

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения  
(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Разработка технологического процесса изготовления штамповой оснастки

Обучающийся	<u>И.В. Золотов</u> (Инициалы Фамилия) _____ (личная подпись)
Руководитель	<u>канд. техн. наук, доцент Д.Е. Салабаев</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)
Консультанты	<u>А.Н. Кирюшкина</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)
	<u>М.А. Кривова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

## Аннотация

выпускной квалификационной работы студента Золотова И.В. «Разработка технологического процесса изготовления штамповой оснастки».

Выпускная квалификационная работа включает введение, пять разделов, заключение, список используемых источников и два приложения.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, формулируется цель выполнения выпускной квалификационной работы.

Первый раздел содержит краткий анализ имеющихся данных о служебном назначении детали и показателей технологичности рассматриваемой детали. На основе чего формулируются задачи работы.

Второй раздел является технологическим и содержит все необходимые сведения о проектируемом технологическом процессе. В частности, в данном разделе выбирается и проектируется заготовка детали, проектируется план изготовления детали, выбираются технологические средства оснащения техпроцесса и, с необходимой глубиной проработки, разрабатываются все технологические операции механической обработки.

Третий раздел является конструкторским и содержит результаты проектирования приспособления для операции 025 вертикально-фрезерная и режущего инструмента – метчика для нарезания резьбы М8-7Н в сквозных отверстиях, направленные на совершенствование операций техпроцесса, которые по тем или иным причинам нуждаются в доработке.

Четвертый раздел содержит анализ безопасности выполнения проектируемого техпроцесса и его влияние на окружающую среду.

Пятый раздел содержит экономическую оценку предлагаемого варианта технологического процесса, а также мероприятий по его совершенствованию.

В заключении отражены основные результаты выполнения работы.

Данная работа содержит пояснительную записку в объеме 81 страницы и графическую часть в объеме 9 листов форматов А0, А1, А3 и А4.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали.....	6
1.2 Анализ материала детали .....	6
1.3 Систематизация поверхностей детали .....	7
1.4 Анализ технологичности конструкции детали .....	8
1.5 Формулировка задач работы.....	10
2 Технологическая часть .....	11
2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса .....	11
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	12
2.3 Выбор методов обработки поверхностей .....	14
2.4 Определение припусков и проектирование заготовки.....	15
2.5 Разработка технологического маршрута и плана изготовления .....	20
2.5.1 Разработка технологического маршрута .....	20
2.5.2 План изготовления детали .....	20
2.5.3 Разработка схем базирования .....	23
2.6 Выбор средств технологического оснащения.....	27
2.6.1 Выбор оборудования .....	27
2.6.2 Выбор приспособлений .....	29
2.6.3 Выбор режущего инструмента .....	30
2.6.4. Выбор средств контроля .....	30
2.7 Проектирование технологических операций .....	32
2.7.1 Расчет режимов резания .....	32
2.7.2 Нормирование технологического процесса .....	40
3 Проектирование технологической оснастки .....	43
3.1 Проектирование приспособления .....	43

3.2 Проектирование инструмента.....	50
4 Анализ безопасности и технологичности технического объекта .....	56
5 Экономическая эффективность работы .....	63
Заключение .....	75
Список использованных источников и используемых источников .....	76
Приложение А. Технологические карты .....	78
Приложение Б. Спецификация приспособления .....	80

## Введение

Выпускная квалификационная работа бакалавра является одним из завершающих этапов. От ее уровня зависит производительность труда, экономичность расходования материала и энергетических ресурсов, качество выпускаемой продукции и другие показатели.

Для восстановления производственных мощностей и дальнейшего ускоренного развития машиностроительной промышленности, как основы всего народного хозяйства страны требуется разработка новых технологических процессов, постоянное совершенствование традиционных и поиск более эффективных методов обработки и упрочнение деталей машин и сборки их в изделия.

Важную роль в ускорении научно-технического прогресса в машиностроении отводится подготовке высококвалифицированных инженерных кадров, освоение ими современных способов изготовления и контроля продукции, методик

Главной задачей машиностроительной отрасли проектирования прогрессивных технологических процессов в целом является обеспечение выпуска изделий надлежащего качества в установленные сроки.

Качество изготовления продукции определяется суммой свойств процесса ее изготовления, соответствием этого процесса и его результатов заданным требованиям. Основными производственными факторами являются качество и точность оборудования и инструмента, физико-химические, механические и другие свойства исходных материалов и заготовок, совершенство разработанного технологического процесса и качество выполнения обработки, а также совершенство методик и процедур как входного, так и заключительного контроля.

