бобышки используют штангенциркуль и ось с бобышкой радиуса R5, которая центрируется в отверстие детали.

- 13.** Допуск перпендикулярности оси Г относительно базы Б не более 0,16 мм.

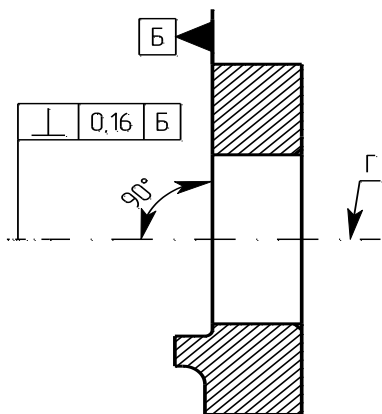


Рис.
Схема
допуска

1.3.3.

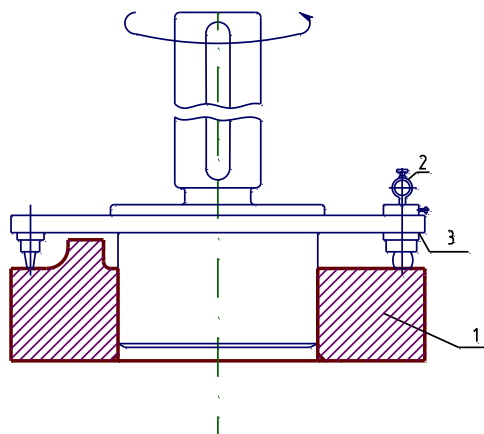


Рис.1.3.4. Схема контроля

Для измерения отклонения от перпендикулярности оси отверстия к верхней плоскости детали 1 используют приспособление 3, которое центрируется в отверстии детали. Поворачивая приспособление на 360^0 , по индикатору 2 определяют отклонение от перпендикулярности оси отверстия к поверхности детали.

- 14.** Допуск перпендикулярности оси Г относительно базы В не более 0,16 мм.

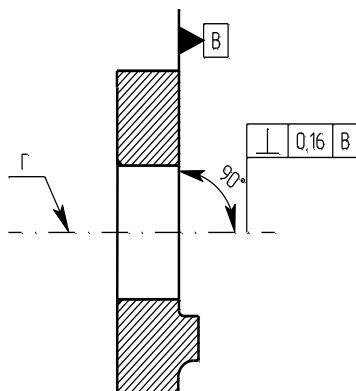


Рис. 1.3.5. Схема допуска

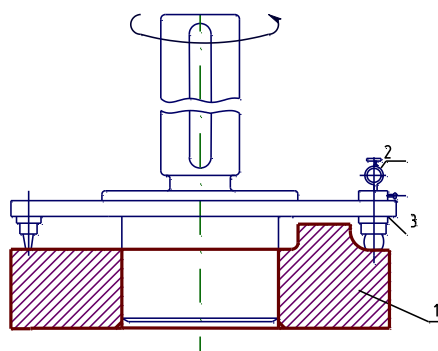


Рис.1.3.6. Схема контроля

Для измерения отклонения от перпендикулярности оси отверстия к верхней плоскости детали 1 используют приспособление 3, которое центрируется в отверстии детали. Поворачивая приспособление на 360° , по индикатору 2 определяют отклонение от перпендикулярности оси отверстия к поверхности детали.

- 15.** Допуск перпендикулярности оси Г относительно базы С не более 0,16 мм.

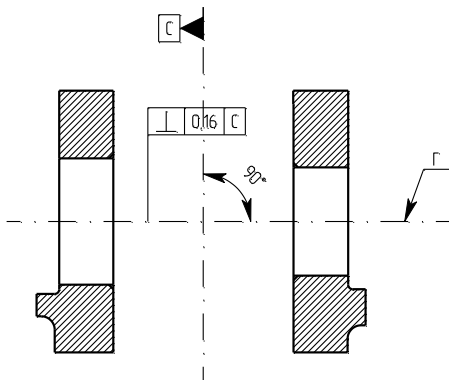


Рис. 1.3.7. Схема допуска

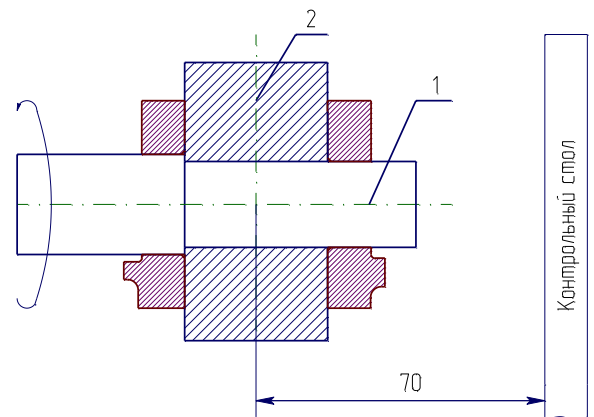


Рис.1.3.8. Схема контроля

Для измерения отклонения от перпендикулярности оси отверстия к оси паза используют оправку 1, которая центрируется в отверстия детали, и плитку 2 с отверстием под оправку.

- 16.** Допуск соосности двух отверстий относительно базы М не более 0,033 мм.

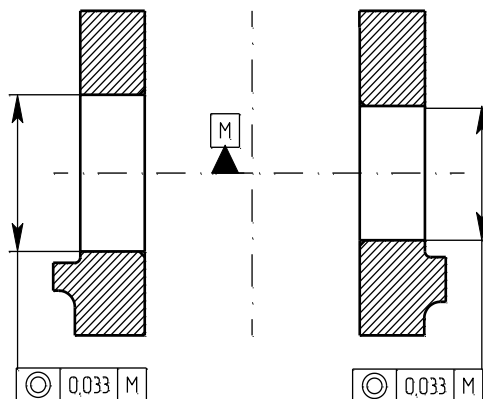


Рис. 1.3.9. Схема допуска

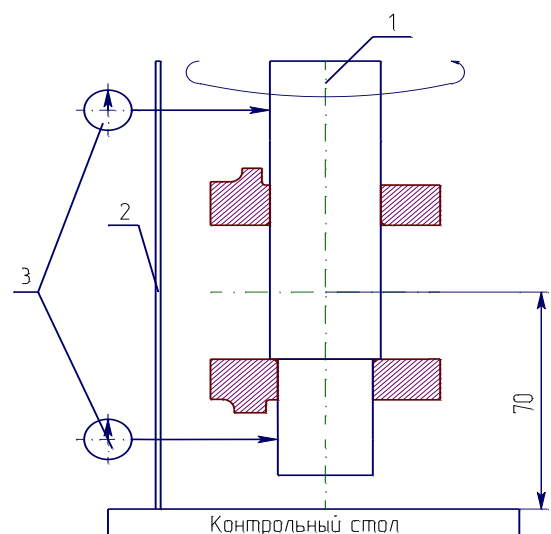


Рис.1.3.10. Схема контроля

Для измерения отклонения от соосности двух отверстий относительно базы М используют оправку, которая центрируется в отверстия детали, контрольную плиту, на которой устанавливается штатив 2, и индикаторы 3, по которым определяют отклонение от соосности двух отверстий.

17. Допуск параллельности поверхности Н относительно базы Е не более 0,62 мм.

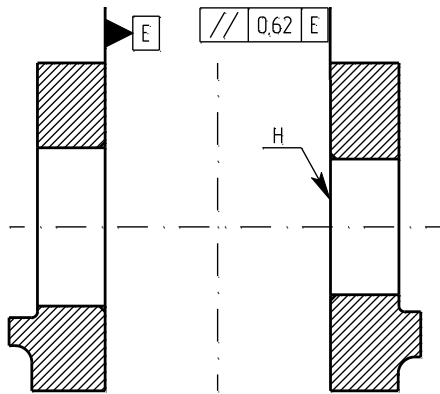


Рис. 1.3.11. Схема допуска

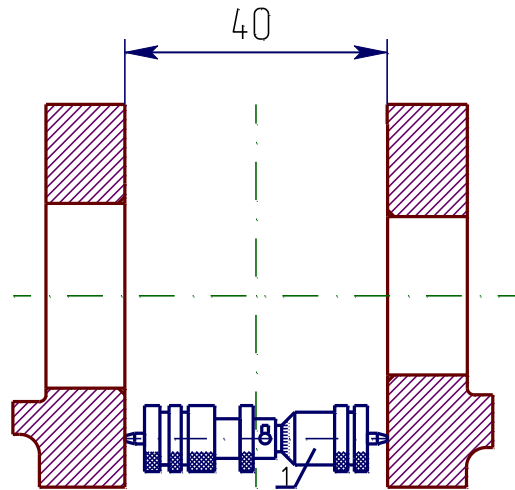


Рис.1.3.12. Схема контроля

Для измерения отклонения от параллельности двух плоскостей используют микрометрический нутромер 1, который располагается между двумя плоскостями. Нутромер имеет измерительный барабан, на который нанесены деления. Он определяет отклонение от параллельности двух плоскостей.

1.4. Определение типа производства

Исходные данные:

Годовая программа выпуска изделий – $N_1=75$ шт.

Количество деталей на изделие – $m=1$ шт.

Процент запасных частей – $\beta=15\%$.

Режим работы предприятия – $f=2$ смены в сутки

Количество рабочих дней в году – $D=250$

Продолжительность смены – $T_{см}=8$

Данный метод расчета определения типа производства на основе коэффициента серийности k_c является основным стандартизированным методом на базовом предприятии ЗАО «Авиастар-СП», но тип производства может определяться также и методом расчета коэффициента закрепления операций $k_{з.о.}$, который показывает число различных операций, закрепленных в среднем по цеху (участку) за каждым рабочим местом.

$$\text{Годовая программа выпуска деталей} - N = N_1 \cdot m \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right) (\text{шт}).$$

$$N = 75 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{15}{100}\right) = 86 (\text{шт}).$$

$$\text{Действительный годовой фонд времени работы оборудования} - F_o = D \cdot f \cdot T_{см} = 250 \cdot 2 \cdot 8 = 4000 (\text{ч})$$

$$\text{Такт выпуска деталей} - t_s = \frac{F_o \cdot 60}{N} (\text{мин/шт}).$$

$$t_s = \frac{4000 \cdot 60}{86} = 2790 (\text{мин/шт}).$$

$$\text{Число механических операций} - n = 17$$

$$\text{Суммарное штучное время по всем операциям: } \sum T_{шт} = 1176,4 (\text{мин})$$

$$\text{Среднее штучное время} - T_{шт.ср.} = \frac{\sum T_{шт}}{n} (\text{мин}).$$

$$T_{шт.ср.} = \frac{1176,4}{17} = 69,2 (\text{мин}).$$

$$\text{Коэффициент серийности} - k_c = \frac{t_s}{T_{шт.ср.}}$$

$$k_c = \frac{2790}{69,2} = 40,3$$

Коэффициент серийности соответствует мелкосерийному типу производства.

Мелкосерийное производство характеризуется достаточно большой номенклатурой изделий и сравнительно небольшой программой выпуска в зависимости от количества изделий в партии и значением коэффициента закрепления операций. Выпуск продукции предусматривает в производстве от

50 до 500 штук. В данном случае программа выпуска в год составляет 50 штук, что не противоречит условиям мелкосерийного производства. Этот тип производства предусматривает применение универсального и специального оборудования, оснащенного наряду со специальным и универсальным режущим и измерительным инструментом, универсальными, универсально-сборными, специальными приспособлениями.

1.5. Качественный анализ технологичности конструкции детали

Деталь изготавливается из заготовки, полученной наиболее рациональным способом – штамповкой.

Указанные точность и шероховатость, обоснованные назначением детали, и обеспечивают точность установки, обработки и контроля.

Химические, физические, механические свойства материала, жесткость детали, ее размеры соответствуют требованиям технологии изготовления.

Обработка поверхностей и отверстий выполняется на проход.

Точно растачиваемые отверстия не имеют внутренних выступов, препятствующих растачиванию на проход.

Деталь состоит из унифицированных элементов, что позволяет производить механическую обработку стандартным инструментом. Размеры и поверхности имеют экономически обоснованную точность и шероховатость (соответствует выбранному станку, инструменту и приспособлению), механические свойства и жесткость.

Форма и размеры детали соответствуют требованиям технологии изготовления, хранения и транспортирования.

Метод изготовления обеспечивает возможность доступа к обрабатываемым поверхностям.

Сопряжение поверхностей соответствует методам и средствам обработки.

По возможности используется обработка детали за один установ для обеспечения необходимой точности размеров.

Технические возможности имеющегося в цехе оборудования (станки, прессы, печи) обеспечивают изготовление детали:

- по габаритным размерам;
- по производительности;
- по точности;
- по безопасности выполнения работ;
- по технологическим характеристикам.