Целью данной дипломной работы является проектирования технологического процесса обработки детали «Пуансон», обеспечивающего минимальные материальные затраты на изготовление продукции в заданные сроки.

## **1 Анализ исходных данных**

### **1.1 Анализ служебного назначения и условий работы детали**

Рассматриваемая деталь – пуансон – одна из основных деталей, применяемых в конструкции вырубных и гибочных штампов, а также различных литейных пресс-форм.

«Пуансон устанавливается в пресс-форму или штамп при помощи пуансонодержателя. При штамповке пуансон оказывает непосредственное давление на обрабатываемый материал и в зависимости от назначения может быть прошивным, пробивным, просечным или вырубным. Пуансоны в работе подвергаются воздействию высоких силовых нагрузок, а при горячих процессах также тепловым нагрузкам» [11]. Характер нагрузок – циклический. Сами нагрузки знакопеременные.

Величина их может изменяться в широких пределах (в зависимости от процесса, который выполняется) – от нескольких десятков килограмм до 100 тонн и более (при листовой штамповке, горячей ковке).

В ходе работы пуансон может подвергаться действию высоких температур.

Поэтому пуансоны для холодных процессов изготавливают из высокопрочных сталей повышенной прокаливаемости, а для горячих – из износостойчивых сталей с повышенной прочностью при температурах деформирования.

### **1.2 Анализ материала детали**

Деталь изготавливается из стали марки X12M ГОСТ 5950-2000. Сталь X12M – инструментальная сталь с повышенным содержанием хрома. Флоксочувствительна. Эта «марка обладает высокими механическими свойствами, хорошо поддается термообработке, имеет высокую износостойкость. При проведении термообработки (закалки с последующим отпуском) эта марка стали не склонна к отпускной хрупкости» [4, с. 126].

Химический состав стали и ее механические свойства приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав стали

С, углерод	Si, кремний	Mn, марганец	S, сера	P, фосфор	Cr, хром	Mo, молибден	V, ванадий
1.45 - 1.65	0.15 - 0.35	0.15 - 0.4	до 0.03	до 0.03	11 - 12.5	0.4 - 0.6	0.15 - 0.3

Таблица 2 – Механические свойства стали X12M

Состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	КСУ, кДж
Лист горячекатанный, термообработанный при температуре $t=20$ °С.	5-25	$\geq 235$	$\geq 240$	$\geq 24$	$\geq 579$

Также эта сталь технологична, хорошо обрабатывается резанием и давлением, удовлетворительно шлифуется. Коэффициенты обрабатываемости резанием (в нормализованном и отпущенном состоянии при НВ = 138):  $K_{V.б.ст.} = 1,4$ ,  $K_{V.тв.ст.} = 1,8$ .

Данная сталь сваривается без ограничений. Способы сварки: РДС, АДС, под газовой защитой, КТС.

Перед сваркой желательно провести подогрев, а после – термообработку для снятия напряжений.

### 1.3 Систематизация поверхностей детали

«Условно все поверхности детали можно разделить на 2 группы: основные конструкторские базы (те поверхности, которые непосредственно определяют качество работы детали в составе сборочной единицы) и вспомогательные конструкторские базы (те поверхности, которые служат для ориентации и точной установки детали, соединительные элементы и т.д.)» [7, с. 86].

Результат классификации приведен на рисунке 1 и в таблице 3.

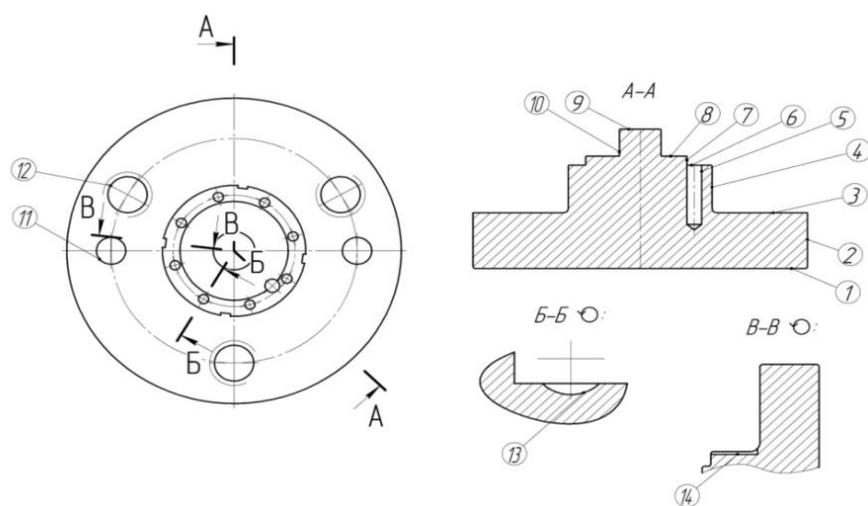


Рисунок 1 – Нумерация поверхностей

Таблица 3 – Систематизация поверхностей

Тип поверхности	Номер поверхности
Вспомогательная конструкторская база	1
Вспомогательная конструкторская база	2
Вспомогательная конструкторская база	3
Вспомогательная конструкторская база	4
Вспомогательная конструкторская база	5
Основная конструкторская база	6
Основная конструкторская база	7
Вспомогательная конструкторская база	8
Вспомогательная конструкторская база	9
Основная конструкторская база	10
Вспомогательная конструкторская база	11
Вспомогательная конструкторская база	12
Основная конструкторская база	13
Вспомогательная конструкторская база	14

Из таблицы видно, что неотчетливых (нерабочих) поверхностей на детали практически нет. Почти все поверхности детали требуют точной обработки.

#### 1.4 Анализ технологичности конструкции детали

Качественная оценка конструкции детали на технологичность:

а) технологично:

- для выполнения термообработки нет необходимости разрабатывать специальную технологию (в справочной литературе есть типовые режимы термообработки материала на нужную твердость);
- материал детали хорошо обрабатывается резанием (коэффициенты обрабатываемости смотри выше);
- деталь жесткая, что дает развивать высокие режимы резания. Также это предотвращает деформации при термообработке. Также за счет высокой жесткости детали появляется возможность использовать методы автоматизации для установки/снятия деталей со станков (например, робот-манипулятор);
- наличие удобных технологических баз (наружный диаметр и торец, два отверстия Ø6Н7), на которые деталь можно установить на протяжении всего техпроцесса;
- деталь состоит из стандартных и унифицированных конструктивных элементов. Это способствует использованию стандартных режущих и измерительных инструментов;
- доступ режущего и мерительного инструмента к наиболее точным поверхностям ничем не затруднен;
- шероховатость базовых поверхностей удовлетворяет требованиям точности установки детали, ее обработки и контроля. Требования по шероховатости совпадают с требованиями по точности размеров.

б) нетехнологично:

- не всегда возможно реализовать принцип совпадения баз, из-за чего при обработке вносятся дополнительные погрешности;
- из доступных методов получения заготовки – только обработка давлением или нормализованный прокат;
- не все обрабатываемые поверхности имеют свободный подвод и отвод режущего инструмента;
- высокая стоимость материала заготовки.

Для количественной оценки технологичности определяются средний квалитет и средняя шероховатость.

Средний квалитет рассчитывается по формуле (1):

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i n_i}{n_i} = \frac{12 \cdot 7 + 10 \cdot 1 + 7 \cdot 1 + 6 \cdot 3}{12} = 9,91 \quad (1)$$

где  $n_i$  – размер,  $T_i$  – качество этого размера.

Аналогичным образом рассчитывается средняя шероховатость: формуле (2):

$$R_{\text{cp}} = \frac{\sum R_i n_i}{n_i} = \frac{0,8 \cdot 3 + 1,6 \cdot 2 + 3,2 \cdot 7}{13} = 2,15 \quad (2)$$

где  $n_i$  – поверхность,

$R$  – шероховатость этой поверхности.

На основании выполненного качественного и количественного анализа технологичности деталь можно считать технологичной, имеющей ряд нетехнологичных элементов.

### 1.5 Формулировка задач работы

Для достижения цели, указанной во введении в соответствии с заданием на выполнение работы, могут быть сформулированы следующие «задачи:

- Определить тип производства и выбрать стратегию разработки ТП.
- Выбрать оптимальный метод получения заготовки и маршруты обработки поверхностей.
- Разработать технологический маршрут и схемы базирования заготовки.
- Выбрать оборудование, приспособления, режущий инструмент, средства контроля.
- Рассчитать припуски на обработку и спроектировать заготовку.
- Определить содержание операций, рассчитать режимы резания и время на обработку.
- Разработать технологическую документацию и графические материалы» [7, с. 38].

## 2 Технологическая часть

### 2.1 Выбор стратегии разработки техпроцесса

Заданная годовая программа выпуска деталей составляет  $N_B=3000$  шт.