В целях сокращения номенклатуры применяемого режущего инструмента:

- радиусы переходов от полотен к рёбрам и стенкам, как на виде в плане, так и по сечениям - унифицированы.

- диаметры гладких отверстий равны целым числам, а не дробным.

В целях сокращения объёма слесарно-зачистных работ на фрезеруемых деталях, шероховатость поверхности Rz20 , по радиусам меньше 30 мм - 2,5 .

При фрезеровании концевыми фрезами необходимо учитывать следующее: для уменьшения отжима инструмента соотношение диаметра к длине режущей части фрезы должна быть не более 1:3 . Например - диаметр фрезы 30 мм, длина режущей части должна быть не более 90 мм.

1.6. Количественный анализ технологичности конструкции детали

Основными показателями уровня технологичности являются: показатели по использованию материала, по трудоемкости изготовления и по технологической себестоимости. Расчет проводим по методике, изложенной в [5, с. 100-102].

Коэффициент использования материала

$$K_{и.м} = \frac{M}{M_{м}},$$

где M – масса готовой детали, кг; $M_{м}$ – масса материала, израсходованного на изготовление детали, кг.

$$K_{и.м} = \frac{1,136}{10,2} = 0,11$$

Уровень технологичности конструкции по использованию материала

$$K_{y.u} = \frac{K_{\bar{b}.u.m}}{K_{u.m}},$$

где $K_{\bar{b}.u.m}$, $K_{u.m}$ – соответственно базовый и достигнутый коэффициент использования материала.

$$K_{y.u} = \frac{0,11}{0,22} = 0,5$$

Так как $0,5 < 1$ – конструкция технологична.

Уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления

$$K_{y.m} = \frac{T_u}{T_{\bar{b}.u}},$$

где T_u , $T_{\bar{b}.u}$ – соответственно достигнутая и базовая трудоемкость изготовления изделия.

$$K_{y.m} = \frac{588,2}{1176,4} = 0,5$$

Так как $0,5 < 1$ – конструкция технологична.

Уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости

$$K_{y.c} = \frac{C_m}{C_{\bar{b}.m}},$$

где C_m , $C_{\bar{b}.m}$ – соответственно достигнутая и базовая технологическая себестоимость изделия.

$$K_{y.c} = \frac{518,24}{987,24} = 0,52$$

Так как $0,52 < 1$ – конструкция технологична.

Вывод: деталь типа «Кронштейн» является технологичной по всем уровням технологичности, т.к. в этих случаях выполняется условие технологичности.

1.7. Выбор заготовки и технико-экономическое обоснование

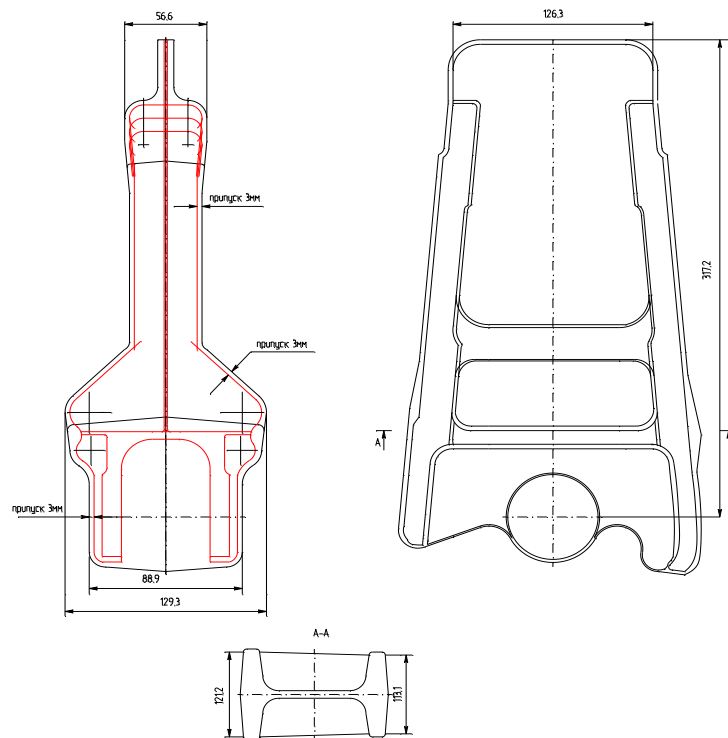


Рис.1.7.1. Эскиз штамповки

Анализ технических требований на штамповку:

1.ТУ на штамповку по ОСТ 1.90073 – 85 группа контроля 2.

Настоящий отраслевой стандарт распространяется на штамповки и поковки из алюминиевых сплавов изготавливаемые горячей объёмной штамповкой и свободной ковкой.

Группа контроля 2 подразумевает всестороннее исследование штамповок, по требованию потребителя.

2. Термообработка: T1

T1 – закалка и искусственное старение.

3. Штамповочные уклоны 7°.

4. Неуказанные радиусы закруглений 2 мм.

5. Предельные отклонения размеров по ОСТ 1.92082 – 80
для необрабатываемых поверхностей класс точности 1,
для обрабатываемых поверхностей класс точности 2.

Данный отраслевой стандарт распространяется на штампованные заготовки площадью проекции до 480 см^2 и линейными размерами до 500 мм из алюминиевых сплавов изготавливаемые на молотах и прессах. Данный стандарт, определяет соответствие конструктивных элементов штампованных заготовок, а также устанавливает: линейные отклонения размеров штампованных заготовок; линейные отклонения размеров между необрабатываемыми или одной обработанной, а другими необработанными поверхностями деталей изготавливаемых из штампованных заготовок; припуски на механическую обработку.

6. Допускается остаток от облоя до 2,5 мм.

7. Допускается смещение до 1,0 мм.

8. Допускается коробление до 1,2 мм.

9. Площадь штамповки в плане 480 см^2 .

10. Клеймить по ПИ - 7108.

Настоящая инструкция регламентирует способы клеймения и маркировки на изделиях основного производства и порядок нанесения на чертежах информации о клеймении и маркировании изделия.

Внутри знака помещают номер соответствующего пункта ТТ, в котором приведены указания о клеймении и маркировании. В чертежах детали на линии выноски указывают содержание, способ нанесения и место клеймения.

11. Маркировать по ПИ – 7108; шрифтом ПО – 3 ГОСТ 2930 – 62.

12. Остальные технические требования по СТП 687.07.0768 – 83.

13. * Размеры для построения.

14. Деталь плазовая.

15. Излом производить на макротемплете.

16. *¹ Размеры для справки.

В зависимости от типа штампа различают штамповку в открытых, закрытых штампах и в штампах для выдавливания.

Штамповка в открытых штампах характеризуется тем, что зазор между верхней и нижней частями штампа является переменным и уменьшается в процессе деформирования металла. В зазор вытекает излишек металла, который образует заусенец. Последний является нежелательным отходом, однако, он необходим для обеспечения полного заполнения ручья штампа.

Штамповка в закрытых штампах отличается тем, что небольшой зазор, между верхней и нижней частями штампа, обеспечивает лишь их взаимную подвижность и в процессе деформирования металла остается постоянным. Отсутствие заусенец в закрытых штампах сокращает расход металла, исключает необходимость обрезки заусенца. Однако этот тип штампов сложнее и дороже.

Обоснование метода получения заготовок

Обоснование выполнено по методике, изложенной в [6, с. 88].

На первом этапе выбора заготовки осуществляется предварительная оценка вариантов, которая позволяет по внешним признакам эффективности (снижения материалоемкости, трудоемкости обработки) отобрать наиболее приемлемые. Показатели предварительной оценки следующие.

1. Коэффициент использования материала:

$$k_{и.м.} = G_d / G_z$$

где G_d , G_z — масса детали и заготовки, кг.

Чем выше значение коэффициента использования материала ($k_{и.м.}/1$), тем при прочих равных условиях технологичнее конструкция заготовки и ниже ее себестоимость.

2. Трудоемкость изготовления t_n детали для нового варианта

$$t_n = t_o \sqrt{(G_n / G_o)^2}$$

где t_o — трудоемкость изготовления детали по базовому варианту, нормо-ч, или норма штучного времени, мин;

G_n, G_b —масса заготовки, кг, при новом и базовом (сравниваемом) варианте.

3. Снижение материалоемкости, кг

$$\Delta G = (G_b - G_n) \cdot N_z$$

где N_z - годовой объем выпуска деталей, шт.

4. Себестоимость C изготовления детали. В структуре себестоимости затраты M_o на основные материалы и заработную плату $З_o$ основных рабочих составляют в машиностроении 80% . Поэтому сравнение вариантов можно производить по этим двум статьям:

$$C = M_o + З_o$$

Стоимость основных материалов

$$M_o = G_z C_m k_{m.z.} - g_o C_o 10^{-3}$$

где G_z —масса заготовки, кг;

C_m —стоимость единицы массы заготовки, руб/кг;

$k_{m.z.}$ —коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы ($k_{m.z.} = 1,04...1,08$ для черных металлов и $k_{m.z.} = 1,0...1,02$ для других материалов); g_o —масса отходов на одну деталь, кг;

$$g_o = G_z - G_d$$

C_o —стоимость отходов, руб/т.

5. Заработная плата основных рабочих

$$З_o = k_{в.н.} \cdot k_{np} \cdot 1,25 \cdot З_ч$$

где $k_{в.н.}$ —коэффициент, учитывающий средний процент выполнения норм (может быть принят 1,18);

k_{np} —коэффициент, учитывающий премии и другие доплаты; принимается в размере 1,2—1,4;

1,25—коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату и отчисления по социальному страхованию;

$З_ч$ — часовая тарифная ставка.

6. Экономия по себестоимости:

$$\Delta C = (C_{\delta} - C_{\eta}) \cdot N_{\Sigma}$$

где C_{δ} , C_{η} – себестоимость изготовления деталей из различных заготовок сравниваемых вариантов (базового и нового).

Таблица 1.7.1

Сравнение изготовления штамповки в открытых и закрытых штампах

Штамповка	
в открытых штампах	в закрытых штампах
1	2
Припуск, мм.	
2-5 (принимаем 3)	1,25-3 (принимаем 1,5)
Исходные данные	
$G_{\delta} = 1,136 \text{ кг}$	
$G_{\Sigma} = 10,2 \text{ кг}$	$G_{\Sigma} = 5,1 \text{ кг}$
$t_{\delta} = 1176,4 \text{ мин}$	
$C_{\Sigma} = 90,17 \text{ руб/кг}$	
$k_{\text{м.з.}} = 1,02$	
$k_{\text{в.н.}} = 1,18$	
$k_{\text{нр}} = 1,25$	
$g_{\delta} = 9,064 \text{ кг}$	$g_{\delta} = 3,964 \text{ кг}$
$C_0 = 1,4 \text{ руб/кг}$	
$N_{\Sigma} = 86 \text{ шт}$	
Коэффициент использования материала	
$k_{\text{и.м.}} = 1,136 / 10,2 = 0,11$	$k_{\text{и.м.}} = 1,136 / 5,1 = 0,22$
Трудоемкость изготовления $t_{\text{н}}$ детали для нового варианта	
	$t_{\text{н}} = 1176,4 \sqrt{(5,1/10,2)^2} = 588,2 \text{ мин}$
Стоимость основных материалов	
$M_{\delta} = 10,2 \cdot 90,17 \cdot 1,02 = 9,064 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} = 938,1 \text{ руб}$	$M_{\delta} = 5,1 \cdot 90,17 \cdot 1,02 = 3,964 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} = 469,1 \text{ руб}$
Заработная плата основных рабочих	
$Z_{\delta} = 1,18 \cdot 1,25 \cdot 1,25 \cdot 26,65 = 49,14 \text{ руб}$	
Себестоимость C изготовления детали.	
$C = 938,1 + 49,14 = 987,24 \text{ руб}$	$C = 469,1 + 49,14 = 518,24 \text{ руб}$

Продолжение таблицы 1.7.1

Снижение материалоемкости
$\Delta G = (10,2 - 5,1) \cdot 86 = 438,6 \text{ кг}$
Экономия по себестоимости
$\Delta C = (987,24 - 518,24) \cdot 86 = 40334 \text{ руб}$

Анализируя себестоимость заготовок, сделаем вывод, что заготовки выгоднее получать в закрытом штампе, так как приведенные затраты при этом методе минимальны.

1.8. Выбор технологического маршрута. Анализ базового технологического маршрута. Анализ точности

Выбор маршрута обработки существенно зависит от типа производства, уровня автоматизации и применяемого оборудования.