«Годовая программа запуска деталей в производство рассчитывается по следующей формуле (3):

$$N_z = N_B \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (3)$$

где  $k_1$  – коэффициент, характеризующий технологический брак (1% от годовой программы выпуска);

$k_2$  – коэффициент незавершенного производства (2...3% от годовой программы выпуска).

$$N_z = 3000 \cdot 1,01 \cdot 1,03 = 3120,9; \text{ принимаем } N_z = 3000 \text{ шт.}$$

Расчетный такт производства (4):

$$\tau_p = \frac{F_d \cdot 60}{N_z} \quad (4)$$

где  $F_d$  – расчетный фонд работы в часах при двухсменном режиме работы (принимаем  $F_d = 4060$  ч)» [13, с. 356].

$$\tau_p = \frac{4060 \cdot 60}{3000} = 80,3 \text{ мин/шт.}$$

Действительный такт производства вычисляется как (5):

$$\tau_d = \tau_p \cdot \eta_z \quad (5)$$

где  $\eta_z$  – коэффициент загрузки оборудования ( $\eta_z = 0,75 \dots 0,85$ ).

$$\text{Получаем } \tau_d = 80,3 \cdot 0,8 = 64,24 \text{ мин/шт.}$$

Масса детали:  $m = 0,83$  кг

«Тип производства определяется по таблице 4.

Таблица 4 – Определение типа производства

Тип производства	Годовая программа выпуска $N_B, шт$		
	Тяжелые, $m > 100$ кг	средние, $m = 10 \dots 100$ кг	легкие, $m < 10$ кг
Единичное	до 5	до 10	до 100
Мелкосерийное	5...100	10...200	100...500
Серийное	100...300	200...500	500...5000
Крупносерийное	300...1000	500...5000	5000...50000
Массовое	>1000	>5000	>50000

По таблице данной годовой программы выпуска и массы детали соответствует серийный тип производства» [13, с. 42].

Данный тип производства имеет следующие характеристики:

- большая годовая программа выпуска изделий;
- предопределяет партийный метод организации производства, пуск в производство осуществляется партиями определенного размера при определенном устойчивом чередовании их во времени. Это позволяет организовать ритмичный выпуск продукции, унификацию продукции и технологии;
- рабочие места и оборудование частично специализированы. Процесс труда отличается большой повторяемостью, большим постоянством структуры. Требования к квалификации рабочих по сравнению с индивидуальным производством ниже;
- характерны меньшие, по сравнению с единичным производством, трудоемкость, материалоемкость, себестоимость.

## 2.2 Выбор метода получения заготовки

Заготовку для рассматриваемой детали можно получить 3 путями: литьем, обработкой давлением и используя заготовку-прокат (круглый пруток).

Из-за технологических свойств материала детали (сталь X12M обладает неудовлетворительными литейными свойствами) получить заготовку методом литья не представляется возможным.

Также из-за условий работы (ударная знакопеременная нагрузка) применение литой заготовки нежелательно (литая заготовка будет иметь пониженные механические свойства из-за более пористой структуры, что может привести к выходу из строя детали в процессе работы).

Рассмотрим заготовку-прокат. Диаметр выбирается из стандартного ряда прутков по ГОСТ 2590-2006. Для данной детали диаметр прутка составит  $\varnothing 70$  мм. Заготовка получается отрезкой на ленточнопильном станке. Длина заготовки, с учетом припуска по торцам, учитывающим погрешности реза (неперпендикулярность реза), составит 36 мм.

Масса заготовки из прутка составит (6):

$$m = \rho V = \rho \pi \frac{d^2}{4} h \quad (6)$$

где  $\rho = 7,85 \text{ кг/см}^3$  – плотность стали,

$d=70$  мм – диаметр заготовки,

$h=36$  мм – высота заготовки.

Масса заготовки:  $m = 7,85 \cdot 3,14 \cdot \frac{7^2}{4} \cdot 3,6 = 1,087$  кг.

Коэффициент использования материала (КИМ) такой заготовки (7):

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{дет}}}{m} \quad (7)$$

где  $m_{\text{дет}} = 0,63$  кг – масса детали,

$m = 1,087$  кг – масса заготовки.

КИМ=58%. Полученное значение мало, следовательно, для более оптимального использования металла используем заготовку, получаемую методами ОМД.

Среди всех методов ОМД (с учетом программы выпуска деталей) выбираем ковку на молотах с использованием подкладных колец. Такой метод получения заготовки позволит, с одной стороны, получить достаточной высокий КИМ, с другой стороны, затраты на изготовление

ПОДКЛАДНЫХ КОЛЕЦ ЗНАЧИТЕЛЬНО НИЖЕ, ЧЕМ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОЛНОЦЕННЫХ ШТАМПОВ.