При невысокой точности исходной заготовки технологический процесс следует начинать с предварительной обработки поверхностей, имеющих наибольшие припуски, с целью раннего выявления литейных и других дефектов (раковины, трещины) и отсеивания брака. В дальнейшем обрабатывают менее точные, а затем и более точные поверхности.

Заготовку детали типа «кронштейн» обрабатываем с разделением технологического процесса на стадии черновой и чистовой обработки. На первой стадии снимаем основные припуски на обработку, в результате чего происходит перераспределение остаточных напряжений в заготовке, сопровождаемое её короблением и возникновением соответствующих погрешностей. На стадии окончательной обработки устраняются погрешности, возникающие при предварительной обработке, и обеспечиваются требуемые точность поверхности и качество поверхностного слоя детали.

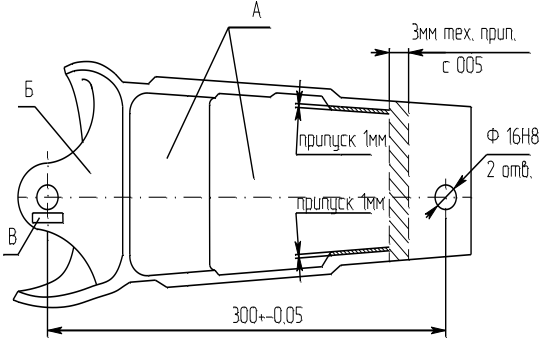
Рассмотрим технологический процесс изготовления детали «Кронштейн»

Таблица 1.8.1

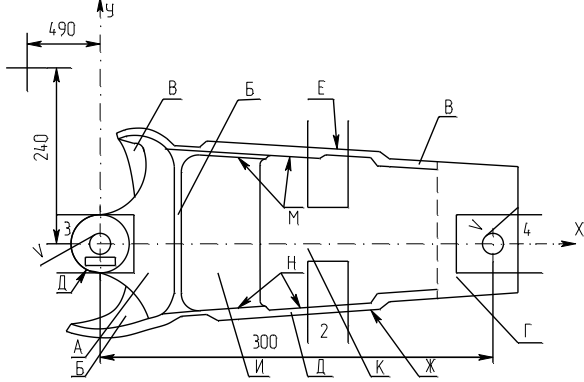
Базовый технологический процесс

Номер		Наименование и содержание операции	Оборудование
операции	перехода		
1	2	3	4
005		Контрольная	Контрольный стол 161.006.000
010		Разметочная	Плита 1-630-1000 ГОСТ10905-75
015		Контрольная	Контрольный стол 161.006.000
020		Маркировочная	Установка маркировочная 071.9000 0308
025		Контрольная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75
030		Разметочная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75
035		Фрезерная	6Р82Г горизонтально-сверлильный
	01	Отрезать образцовую часть штамповки	
040		Слесарная	Верстак 071.137.000.00
045		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000
050		Фрезерная	6Р13 вертикально-фрезерный
	01	Фрезеровать облой по контуру заготовки	
055		Слесарная	Верстак 071.137.000.00

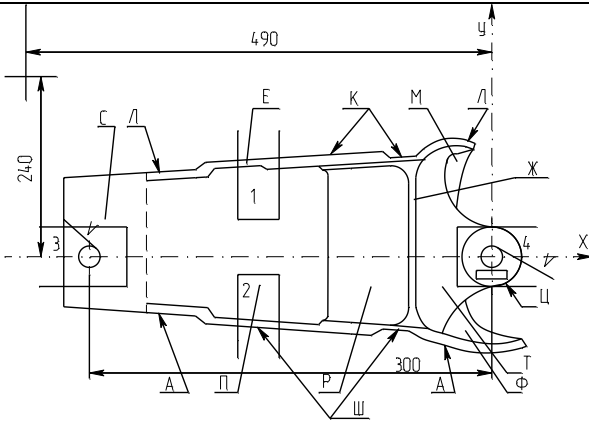
Продолжение таблицы 1.8.1

1	2	3	4
060		Разметочная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75
065		Фрезерная	6P13 вертикально-фрезерный
	01	 <p>Фрезеровать поверхность «А»</p>	
	02	Фрезеровать поверхность «Б» не зарезая бобышку «В»	
070		Маркировочная	Плита 1-1-1000-2000 ГОСТ 10905-75
075		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000
080		Разметочная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75
085		Расточная	МН-1000 фрезерно-расточной
	01	Сверлить отв. Φ17	
	02	Зенкеровать отв. Φ17,7	
	03	Развернуть отв. Φ18H9	
	04	Переустановить деталь	
	05	Сверлить отв. Φ17	
	06	Зенкеровать отв. Φ17,7	
	07	Развернуть отв. Φ18H9	

Продолжение таблицы 1.8.1

1	2	3	4
090		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00
095		Фрезерная с ПУ	МА-655А фрезерный станок с ПУ
	01	 <p>Установить заготовку в приспособление, закрепить прихватами – 1,2</p>	
	02-06	Обработать поверхности – А, Б, В, Г, Д	
	07	Установить прихваты – 3,4. Снять прихваты – 1,2	
	08-011	Обработать поверхности – Е, Ж, К, И	
	012-014	Обработать ребра – Д, В, Б	
	015	Установить прижимы – 1,2. Снять прижимы – 3,4	
	016-020	Обработать поверхности – А, Б, В, Д, Г	
	021	Установить прижимы – 3,4. Снять прижимы – 1,2	
	022-023	Обработать поверхности – К, И	

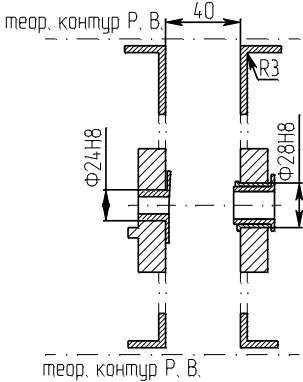
Продолжение таблицы 1.8.1

1	2	3	4
	024	Обработать поверхность – М	
	025	Обработать поверхность – Н	
100		Маркировочная	Плита 1-1-1000-2000 ГОСТ 10905-75
105		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00
110		Фрезерная с ПУ	МА-655А Фрезерный станок с ПУ
	01	 <p>Установить заготовку в приспособление, закрепить прихватами – 1,2</p>	
	02-06	Обработать поверхности – Ц, С, Т, М, Ф	
	07	Установить прихваты – 3,4. Снять прихваты – 1,2	
	08-010	Обработать поверхности – Л, К, Е до точки технологическ. останова	
	011-012	Обработать поверхности – П, Р	
	013	Обработать поверхность – Л	
	014	Обработать поверхность – К	
	015	Обработать поверхность – А	

Продолжение таблицы 1.8.1

1	2	3	4
	016	Обработать поверхность – Ш	
	017	Установить прижимы – 1,2. Снять прижимы – 3,4	
	018-022	Обработать поверхности – С, Т, М, Ф, Ц	
	023	Установить прижимы – 3,4. Снять прижимы – 1,2	
	024-027	Обработать поверхности – П, Р, С, Ж	
115		Фрезерная	6Р13 вертикально-фрезерный
	01	Фрезеровать технологический припуск	
	02	Острые кромки притупить радиусом R=0,1-0,4 мм	
120		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00
125		Разметочная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75
130		Слесарная	Верстак 071.137.000.00
135		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00
140		Разметочная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75
145		Фрезерная	МН-2000 фрезерно-расточной
	01	Фрезеровать закрытую малку	
	02	Острые кромки притупить радиусом R=0,1-0,4 мм	
150		Разметочная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75
		Расточная	
	01	Фрезеровать паз «П» предварительно с одной стороны	

Продолжение таблицы 1.8.1

1	2	3	4
	02	Фрезеровать паз «П» предварительно с другой стороны	
	03	Острые кромки притупить радиусом $R=0,1-0,4$ мм	
160		Фрезерная	6P82Г горизонтально-фрезерный
	01	Фрезеровать радиусы сопряжений R20 до R3	
165		Разметочная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75
		Фрезерная	
	01	Фрезеровать паз «Р» предварительно	
	02	Фрезеровать паз «Р» окончательно	
	03	Острые кромки притупить радиусом $R=0,1-0,4$ мм	
222		Сверлильная	2Н135 вертикально-сверлильный
	01	 <p>Рассверлить отв. до Φ22</p>	
	02	Зенкеровать отв. до Φ23,7	
	03	Развернуть отв. до Φ24H8	
	04	Рассверлить отв. до Φ26	
	05	Зенкеровать отв. до Φ27,7	
	06	Развернуть отв. до Φ28H8	
	07	Острые кромки притупить радиусом $R=0,1-0,4$ мм	

Продолжение таблицы 1.8.1

1	2	3	4
180		Слесарная	Верстак 071.137.000.00
185		Протирочная	Верстак 071.137.000.00
190		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00
195		Контрольная	Стилоскоп СЛ – 12
200		Слесарная	Верстак 071.137.000.00
205		Контрольная	Плита 1-1-1000- 2000 ГОСТ 10905-75
210		Упаковочная	Верстак 071.137.000.04
221		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00
223		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00
250		Маркировочная	Установка маркировочная
251		Измерение массы	Стол контрольный 161.006.000.00
255		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00

Анализ базового технологического процесса.

Деталь «Кронштейн» относится к группе корпусных деталей, имеет множество сложных поверхностей. Данная деталь изготавливается в условиях мелкосерийного производства. В качестве заготовки применяется штамповка, т.к. она приближена по форме детали и на последующей механической обработке затрачивается меньше времени и инструмента, чем при обработке

поковки. Прочностные характеристики штамповки выше, чем у поковки. Горячая штамповка является наиболее прогрессивным процессом, которые применяются в современных кузнечных цехах. Последовательность операций при обработке поверхностей установлена с учетом достижения заданной точности. В первую очередь обрабатываются те поверхности, которые используются в качестве баз для последующей обработки.

Оборудование выбрано с учетом габаритов детали, технических требований, точности обработки и имеющегося в цеху оборудования (МА655А, 6Р13, МН-2000, 6Р82Г, 2Н135).

Режимы резания не соответствуют прогрессивным. Увеличение скорости резания приведет к увеличению износа инструмента, а следовательно, к большим затратам на восстановление его режущей способности.

Применение инструмента с твердым сплавом не целесообразно из-за его высокой стоимости.

Высокопроизводительный инструмент и новые марки материала режущей части в данном тех. процессе не применяются из-за их дороговизны и необходимости обеспечения высоких требований к жесткости технологической системы, что отражается на себестоимости изготовления детали и приводит к ее удорожанию.

Тех. процесс содержит операции с ЧПУ, выполняемые на станках МА655А.

Предложения к изменению:

Заменить фрезерный станки: МА655А и МН – 2000 на обрабатывающий центр ИР – 800НФА на операциях 095, 110 и 155, что приведет к меньшим затратам.

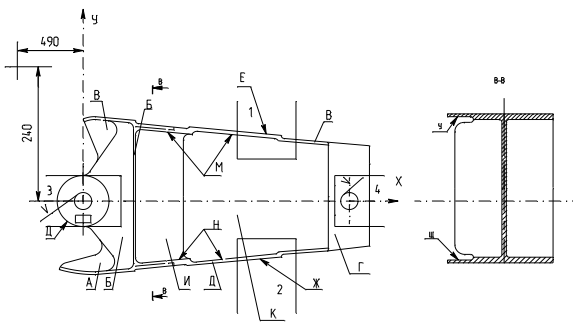
Объединение операций: 150 – разметочная и 155 – расточная (фрезерно-расточной станок МН – 2000) операции объединяем с 095 – фрезерной с ПУ (ИР – 800НФА), что позволит сэкономить время обработки и трудоемкость.

Модифицированный технологический процесс

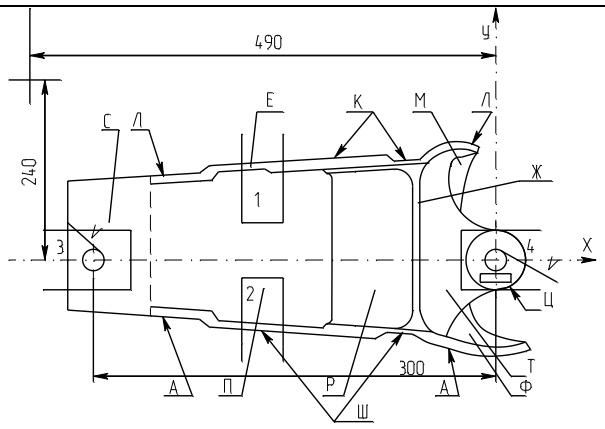
Номер		Наименование и содержание операции	Оборудование
операции	перехода		
1	2	3	4
005		Контрольная	Контрольный стол 161.006.000
010		Разметочная	Плита 1-630-1000 ГОСТ10905-75
015		Контрольная	Контрольный стол 161.006.000
020		Маркировочная	Установка маркировочная 071.9000 0308
025		Контрольная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75
030		Разметочная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75
035		Фрезерная	6Р82Г горизонтально- сверлильный
	01	Отрезать образцовую часть штамповки	
040		Слесарная	Верстак 071.137.000.00
045		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000
050		Фрезерная	6Р13 вертикально- фрезерный
	01	Фрезеровать облой по контуру заготовки	
055		Слесарная	Верстак 071.137.000.00
060		Разметочная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75

Продолжение таблицы 1.8.2

1	2	3	4
065		Фрезерная	6P13 вертикально-фрезерный
	01	 <p>Фрезеровать поверхность «А»</p>	
	02	Фрезеровать поверхность «Б» не зарезая бобышку «В»	
070		Маркировочная	Плита 1-1-1000-2000 ГОСТ 10905-75
075		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000
080		Разметочная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75
085		Расточная	МН-1000 фрезерно-расточной
	01	Сверлить отв. Φ17	
	02	Зенкеровать отв. Φ17,7	
	03	Развернуть отв. Φ18H9	
	04	Переустановить деталь	
	05	Сверлить отв. Φ17	
	06	Зенкеровать отв. Φ17,7	
	07	Развернуть отв. Φ18H9	
090		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00

1	2	3	4
095		Фрезерная с ПУ	ИР – 800 НФА
	01	 <p>Установить заготовку в приспособление, закрепить прихватами – 1,2</p>	
	02-06	Обработать поверхности – А, Б, В, Г, Д	
	07	Установить прихваты – 3,4. Снять прихваты – 1,2	
	08-011	Обработать поверхности – Е, Ж, К, И	
	012-014	Обработать ребра – Д, В, Б	
	015	Установить прижимы – 1,2. Снять прижимы – 3,4	
	016-020	Обработать поверхности – А, Б, В, Д, Г	
	021	Установить прижимы – 3,4. Снять прижимы – 1,2	
	022-023	Обработать поверхности – К, И	
	024	Обработать поверхность – М	
	025	Обработать поверхность – Н	

Продолжение таблицы 1.8.2

1	2	3	4
	026	Поворот стола станка на 90^0	
	027-028	Обработка пазов У и Щ	
100		Маркировочная	Плита 1-1-1000-2000 ГОСТ 10905-75
105		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00
110		Фрезерная с ПУ	ИР – 800 НФА
	01	 <p>Установить заготовку в приспособление, закрепить прихватами – 1,2</p>	
	02-06	Обработать поверхности – Ц, С, Т, М, Ф	
	07	Установить прихваты – 3,4. Снять прихваты – 1,2	
	08-010	Обработать поверхности – Л, К, Е до точки технологическ. останова	
	011-012	Обработать поверхности – П, Р	
	013	Обработать поверхность – Л	
	014	Обработать поверхность – К	
	015	Обработать поверхность – А	

Продолжение таблицы 1.8.2

1	2	3	4
	016	Обработать поверхность – Ш	
	017	Установить прижимы – 1,2. Снять прижимы – 3,4	
	018-022	Обработать поверхности – С, Т, М, Ф, Ц	
	023	Установить прижимы – 3,4. Снять прижимы – 1,2	
	024-027	Обработать поверхности – П, Р, С, Ж	
115		Фрезерная	6P13 вертикально-фрезерный
	01	Фрезеровать технологический припуск	
	02	Острые кромки притупить радиусом R=0,1-0,4 мм	
120		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00
125		Разметочная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75
130		Слесарная	Верстак 071.137.000.00
135		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00
140		Разметочная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75
145		Фрезерная	МН-2000 фрезерно-расточной
	01	Фрезеровать закрытую малку	
	02	Острые кромки притупить радиусом R=0,1-0,4 мм	
160		Фрезерная	6P82Г горизонтально-фрезерный
	01	Фрезеровать радиусы сопряжений R20 до R3	
165		Разметочная	Плита 1-1-630-1000 ГОСТ 10905-75

Продолжение таблицы 1.8.2

1	2	3	4
200		Слесарная	Верстак 071.137.000.00
205		Контрольная	Плита 1-1-1000-2000 ГОСТ 10905-75
210		Упаковочная	Верстак 071.137.000.04
221		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00
223		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00
250		Маркировочная	Установка маркировочная
251		Измерение массы	Стол контрольный 161.006.000.00
255		Контрольная	Стол контрольный 161.006.000.00

Анализ точности механической обработки детали

Точность размера, полученного в результате выполнения данного технологического перехода, определяется соответствующей производственной погрешностью, которую можно представить в виде суммы погрешности базирования $\omega^{\text{НБ}}$ и погрешности технологической системы $\omega^{\text{ТС}}$:

$$\omega = \omega^{\text{НБ}} + \omega^{\text{ТС}}$$

Погрешность базирования (или погрешность не совмещения баз) - это разность предельных положений исходной базы относительно режущих кромок настроенного на размер инструмента.

В первую очередь стремятся обеспечить такую схему установки заготовки, при которой погрешности базирования по выдерживаемым на данной операции размерам были бы равны нулю. Если обеспечить этого не удастся, то схема установки считается приемлемой при условии, что погрешность базирования

$\omega^{\text{НБ}}$ в сумме с погрешностью технологической системы $\omega^{\text{ТС}}$ не превышает допуска T на размер, выдерживаемый на выполняемом технологическом переходе: $T \geq \omega^{\text{НБ}} + \omega^{\text{ТС}}$. Для надежного обеспечения требуемой точности при выполнении технологической операции механической обработки партии заготовок (с не менее чем 20 % -ным запасом точности) необходимо выполнение следующего неравенства:

$$T \geq 1,2(\omega^{\text{НБ}} + \omega^{\text{ТС}})$$

При выполнении последнего перехода обработки поверхностей, связанных данным размером, сумма $\omega^{\text{НБ}} + \omega^{\text{ТС}}$ (с учетом коэффициента 1,2) не должна превышать величины допуска T на размер детали по рабочему чертежу.

Выполняем анализ точности для базового и нового технологических процессов, и выбираем наиболее приемлемый (графическая часть КП 2096.9373.1301.018.001).

Изменения, произошедшие в новом технологическом процессе, не затронули параметры, по которым производится анализ точности.

Рассчитаем запас точности для каждого параметра:

$$\psi_A = \frac{T_A}{\omega_{np.A}} = \frac{0,62}{0,06} = 10,3 > 1,2; \quad \psi_1 = \frac{T_1}{\omega_{np.1}} = \frac{0,1}{0,025} = 4,0 > 1,2;$$

$$\psi_B = \frac{T_B}{\omega_{np.B}} = \frac{0,1}{0,06} = 1,67 > 1,2; \quad \psi_2 = \frac{T_2}{\omega_{np.2}} = \frac{0,62}{0,04} = 15,5 > 1,2;$$

$$\psi_B = \frac{T_B}{\omega_{np.B}} = \frac{0,43}{0,06} = 7,17 > 1,2; \quad \psi_3 = \frac{T_3}{\omega_{np.3}} = \frac{0,16}{0,06} = 2,67 > 1,2;$$

$$\psi_\Gamma = \frac{T_\Gamma}{\omega_{np.\Gamma}} = \frac{0,3}{0,06} = 5,00 > 1,2; \quad \psi_4 = \frac{T_4}{\omega_{np.4}} = \frac{0,3}{0,025} = 12,0 > 1,2;$$

$$\psi_D = \frac{T_D}{\omega_{np.D}} = \frac{0,43}{0,06} = 7,17 > 1,2; \quad \psi_5 = \frac{T_5}{\omega_{np.5}} = \frac{0,16}{0,04} = 4,0 > 1,2;$$

$$\psi_6 = \frac{T_6}{\omega_{np.6}} = \frac{0,16}{0,04} = 4,0 > 1,2.$$

Запас точности обеспечивается по всем параметрам.

1.9. Сравнительная оценка экономической эффективности выбранного варианта технологического процесса с базовым

При выборе оборудования для фрезерования проведем расчет по технологической себестоимости. В базовом варианте технологического процесса обработку производят на фрезерном станке с ПУ МА655А и фрезерно-расточном станке МН – 2000; в модифицированном варианте – на обрабатывающем центре ИР – 800НФА.

Таблица 1.8.3

Исходные данные для расчёта технологической себестоимости

Исходные данные	Вариант техпроцесса		
	Базовый	Модиф-й	
1	2	3	4
Станок	МА655А	МН-2000	ИР-800 НФА
Штучное время $t_{шт}$, мин	309	11,97	314,33
Разряд станочника	3	5	3
Разряд наладчика	5	—	5
Норматив зарплаты станочника $H_{о.ч}$, руб./ч	43,75	62,50	45,20
Годовой норматив зарплаты наладчика $H_{г}$, руб./год	106687	-	115885
Число смен работы станка m	2	2	2
Годовой фонд времени работы оборудования $\Phi_{д}$, ч	4015	3600	3890
Число станков обслуживаемых в смену $K_{о.н}$:			
- станочником	1	1	2
- наладчиком	7	—	7
Коэффициент многостаночного обслуживания, $K_{м.о}$	1	1	0,65
Оптовая цена станка Π , руб.	800000	2000000	18000000
Коэффициент, учитывающий затраты на монтаж станка	1	1,2	1,1
Общая норма амортизационных отчислений N_A , %	7,5	13	7,5
Площадь станка $\Pi_{ст}$, м ²	12,4	14,5	20,7
Коэффициент, учитывающий площадь для удобства эксплуатации	1	1,05	1,2
Коэф-ент, учитывающий площадь для систем управления станков с ЧПУ, $K_{с.у}$	1	-	1
Норматив затрат на содержание 1 м ² площади, $H_{п}$, руб/м ²	1100	3000	4200
Установленная мощность двигателей станка, N_y , кВт	15,9	13,5	14
Коэффициент загрузки двигателей, n_3	0,5	0,7	0,7
Категория сложности ремонта, K :			
- механической части	40	52	40
- электрической части	18	29	18
Затраты на ремонт, H :			
- механической части	58,5	78,9	58,5

Продолжение таблиц 1.8.3

1	2	3	4
- электрической части	12,3	12,7	12,3
Коэффициент, учитывающий класс точности оборудования, K_T	1	2	1
Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, $\Pi_э$, руб	1,20	1,20	1,20
Фондовая стоимость оснастки, $\Phi_{т.о.}$, руб	5600	13000	4200
Фондовая стоимость инструмента, $\Phi_{и.}$, руб	525	175	525
Доля машинного времени, n_m	0,65	0,7	0,6
Коэффициент переточки, $K_{п.}$	1	1	1
Стоимость программы, $C_{п.}$, руб	9000	—	10500
Срок службы программы, T , год	3	—	3
Коэффициент затрат на восстановление программноносителя, K_b	1,2	—	1,2
Срок службы инструмента $T_{сл. и.}$, мин	120	120	120
Годовая программа выпуска деталей $N_{г.}$	86	86	86

Технологической себестоимостью детали называется та часть ее полной себестоимости, элементы которой существенно изменяются для различных вариантов технологического процесса. К таким изменяющимся элементам относятся: $З_о$ —заработная плата станочника; $А_о$ —амортизационные отчисления от оборудования; $З_{в.р.}$ - заработная плата временного рабочего; $А_{т.о}$ — амортизационные отчисления от технологического оснащения; P — затраты на ремонт и обслуживание оборудования; $И$ —затраты на инструмент; $Э$ —затраты на силовую электроэнергию; $П$ —затраты на амортизацию и содержание производственных площадей; $П_{пр}$ - затраты на подготовку и эксплуатацию управляющих программ.

Оценку вариантов выполняем сравнением технологической себестоимости выполнения операции:

$$C = Z_o + Z_{в.р.} + A_o + A_{т.о} + P_o + И + П_э + П_n + П_{пр},$$

1. Заработная плата станочника с учетом всех видов доплат и начислений, включая выплаты из общественных фондов потребления:

$$Z_o = H_{о.ч} t_{ум} K_{м.о} / 60,$$

где $H_{о.ч}$ — норматив часовой заработной платы станочника соответствующего разряда, руб./ч,;

t_{um} — штучно-калькуляционное время на операцию, мин;

$K_{м.о}$ — коэффициент, учитывающий оплату основного рабочего при многостаночном обслуживании

2. Зарплата наладчика:

$$З_{в.р} = \frac{H_z t_{um} m}{\Phi_o K_{о.н} 60}$$

3. Амортизационные отчисления от стоимости оборудования:

$$A_o = \frac{1,122 C H_A t_{um}}{100 \Phi_o 60},$$

где Φ_o — стоимость оборудования, руб., определяется как произведение оптовой цены C и коэффициента 1,122, учитывающего затраты на транспортирование и монтаж станка;

H_a — общая норма амортизационных отчислений, %.

4. Амортизационные отчисления от стоимости технологического оснащения:

$$A_{м.о} = \frac{\Phi_{м.о}}{2 N_z},$$

где $\Phi_{м.о}$ — стоимость технологического оснащения, руб.;

N_z — годовая программа выпуска деталей.

5. Затраты на ремонт и обслуживание оборудования:

$$P = \frac{(H_m K_m + H_z K_z) t_{um}}{60 \Phi_o K_m},$$

где H_m и H_z — нормативы годовых затрат на ремонт соответственно механической и электрической частей оборудования, руб/год.;

K_m и K_z — категория сложности ремонта соответственно механической и электрической частей оборудования;

K_m — коэффициент, зависящий от класса точности оборудования.

6. Затраты на режущий инструмент:

$$И = \frac{K_{п} \Phi_{и} t_{шт} \eta_{м}}{T_{сл.и}},$$

где Φ_u —цена единицы инструмента, руб.;

η_m —коэффициент машинного времени;

$T_{сл.и}$ —срок службы инструмента до полного износа, мин.

7. Затраты на электроэнергию:

$$\Theta = \frac{N_y \eta_z t_{ум} C_э}{7200},$$

где N_y —установленная мощность электродвигателей станка, кВт;

η_z — общий коэффициент загрузки электродвигателей,

$C_э$ —цена 1 кВт-ч электроэнергии.

8. Затраты на содержание и амортизацию производственных площадей:

$$Пн = H_n П_c K_{с.у} t_{ум.к} / (60 F \partial)$$

где H_n —норматив издержек, приходящихся на 1 м² производственной площади, руб/м²;

$П_c$ - площадь, занимаемая станком;

$K_{с.у}$ — коэффициент, учитывающий площадь для систем управления станков с ЧПУ, принимается равным 1,5...2,0.

9. Затраты на подготовку и эксплуатацию управляющих программ:

$$Ппр = 0,37 C_n / N_z$$

где C_n —стоимость программы, руб.;

Расчет технологической себестоимости нормативным методом может быть произведен по методике, изложенной в [10, с.427-432] или с использованием таблиц, содержащих усредненные величины элементов структуры себестоимости для станков различных моделей.

Расчет элементов технологической себестоимости по двум вариантам представлен в таблице 1.8.4

**Расчёт элементов технологической себестоимости по двум вариантам
технологического процесса**

Параметр	Базовый	Модиф-й
Заработная плата основного рабочего Z_o , руб.	237,8	153,9
Заработная плата станочника-наладчика $Z_{в.р}$	39,1	44,6
Амортизационные отчисления от оборудования A_o	102,6	204
Амортизационные отчисления от технологического оснащения $Am.o$	108,2	24,4
Затраты на ремонт и обслуживание оборудования P_o	3,4	3,4
Затраты на инструмент I ;	890,9	825,1
Затраты на силовую электроэнергию $Пэ$	0,42	0,5
Затраты на амортизацию и содержание производственных площадей $Пн$;	17,5	117,1
Затраты на подготовку и эксплуатацию управляющих программ (для станков с ЧПУ) $Ппр$	38,7	45,2
Технологической себестоимости $Соп$, руб.	1438,6	1418,2

Вывод: По расчёту видно, что себестоимость модифицированного ТП ниже, чем себестоимость базового ТП. Поэтому в дальнейшем используем модифицированный ТП.

1.10. Расчет припусков

Припуск - слой материала, удаляемый с поверхности заготовки для достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали. Припуск на обработку поверхностей деталей может быть назначен по справочным таблицам или на основе расчетно-аналитического метода. Минимальный припуск при последовательной обработке противоположных поверхностей (односторонний припуск):

$$Z_{i\min} = (R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2},$$

где Rz - высота неровностей профиля на предшествующем переходе;

h - глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероженный или отбеленный слой);

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - суммарные отклонения расположения поверхности (отклонение от параллельности, перпендикулярности, соосности) на предшествующем переходе;

ε_i - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Предельные значения припусков Z_{max} определяют как разность наибольших (наименьших) предельных размеров и Z_{min} как разность наименьших (наибольших) предельных размеров предшествующего и выполняемого (выполняемого и предшествующего) переходов.

Общие припуски $Z_{o\ max}$ и $Z_{o\ min}$ определяют как сумму промежуточных припусков на обработку:

$$Z_{0\max} = \sum Z_{i\max}; \quad Z_{0\min} = \sum Z_{i\min}$$

Правильность расчетов определяют по уравнениям:

$$Z_{i\max} - Z_{i\min} = T_{i-1} - T_i; \quad Z_{0\max} - Z_{0\min} = T_3 - T_D$$

где T_{i-1} - допуск размеров на предшествующем переходе;

T_i - допуск размеров на выполняемом переходе;

T_3 - допуск на заготовку;

T_D - допуск на деталь.

Припуски, а также предельные промежуточные и исходные размеры заготовки удобно определять, заполняя специальную таблицу.

Расчет ведем по методике, изложенной в [6, с. 92].

Расчет припусков на обработку размера 64_{-0,43}.

Результаты расчета припусков на обработку и предельных
размеров по технологическим переходам

Таблица 1.10.1

Маршрут обработки поверхности 64 _{-0,43}	Элементы припуска, мкм				Расчетные величины		Допуск на выполняе мые размеры, мкм	Принятые (округленные) размеры заготовки, мм		Предельный припуск, мкм	
	R_z	h	ρ	ε	припус ка Z_b , мкм	минимально- го диаметра, мм		Наиболь- шие	Наимень- шие	Z_{max}	Z_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штамповка	200	250	0,12	-	-	63,784	1900	65,68	63,78	-	-
Фрезерование:											
черновое	32	50	0,0072	0	50,0	63,734	740	64,47	63,73	1210	50
чистовое	10	15	0,00029	0	164,0	63,57	430	64	63,57	470	160

Соответственно заданным условиям устанавливаем маршрут обработки 64_{-0,43}.

Заносим маршрут обработки в графу 1 (см. табл. 1.10.1.). Данные для заполнения граф 2, 3 для штампованной заготовки взяты из [9, с. 186, табл. 12], для механической обработки - из [9, с. 188, табл. 25]. Данные графы 8 для заготовки взяты из [2, с. 245, табл. 47], а данные для обработки резанием - из [9, с. 8, табл. 4].

Расчет отклонений расположения поверхностей:

Величину отклонений ρ для штампованной заготовки при обработке определяют:

$$\rho_{исх} = \frac{\Delta_k \cdot l \cdot 0,5}{1000} = \frac{0,7 \cdot 330 \cdot 0,5}{1000} = 0,12(\text{мкм}),$$

Δ_k - удельная кривизна, мкм на 1 мм длины, равная $\Delta_k = 0,7 \text{ мкм/мм}$ [9, с. 186, табл. 15];

l – длина заготовки, мм;

Черновое фрезерование. Величину остаточных пространственных отклонений $\rho_{черн}$ определяют по уравнению:

$$\rho_{\text{черн}} = K_y \cdot \rho_{\text{исх}} = 0,06 \cdot 0,12 = 0,0072(\text{мкм}),$$

где $K_y = 0,06$ - коэффициент уточнения [8, с. 190, табл. 29].

Расчетные величины отклонений расположения поверхностей заносим в графу 4 таблицы 1.10.1.

Чистовое фрезерование. Величину остаточных пространственных отклонений $\rho_{\text{чист}}$ определяют по уравнению:

$$\rho_{\text{чист}} = K_y \cdot \rho_{\text{черн}} = 0,04 \cdot 0,0072 = 0,00029(\text{мкм}),$$

где $K_y = 0,04$ - коэффициент уточнения [9, с. 190, табл. 29].

Расчетные величины отклонений расположения поверхностей заносим в графу 4 таблицы 1.10.1.

Расчет минимальных припусков на диаметральные размеры для каждого перехода:

$$2 \cdot Z_{i\min} = 2 \cdot [R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i],$$

$$\text{черновое фрезерование: } 2 \cdot Z_{i\min} = 2 \cdot (10 + 15 + 0,00029) = 50,0(\text{мкм})$$

$$\text{чистовое фрезерование: } 2 \cdot Z_{i\min} = 2 \cdot (32 + 50 + 0,0072) = 164,0(\text{мкм})$$

Расчетные значения припусков заносим в графу 6 табл. 1.10.1.

Расчет наименьших расчетных размеров по технологическим переходам производим сложением наименьшего предельного размера и величины припуска на выполняемый переход:

$$63,57 + 0,164 = 63,734(\text{мм}) \qquad 63,734 + 0,05 = 63,784(\text{мм})$$

Наименьшие расчетные размеры заносим в графу 7 табл. 1.10.1. Наименьшие предельные размеры (округленные) заносим в графу 10 табл. 1.10. 1.

Определяем наибольшие предельные размеры по переходам:

$$63,57 + 0,43 = 64(\text{мм}), \qquad 63,73 + 0,74 = 64,47(\text{мм}),$$

$$63,78 + 1,9 = 65,68(\text{мм})$$

Результаты расчетов вносим в графу 9 табл. 1.10.1.

Расчет фактических максимальных и минимальных припусков по переходам производим, вычитая соответственно значения наибольших и наименьших предельных размеров, соответствующих выполняемому и предшествующему технологическим переходам:

Максимальные припуски:

$$64,47 - 64 = 0,47(\text{мм})$$

$$65,68 - 64,47 = 1,21(\text{мм})$$

Минимальные припуски:

$$63,73 - 63,57 = 0,16(\text{мм})$$

$$63,78 - 63,73 = 0,05(\text{мм})$$

Результаты расчетов заносим в графу 11 и 12 табл. 1.10.1.

Расчет общих припусков производим по уравнениям:

наибольшего припуска $Z_{0\max} = \sum Z_{i\max} = 0,47 + 1,21 = 1,68\text{мм};$

наименьшего припуска $Z_{0\min} = \sum Z_{i\min} = 0,16 + 0,05 = 0,21\text{мм}.$

Проверку правильности расчетов проводим по уравнению:

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = 1,68 - 0,21 = 1,47(\text{мм})$$

$$T_3 - T_d = 1,9 - 0,43 = 1,47(\text{мм})$$

Расчет припусков на обработку Ø28H8.

Результаты расчета припусков на обработку и предельных размеров по технологическим переходам

Таблица 1.10.2

Маршрут обработки поверхности Ø28H8	Элементы припуска, мкм				Расчетные величины		Допуск на выполняемые размеры, мкм	Принятые (округленные) размеры заготовки, мм		Предельный припуск, мкм	
	R_z	h	Δ_Σ	ε	припуска Z_i , мкм	минимально го диаметра, мм		наибольшие	наименьшие	Z_{\max}	Z_{\min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сверление	50	70	27,2	0	127,2	27,8894	130	27,76	27,89	-	-
Зенкерование	32	30	1,6	0	16,4	28,0166	84	27,936	28,02	176	130
Развертывание	3,2	5	-	0		28,033	33	27,997	28,03	61	10

Соответственно заданным условиям устанавливаем маршрут обработки отверстия диаметра 28Н8:

сверление;
зенкерование;
развёртывание.

Заносим маршрут обработки в графу 1 (см. табл. 1.10.2). Данные для заполнения граф 2, 3 для штампованной заготовки взяты из [9, с. 186, табл. 12], для механической обработки—из [9, с. 188, табл. 25]. Данные графы 8 для заготовки взяты из [2, с. 245, табл. 47], а данные для обработки резанием — из [9, с. 8, табл. 4].

Расчет отклонений расположения поверхностей:

Суммарные отклонения Δ_{Σ} после сверления отверстия определяют по [9, с. 190, табл. 27, 28]

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_y^2 + C_o^2}$$

где Δ_y —смещение оси заготовки, $\Delta_y = \Delta y \cdot l$

Δy – значение увода оси сверла мкм., на 1 мм. длины отверстия:

$$\Phi y = 0,9 \text{ мкм}$$

C_o - смещение оси отверстия на 1 мм. длины отверстия, мм:

$$C_o = 25 \text{ мм}$$

$$\Delta_y = 0,9 \cdot 12 = 10,8 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_y^2 + C_o^2} = \sqrt{10,8^2 + 25^2} = 27,2 (\text{мкм})$$

Зенкерование. Величину остаточных пространственных отклонений Δ_{Σ} определяют по уравнению:

$$\Delta_{\Sigma} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma i-1} = 0,06 \cdot 27,2 = 1,6 (\text{мкм}),$$

где $K_y = 0,06$ —коэффициент уточнения, [9, с. 190, табл. 29].

Развёртывание. Величину остаточных пространственных отклонений определяют по формуле:

$$\Delta_{\Sigma} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma i-1} = 0,05 \cdot 1,6 = 0,08 \text{ (мкм)},$$

где $K_y = 0,05$ - коэффициент уточнения, [9, с. 190, табл. 29].

Расчетные величины отклонений расположения поверхностей заносим в графу 4 табл. 1.10.2.

Расчет минимальных припусков на диаметральные размеры для каждого перехода производятся по формуле:

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot [R_{Z i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1}],$$

зенкерование $2Z_{\min} = 2(32 + 30 + 1,6) = 127,2 \text{ (мкм)}$;

развёртывание $2Z_{\min j} = 2(3,2 + 5) = 16,4 \text{ (мкм)}$.

Расчетные значения припусков заносим в графу 6 табл. 1.10.2.

Расчет наименьших расчетных размеров по технологическим переходам производим, вычитая значения наименьших предельных размеров, соответствующих предшествующему технологическому переходу с величиной припуска на выполняемый переход:

$$28,033 - 0,0164 = 28,0166 \text{ (мм)};$$

$$28,0166 - 0,1272 = 27,8894 \text{ (мм)}.$$

Наименьшие расчетные размеры заносим в графу 7 табл. 1.10.2. Наименьшие предельные размеры (округленные) заносим в графу 10 табл. 1.10.2.

Определяем наибольшие предельные размеры по переходам:

$$28,03 - 0,033 = 27,997 \text{ (мм)};$$

$$28,02 - 0,084 = 27,936 \text{ (мм)};$$

$$27,89 - 0,130 = 27,76 \text{ (мм)}.$$

Результаты расчетов вносим в графу 9 табл. 1.10.2.

Расчет фактических максимальных и минимальных припусков по переходам производим, вычитая соответственно значения наибольших и наименьших предельных размеров, соответствующих выполняемому и предшествующему технологическим переходам:

Максимальные припуски:

$$27,997 - 27,936 = 0,061(\text{мм})$$

$$27,936 - 27,76 = 0,176(\text{мм})$$

Минимальные припуски:

$$28,03 - 28,02 = 0,01(\text{мм})$$

$$28,02 - 27,89 = 0,13(\text{мм})$$

Результаты расчетов заносим в графу 11 и 12 табл. 1.10.2.

Расчет общих припусков производим по уравнениям:

наибольшего припуска $Z_{0\max} = \sum Z_{i\max} = 0,061 + 0,176 = 0,237(\text{мм})$;

наименьшего припуска $Z_{0\min} = \sum Z_{i\min} = 0,010 + 0,130 = 0,140(\text{мм})$.

Проверку правильности расчетов проводим по уравнению:

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = 0,237 - 0,140 = 0,097(\text{мм})$$

$$T_3 - T_d = 0,130 - 0,033 = 0,097(\text{мм})$$

1.11. Расчет режимов резания

Фрезерная (операция 170)

Исходя из формы обрабатываемой поверхности в качестве режущего инструмента выбрана концевая фреза с коническим хвостовиком по ГОСТ 16225-70 из быстрорежущей стали Р6М5. Диаметр фрезы $D = 30\text{мм}$, с числом зубьев $z = 5$ [10, с.174 таб.66].

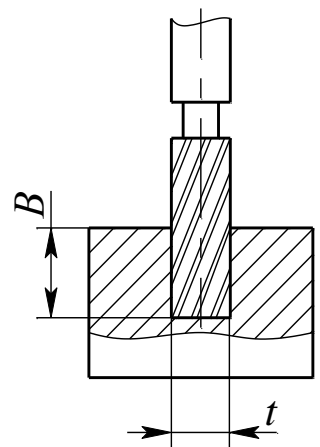
Расчет ведем по методике, изложенной в [10, с.281].

Глубина t и ширина B фрезерования:

Глубина фрезерования определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой; t измеряют в направлении, перпендикулярном к оси фрезы. Ширина фрезерования определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующую в резании; B измеряют в направлении, параллельном оси фрезы.

Отсюда *черновое фрезерование:* $t = 30\text{мм}$; $B = 60\text{мм}$,

чистовое фрезерование: $t = 30\text{мм}$; $B = 79\text{мм}$.



Подача:

$$s_M = s \cdot n = s_z \cdot z \cdot n,$$

где s_M - минутная подача;

s - подача на один оборот фрезы ;

s_z - подача на один зуб [10, с.285, табл.35];

черновое фрезерование: $s_z = 0,05 \text{ мм/зуб}$

чистовое фрезерование: $s_z = 0,03 \text{ мм/зуб}$

n - частота вращения фрезы;

$z = 5$ - число зубьев фрезы;

черновое фрезерование: $s = s_z \cdot z = 0,05 \cdot 5 = 0,25 (\text{мм/об})$,

чистовое фрезерование: $s = s_z \cdot z = 0,03 \cdot 5 = 0,15 (\text{мм/об})$.

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v,$$

где $C_v = 185,5$; $q = 0,45$; $y = 0,3$; $x = 0,2$; $u = 0,1$; $p = 0,1$; $m = 0,33$; $T = 90 \text{ мин}$.

Значения коэффициентов C_v и показателей степени приведены в [10, с.286, табл.39], а значение периода стойкости T - [10, с.290, табл.40].

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} = 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,9,$$

где $K_{mv} = 1,0$ - коэффициент на обрабатываемый материал [10, с.263, табл.4];

$K_{nv} = 0,9$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки [10, с.263, табл.5];

$K_{uv} = 1,0$ - коэффициент на инструментальный материал [10, с.263, табл.6];

черновое фрезерование: $v = \frac{185,5 \cdot 30^{0,45}}{90^{0,33} \cdot 30^{0,2} \cdot 0,05^{0,3} \cdot 60^{0,1} \cdot 5^{0,1}} \cdot 0,9 = 122,9 (\text{м/мин})$,

чистовое фрезерование: $v = \frac{185,5 \cdot 30^{0,45}}{90^{0,33} \cdot 30^{0,2} \cdot 0,03^{0,3} \cdot 79^{0,1} \cdot 5^{0,1}} \cdot 0,9 = 139,4 (\text{м/мин})$.

Сила резания:

$$P_z = 0,25 \cdot \frac{10C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP},$$

где $C_p = 30$; $x = 0,83$; $y = 0,65$; $u = 1,0$; $q = 0,83$; $w = 0$; $K_{MP} = 1,5$;

$z = 5$ - число зубьев фрезы;

n - частота вращения фрезы;

$$\text{черновое фрезерование: } n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 122,9}{3,14 \cdot 30} = 1304,7 (\text{об / мин}),$$

$$\text{чистовое фрезерование: } n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 139,4}{3,14 \cdot 30} = 1479,8 (\text{об / мин}).$$

Значения коэффициентов C_p и показателей степени приведены в [10, с.291, табл.41], а поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала K_{MP} - [10, с.265, табл.10].

$$\text{черновое фрезерование: } P_z = 0,25 \cdot \frac{10 \cdot 30 \cdot 30^{0,83} \cdot 0,05^{0,65} \cdot 60^{1,0} \cdot 5}{30^{0,83} \cdot 1304,7^0} \cdot 1,5 = 4815,1 (H),$$

$$\text{чистовое фрезерование: } P_z = 0,25 \cdot \frac{10 \cdot 30 \cdot 30^{0,83} \cdot 0,03^{0,65} \cdot 79^{1,0} \cdot 5}{30^{0,83} \cdot 1479,8^0} \cdot 1,5 = 4548,6 (H).$$

Крутящий момент на шпинделе:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100},$$

где $D = 30 \text{ мм}$ – диаметр фрезы.

$$\text{черновое фрезерование: } M_{кр} = \frac{4815,1 \cdot 30}{2 \cdot 100} = 722,3 (H \cdot м),$$

$$\text{чистовое фрезерование: } M_{кр} = \frac{4548,6 \cdot 30}{2 \cdot 100} = 682,3 (H \cdot м).$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60},$$

$$\text{черновое фрезерование: } N_e = \frac{4815,1 \cdot 122,9}{1020 \cdot 60} = 9,7 (\text{кВт}),$$

$$\text{чистовое фрезерование: } N_e = \frac{4548,6 \cdot 139,4}{1020 \cdot 60} = 10,4 (\text{кВт}).$$

Основное время:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_{fp} \cdot s_z \cdot z},$$

где L – расчетная длина; $L=l+y+\Delta$;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

y – врезание фрезы:

$$y = 0,3 \cdot D = 0,3 \cdot 30 = 9 \text{ мм};$$

Δ – величина перебега, $\Delta = 3 \text{ мм}$;

i – количество рабочих ходов.

Тогда $L = 171 + 9 + 3 = 183 \text{ мм}$.

$$\text{черновое фрезерование: } T_o = \frac{183 \cdot 1}{1304,7 \cdot 0,05 \cdot 5} = 0,56 (\text{мин}),$$

$$\text{чистовое фрезерование: } T_o = \frac{183 \cdot 1}{1479,8 \cdot 0,03 \cdot 5} = 0,82 (\text{мин}).$$

Сверление (операция 222)

Исходя из формы обрабатываемой поверхности в качестве режущего инструмента выбрано сверло спиральное с коническим хвостиком по ГОСТ 19546-74 из Р6М5 [10, с.142, таб.41]. Диаметр сверла $D = 22 \text{ мм}$.

Расчеты ведем по методике, изложенной в [10, с.276].

Глубина резания:

Устанавливаем глубину резания. Припуск снимаем за один рабочий ход, следовательно, $t = 0,5D = 0,5 \cdot 22 = 11 (\text{мм})$.

Подача:

Назначаем подачу $s = 0,76 \text{ мм/об}$ [10, с.277, табл.25].

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v,$$

где $C_v = 40,7$; $q = 0,25$; $y = 0,40$; $m = 0,125$; $T = 75 \text{ мин}$.

Значения коэффициентов C_v и показателей степени приведены в [10, с.278, табл.28], а значение периода стойкости T - [10, с.278, табл.30].

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{lv} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0,$$

где $K_{mv} = 1,0$ - коэффициент на обрабатываемый материал [10, с.263, табл.4];

$K_{uv} = 1,0$ - коэффициент на инструментальный материал [10, с.263, табл.6];

$K_{lv} = 1,0$ - коэффициент, учитывающий глубину сверления [10, с.280, табл.31];

$$v = \frac{40,7 \cdot 22^{0,25}}{75^{0,125} \cdot 0,76^{0,40}} \cdot 1,0 = 57,35 (\text{м / мин}).$$

Крутящий момент и осевая сила:

$$M_{кр} = 10 C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad P_0 = 10 C_P \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p,$$

где $C_M = 0,005$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ - для крутящего момента;

$C_P = 9,8$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ - для осевой силы.

Значения коэффициентов C_M и C_P и показателей степени приведены в [10, с.281, табл.32].

Коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки и определяется выражением:

$$K_p = K_{MP} = 1,5,$$

Значения коэффициента K_{MP} приведены в [10, с.265, табл.10].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 22^2 \cdot 0,76^{0,8} \cdot 1,5 = 29,14 (\text{Н} \cdot \text{м}),$$

$$P_0 = 10 \cdot 9,8 \cdot 22^1 \cdot 0,76^{0,7} \cdot 1,5 = 2668,7 (\text{Н}).$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

где n – частота вращения инструмента или заготовки;

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 57,35}{3,14 \cdot 22} = 830,2 (\text{об / мин}),$$

$$N_e = \frac{29,14 \cdot 830,2}{9750} = 2,48(\text{кВт}).$$

Основное время:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

где L – расчетная длина; $L=l+y+\Delta$;

l – длина обрабатываемого отверстия, мм;

y – врезание сверла:

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi = 11 \cdot \operatorname{ctg} 120^\circ = 6,4 \text{ мм.}$$

Δ – величина перебега, $\Delta = 3 \text{ мм.}$

i – количество рабочих ходов.

Тогда $L = 12 + 6,4 + 3 = 21,4 \text{ мм.}$

$$T_o = \frac{21,4 \cdot 1}{830,2 \cdot 0,76} = 0,03(\text{мин}).$$

Зенкерование (операция 222)

Исходя из формы обрабатываемой поверхности в качестве режущего инструмента выбран зенкер цельный с коническим хвостовиком ГОСТ 21581-76 из Р6М5. Диаметр зенкера $D = 23,7 \text{ мм.}$

Глубина резания:

Устанавливаем глубину резания:

$$t = 0,5(D - d) = 0,5 \cdot (23,7 - 22) = 0,85(\text{мм}).$$

Подача:

Назначаем подачу $s = 1,0 \text{ мм/об}$ [10, с.277, табл.26].

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v,$$

где $C_v = 18,8$; $q = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,40$; $m = 0,125$; $T = 75 \text{ мин.}$

Значения коэффициентов C_v и показателей степени приведены в [10, с.279, табл.29], а значение периода стойкости T - [10, с.278, табл.30].

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{lv} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0,$$

где $K_{mv} = 1,0$ - коэффициент на обрабатываемый материал [10, с.263, табл.4];

$K_{uv} = 1,0$ - коэффициент на инструментальный материал [10, с.263, табл.6];

$K_{lv} = 1,0$ - коэффициент, учитывающий глубину сверления [10, с.280, табл.31];

$$v = \frac{18,8 \cdot 23,7^{0,2}}{75^{0,125} \cdot 0,85^{0,1} \cdot 0,76^{0,40}} \cdot 1,0 = 23,41 (\text{м} / \text{мин}).$$

Крутящий момент и осевая сила:

$$M_{кр} = 10 C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p, \quad P_0 = 10 C_P \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p,$$

где $C_M = 0,085$; $x=0,75$; $y = 0,8$ - для крутящего момента;

$C_P = 23,5$; $x = 1,2$; $y = 0,4$ - для осевой силы.

Значения коэффициентов C_M и C_P и показателей степени приведены в [10, с.281, табл.32].

Коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки и определяется выражением:

$$K_p = K_{MP} = 1,5,$$

Значения коэффициента K_{MP} приведены в [10, с.265, табл.10].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,085 \cdot 23,7 \cdot 0,85^{0,75} \cdot 0,76^{0,8} \cdot 1,5 = 21,47 (\text{Н} \cdot \text{м}),$$

$$P_0 = 10 \cdot 23,5 \cdot 23,7 \cdot 0,85^{1,2} \cdot 0,76^{0,4} \cdot 1,5 = 6159,4 (\text{Н}).$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

где n – частота вращения инструмента или заготовки;

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 23,41}{3,14 \cdot 23,7} = 314,6 (\text{об} / \text{мин}),$$

$$N_e = \frac{21,47 \cdot 314,6}{9750} = 0,69(\text{кВт}).$$

Основное время:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

где L – расчетная длина; $L=l+y+\Delta$.

l – длина обрабатываемого отверстия, мм.

y – врезание зенкера:

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi = 0,85 \cdot \operatorname{ctg} 120^\circ = 0,49 \text{ мм.}$$

Δ – величина перебега, $\Delta = 3 \text{ мм}$;

i – количество рабочих ходов.

Тогда $L = 12 + 0,49 + 3 = 15,49 \text{ мм}$.

$$T_o = \frac{15,49 \cdot 1}{314,6 \cdot 1} = 0,05 \text{ мин.}$$

Развертывание (операция 222)

Исходя из формы обрабатываемой поверхности в качестве режущего инструмента выбрана развертка цельная с коническим хвостовиком ГОСТ 1672-71 из Р6М5. Диаметр развертки $D = 24H8 \text{ мм}$.

Глубина резания:

Устанавливаем глубину резания:

$$t = 0,5(D - d) = 0,5 \cdot (24,033 - 23,7) = 0,333(\text{мм}).$$

Подача:

Назначаем подачу $s = 2,7 \text{ мм/об}$ [10, с.277, табл.27].

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v,$$

где $C_v = 15,6$; $q = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,50$; $m = 0,3$; $T = 75 \text{ мин}$.

Значения коэффициентов C_v и показателей степени приведены в [10, с.279, табл.29], а значение периода стойкости T – [10, с.278, табл.30].

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{lv} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0,$$

где $K_{mv} = 1,0$ - коэффициент на обрабатываемый материал [10, с.263, табл.4];

$K_{uv} = 1,0$ - коэффициент на инструментальный материал [10, с.263, табл.6];

$K_{lv} = 1,0$ - коэффициент, учитывающий глубину сверления [10, с.280, табл.31];

$$v = \frac{15,6 \cdot 24,033^{0,2}}{75^{0,3} \cdot 0,333^{0,1} \cdot 2,7^{0,50}} = 5,48 (\text{м / мин}).$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot D}{2 \cdot 100},$$

где $C_p = 40$; $x = 1,0$; $y = 0,75$ - для крутящего момента;

s_z – подача, мм на один зуб инструмента,

$$s_z = s / z,$$

где s – подача, мм/об;

z – число зубьев развертки,

$$z = 1,5 \cdot \sqrt{D} + G = 1,5 \cdot \sqrt{24,033} + 0 = 7,4,$$

округляем до четного значения $z=8$.

$$s_z = 2,7/8 = 0,34,$$

$$M_{кр} = \frac{40 \cdot 0,333^{1,0} \cdot 0,34^{0,75} \cdot 24,033}{2 \cdot 100} = 0,71 (\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750},$$

где n – частота вращения инструмента или заготовки;

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 5,48}{3,14 \cdot 24,033} = 72,62 (\text{об / мин}),$$

$$N_e = \frac{0,71 \cdot 72,62}{9750} = 0,005 (\text{кВт}).$$

Основное время:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

где L – расчетная длина; $L=l+y+\Delta$.

l – длина обрабатываемого отверстия, мм.

y - врезание развертки:

$$y = t \cdot \operatorname{tg} \varphi = 0,333 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ = 0,333 \text{ мм.}$$

Δ - величина перебега, $\Delta = 3 \text{ мм}$;

i - количество рабочих ходов.

Тогда $L = 12 + 0,333 + 3 = 15,333 \text{ мм}$.

$$T_o = \frac{15,333 \cdot 1}{72,62 \cdot 1} = 0,21 \text{ мин.}$$

2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

					КП 2096.9373.1301.19.001 ПЗ – 00			
Из	Лист	№ Докум.	Подп.	Дат				
Разраб.	Петрова				ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	Литер	Лист	Листов
Пров.	Кобелев					у		
Н.контр								
Утв.						гр. АСВд-42		

2.1. Техническое задание на проектирование специального станочного приспособления

Специальное станочное приспособление предназначено для установки и надёжного закрепления детали «Кронштейн» во время обработки его поверхностей.

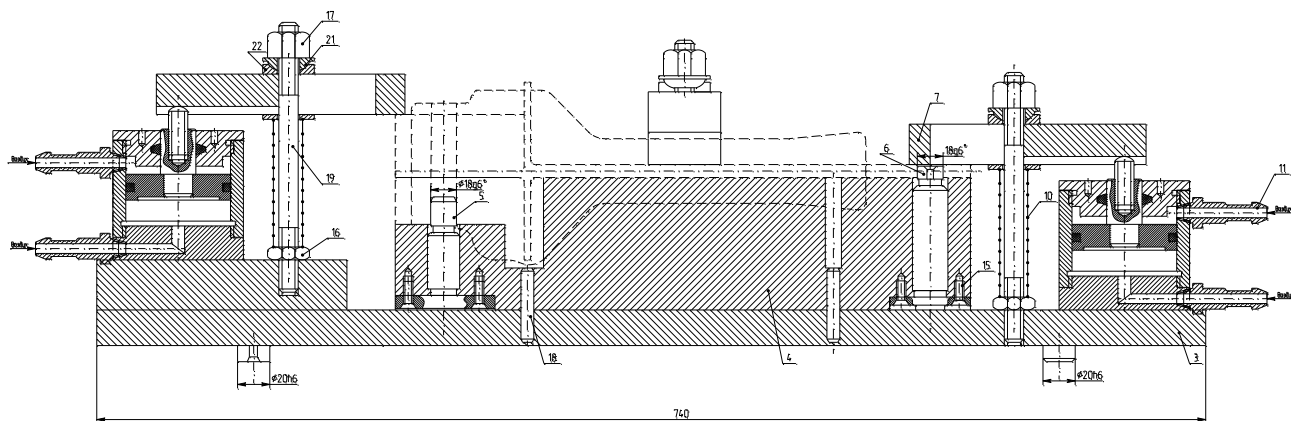
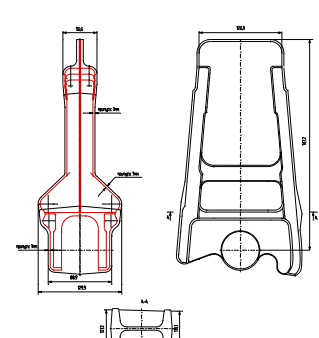
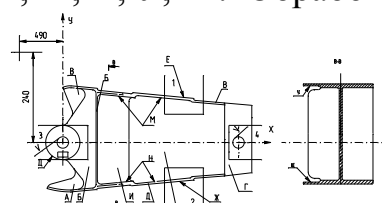
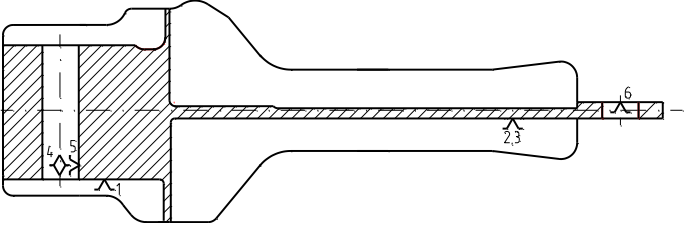


Рис.2.1.1. Схема крепления детали.

Таблица 2.1.1.

Техническое задание на разработку станочного приспособления	
1. Обозначение чертежа обрабатываемой детали, материал детали и его термообработка.	74.80.3200.395 AK6T1
2. Состояние поставки обрабатываемой детали (перечислить, по каким операциям деталь обработана, отклонение размеров чертежа).	Деталь поставляется в виде штамповки. 
3. Указать, что предполагается обрабатывать (указать точность изготовления или контроля обрабатываемой поверхности).	Обработать поверхности: А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, К, И, М, Н, У, Ш. Обработать ребра: Б, В, Д. 

Техническое задание на разработку станочного приспособления	
4. Указать на каком оборудовании и каким инструментом или по какой оснастке предполагается выполнить данную операцию.	<p>Деталь обрабатывается на станке ИР-800 НФА:</p> <p>Фреза концевая Ø12R6 2223.0007С,</p> <p>Фреза концевая Ø20R3 $\frac{I_{\phi}}{3604} ТУ2-035-596-77$,</p> <p>Фреза концевая Ø30R3 $\frac{I_{\phi}}{3604} ТУ2-035-596-77$,</p>
5. Базы фиксации детали.	
6. Технические требования к инструментальной оснастке.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Контур ложемента обработать по ШК. 2. Размеры для справок. 3. Маркировать шрифтом ПО-5 ГОСТ 2930-62 дату изготовления. 4. Станок: ИР-800НФА.

2.2. Состав и назначение приспособления

Приспособление предназначено для базирования и закрепления детали при обработке поверхностей детали на многоцелевом станке ИР-800 МФА.

Деталь базируется в приспособление. Установка заготовки осуществляется на два установочных пальца с параллельными осями. Чтобы избежать заклинивание заготовки, один установочный палец выполняется цилиндрическим, а другой срезанным. Такая схема установки позволяет исключить перемещение в горизонтальной плоскости во время обработки. Для исключения перемещения в вертикальной плоскости заготовки она прижимается прихватами.

Приспособление в своей основе представляет плиту, которая базируется на столе станка двумя пальцами, крепление плиты осуществляется по двум точкам с помощью болтов. Приспособление должно обеспечивать требуемую

точность обработки детали, упростить подачу и закрепление заготовок, обеспечить доступ режущего инструмента к обрабатываемым пазам заготовки, а также удобств контроля детали без снятия ее с приспособления.

2.3 Расчёт точности приспособления

Деталь устанавливается на два пальца и плоскость.

Для обеспечения нужной точности обработки заготовки в приспособлении необходимо выдержать расстояние $300 \pm 0,03 \text{ мм}$, допуск которого равен $T = 0,09 \text{ мм}$.

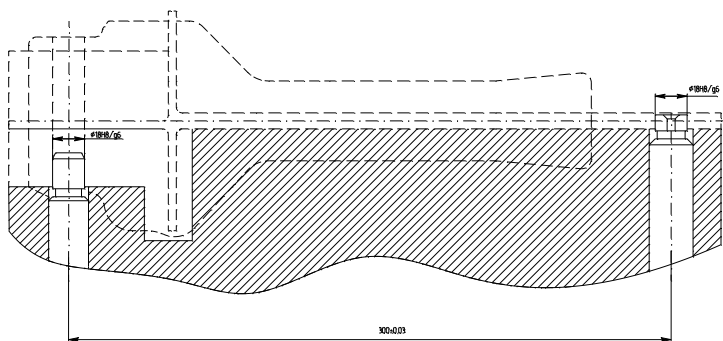
Расчет ведем на основании метода, изложенного в [14, стр.46], а также в [12, стр.110-114].

Определяем фактическую погрешность установки:

$$\omega_y = 1,2 \sqrt{\omega_{\text{баз}}^2 + \omega_{\text{зак}}^2 + \omega_{\text{пол}}^2},$$

где $\omega_{\text{б}}$ - погрешность базирования,

$$\omega_{\text{б}} = S_{\text{max}} = S_{\text{min}} + Td_0 + Td_n,$$



где S_{min} – минимальный диаметральный зазор, зависящий от выбранной посадки, Td_0 и Td_n – соответственно допуск на диаметр отверстия в заготовке и диаметр пальца,

$$\omega_{\text{б}} = 0,006 + 0,033 + 0,011 = 0,05 (\text{мм});$$

$\omega_{\text{зак}}$ - погрешность закрепления, $\omega_{\text{зак}} = 0$, так как постоянная сила закрепления заготовок, большая жесткость приспособления в направлении передачи силы закрепления;

$\omega_{\text{пол}}$ - погрешность положения заготовки:

$$\omega_{пол} = \frac{T}{2},$$

где T – допуск выдерживаемого параметра, мм;

$$\omega_{пол} = \frac{T}{2} = \frac{0,09}{2} = 0,045(мм),$$

$$\omega_y = 1,2\sqrt{0,05^2 + 0^2 + 0,045^2} = 0,075(мм).$$

Определяем допустимую погрешность установки:

$$[\omega_y] = \sqrt{T^2 - \omega_{\Sigma}^2},$$

где T – допуск выдерживаемого параметра, мм;

$$\omega_{\Sigma} = k \cdot \omega_{mc} = 0,5 \cdot 0,06 = 0,03(мм);$$

k – поправочный коэффициент, ($k=0,5$ – для размеров, выполняемых по 8 квалитету точности и выше);

$\omega_{ТС}$ – погрешность технологической системы, определяемая как средняя экономическая точность обработки;

$$[\omega_y] = \sqrt{0,09^2 - 0,03^2} = 0,085 мм.$$

Так как $\omega_y \leq [\omega_y]$, $0,075 < 0,085$, то предполагаемая схема базирования допустима.

Суммарная погрешность приспособления:

$$\omega_{np} = T - \sqrt{\omega_y^2 + \omega_{\Sigma}^2} = 0,09 - \sqrt{0,075^2 + 0,03^2} = 0,0092 мм$$

Допуск приспособления определяется по формуле:

$$T_{np} = \omega_{np} - (\varepsilon_{y.n.} + \varepsilon_z + \varepsilon_n),$$

где $\varepsilon_{y.n.} = 0$ – погрешность установки приспособления на станке;

$\varepsilon_z = 0,006$ – погрешность, возникающая вследствие конструктивных зазоров;

$\varepsilon_n = 0$ – погрешность направления.

$$T_{np} = 0,0092 - (0 + 0,006 + 0) = 0,0032(мм).$$

Вывод: из расчетов видно, что используемое приспособление позволяет обеспечить заданную точность обработки.

2.4 Расчет усилия прижимов

Из расчета режимов резания известны составляющая сила резания:
 $P_z = 1765,5 \text{ (H)}$, для расчетов принято брать наибольшие силы резания на данной операции.

Требуемая сила зажима заготовки в приспособление:

$$Q = P_z \cdot k ,$$

где k – коэффициент запаса ($k = (1,5 \div 2,5)$);

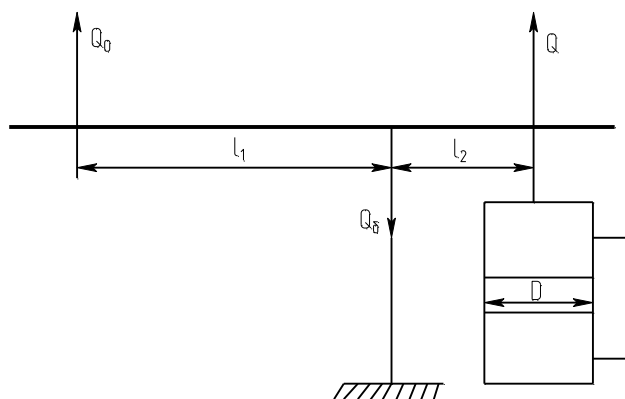
$$Q = 1765,5 \cdot 2,5 = 4413,75 \text{ (H)} .$$

Сила зажима на одном прихвате:

$$Q_o = \frac{Q}{n} ,$$

где n – число прихватов ($n = 4$);

$$Q_o = \frac{4413,75}{4} = 1103,43 \text{ (H)} .$$



Необходимо найти диаметр поршня:

Толкающая сила для пневмоцилиндра двустороннего действия одинарного:

$$Q_o = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot p \cdot \eta ,$$

где D – диаметр поршня, мм;

p – давление сжатого воздуха ($0,4 - 0,63 \text{ МПа}$);

η – коэффициент полезного действия ($\eta = 0,85$);

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_o}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1103,43}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} = 64,3 \text{ (мм)} ,$$

Округляем до целого числа, т. е. $D = 65 \text{ (мм)}$.

Расчетная сила на болте:

$$Q_B = \frac{Q_o \cdot l_1}{l_2 \cdot \eta},$$

где l_1, l_2 – соответственно плечи прихвата, мм;

η – коэффициент потерь на трение в резьбе, $\eta = 0,95$;

$$Q_B = \frac{1103,43 \cdot 46}{68,5 \cdot 0,95} = 1256,4 \text{ (Н)}.$$

Расчетный диаметр болта:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_B}{[\tau_p]}},$$

где $[\tau_p]$ – предел разрыва;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1256,4}{70}} = 11,4 \text{ (мм)},$$

Принимаем: $d = 16 \text{ (мм)}$.

Расчетный момент на болте для создания требуемого усилия:

$$M_B = Q_B \cdot r_{CP} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{IP}),$$

где $\alpha = 2^\circ 30'$;

r_{cp} - средний радиус резьбы,

φ_{IP} – приведенный угол трения в болтовой паре, $\varphi_{IP} = 6^\circ 30'$;

$$r_{CP} = 0,45 \cdot d = 0,45 \cdot 16 = 7,2 \text{ (мм)},$$

$$M_B = 1256,4 \cdot 7,2 \cdot \operatorname{tg}(2^\circ 30' + 6^\circ 30') = 1432,8 \text{ (Н} \cdot \text{мм)}.$$

Требуемая сила на конце рукоятки:

$$P_U = \frac{M_B}{L},$$

где L – длина рукоятки, мм;

$$L = 18 \cdot d = 18 \cdot 16 = 288 \text{ (мм)},$$

$$P_U = \frac{1432,8}{288} = 4,975 \text{ (Н)}.$$

Данное усилие удовлетворяет требованиям к прилагаемым усилиям рабочего, для зажима.

2.5 Экономическое обоснование конструкции приспособления

Применение приспособления считается целесообразным, если годовая экономия больше, чем годовые затраты, связанные с ним. При сравнении экономии от применения приспособления с затратами на его изготовление и эксплуатацию условие эффективного использования приспособления выражается формулой $\mathcal{E} \geq P$, где \mathcal{E} – ожидаемая экономия от применения приспособления в год; P – затраты на приспособление в год. Расчет ведем на основании [14, с.221].

Ожидаемая экономия определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = (t_{ум.}^{\delta} - t_{ум.}^{\eta}) \cdot a_m \cdot N,$$

где $t_{ум.}^{\delta}$ - штучно-калькуляционное время выполнения операции с базовым приспособлением, мин;

$t_{ум.}^{\eta}$ - ожидаемое штучно-калькуляционное время выполнения операции с новым приспособлением, мин;

a_m – себестоимость одной станко-минуты, руб./мин;

N – планируемая программа, шт.

$$t_{ум.} = t_o + t_{\epsilon},$$

где $t_{\epsilon} = 0,25 \cdot t_o$ - вспомогательное время для базового приспособления;

$$t_{\epsilon} = 0,25 \cdot t_o = 0,25 \cdot 247,2 = 61,8(\text{мин}), \quad t_{ум.}^{\delta} = 247,2 + 61,8 = 309(\text{мин}),$$

$t_{\epsilon} = 0,1 \cdot t_o$ - вспомогательное время для нового приспособления;

$$t_{\epsilon} = 0,1 \cdot t_o = 0,1 \cdot 247,2 = 24,72(\text{мин}), \quad t_{ум.}^{\eta} = 247,2 + 24,72 = 271,92(\text{мин}).$$

Себестоимость одной станко-минуты рассчитывается по формуле:

$$a_m = a_{пер} + a_{nn} + a_{носм} = 0,3 + 0,102 + 0,078 = 0,48(\text{руб./мин}),$$

где $a_{пер.} = 0,3$ – переменные затраты, пропорциональные изменению времени обработки;

$a_{nn}=0,102$ – переменные затраты, которые также изменяются пропорционально времени обработки;

$a_{пост.}=0,078$ – прочие постоянные цеховые расходы, которые при данном объеме выпуска валовой продукции остаются постоянными независимо от изменения времени обработки.

$$\Xi = (309 - 271,92) \cdot 0,48 \cdot 86 = 1530,7$$

Годовые затраты на специальное приспособление:

$$P = C \cdot (1 + K_n) \left(\frac{1}{C_{cl}} + K_{\Xi} \right),$$

где $C=2352$ руб. - стоимость приспособления;

K_n - коэффициент проектирования ($K_n = 0,3$);

K_{Ξ} - коэффициент эксплуатации ($K_{\Xi} = 0,2 \dots 0,3$);

C_{cl} - срок службы приспособления (для простого приспособления - 2 года, для приспособления средней сложности - 3 года, для сложного приспособления - 5 лет).

Для определения годовых затрат необходимо знать стоимость приспособления C . Поскольку экономический расчет производят в начальный период проектирования, т.е. когда разработана только конструктивная схема, то точно определить стоимость приспособления невозможно. Поэтому применяем приближенный метод расчета, в основу которого положена средняя статистическая стоимость для каждой группы сложности приспособлений. В [14, табл.10.2] дана классификация специальных приспособлений по группам сложности, а в [14, табл.10.3] - укрупненные нормативы себестоимости специальных приспособлений.

$$P = 2352 \cdot (1 + 0,3) \left(\frac{1}{3} + 0,2 \right) = 1528,8 (\text{руб.}).$$

Поскольку $\Xi > P$ ($1530,7 > 1528,8$), то применение приспособления целесообразно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т. 3.- 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979, 557 с.
2. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога. М.: Машиностроение, 1976, 288с.
3. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты».-Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985, 512 с.
4. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб. Пособие/П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач; Под общ. ред. В.М. Плескач.- Киев: Выща шк., 1991, 247 с.
5. Проектирование технологических процессов в машиностроении: Учебное пособие для вузов/И.П. Филонов, Г.Я. Беляев, Л.М. Кожуро и др.; Под общ. Ред. И.П. Филонова; + CD.-Мн.: УП «Технопринт», 2003.,910 с.
6. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для машиностроит. Вузов по спец. «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты»/В.И. Аверченков, О.А. Горленко, В.Б. Ильицкий и др.; Под общ. ред. О.А. Горленко.- М.: Машиностроение,1988, 192 с.
7. Справочник металлиста. В 5 томах. Т. 4. Под ред. д-ра техн. наук проф. М.П. Новикова и канд. техн. наук П.Н. Орлова. М., «Машиностроение», 1977, 720 с.
8. Справочник металлиста. В 5-ти т. Т. 5./Под ред. Б.Л. Богуславского.- М.: Машиностроение, 1978, 673 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т. 1./Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1985.

10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2./Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1985.
11. Технологичность авиационных конструкций, пути повышения. Часть 1: Учебное пособие / И.М. Колганов, П.В. Дубровский, А.Н. Архипов.- Ульяновск: УлГТУ, 2003, 148 с.
12. Худобин Л.В., Белов М.А., Унянин А.Н. Базирование заготовок и расчеты точности механической обработки: Учебное пособие для студентов специальности 1201 – Технология машиностроения / Под общ. ред. Л.В. Худобина. Ульяновск: УлПИ, 1994, 188 с.
13. Худобин Л.В., Берзин В.Р., Гурьянихин В.Ф. Разработка технологических процессов изготовления деталей в курсовых и дипломных проектах: Учеб. Пособие для студентов направления 55.29.00 и специальности 1201 – «Технология машиностроения». Ульяновск: УлГТУ, 1996, 148 с.
14. Шманев В.А., Шулепов А.П., Анипченко Л.А. Приспособления для двигателей летательных аппаратов (Конструкции и проектирование): Учеб. пособие для авиационных вузов; Под общ. ред. В.А. Шманева. – М.: Машиностроение, 1990 – 256 с.