### 2.3 Выбор методов обработки поверхностей

На рисунке 2 показана схема нумерации поверхностей.

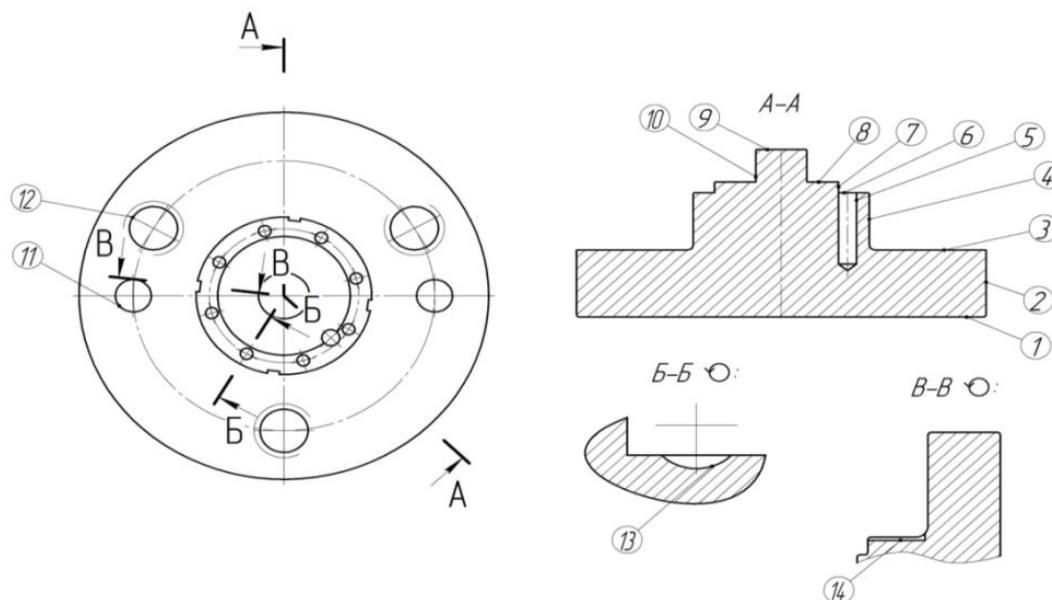


Рисунок 2 – Поверхности детали, подлежащие обработке

В таблице 5 приведены этапы обработки этих поверхностей, необходимые для получения заданных чертежом требований по точности, качеству поверхности, точности формы и расположения поверхностей.

Таблица 5 – Этапы обработки поверхностей

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость, Ra	Последовательность обработки
1	Вспомогательная конструкторская база	11	3.2	1.1 Точение черновое
				1.2 Точение чистовое
2	Вспомогательная конструкторская база	11	3.2	2.1 Точение черновое
				2.2 Точение чистовое
3	Вспомогательная конструкторская база	11	3.2	3.1 Точение черновое
				3.2 Точение чистовое
4	Вспомогательная конструкторская база	11	3.2	4.1 Точение черновое
				4.2 Точение чистовое

Продолжение таблицы 5

№ поверхности	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость, Ra	Последовательность обработки
5	Вспомогательная конструкторская база	12	3.2	5.1 Сверление
				5.2 Зенкерование
6	Основная конструкторская база	14	1.6	6.1 Точение чистовое совместно с поверхностью 7
				6.2 Шлифование
7	Основная конструкторская база	6	0.8	7.1 Точение черновое
				7.2 Точение чистовое
				7.3 Шлифование
8	Вспомогательная конструкторская база	14	3.2	8.1 Точение чистовое совместно с поверхностью 10
9	Вспомогательная конструкторская база	11	3.2	9.1 Точение черновое
				9.2 Точение чистовое
10	Основная конструкторская база	6	0.8	10.1 Точение черновое
				10.2 Точение чистовое
				10.3 Шлифование черновое
				10.4 Шлифование чистовое
11	Вспомогательная конструкторская база	7	1.6	11.1 Сверление
				11.2 Развертывание черновое
				11.3 Развертывание чистовое
12	Вспомогательная конструкторская база	7H	3.2	12.1 Сверление
				12.2 Нарезание резьбы
13	Основная конструкторская база	11	3.2	13.1 Фрезерование чистовое
14	Вспомогательная конструкторская база	12	32	14.1 Фрезерование чистовое

## 2.4 Определение припусков и проектирование заготовки

«Заготовка была определена в разделе 2.2. Проектирование поковки ведется в соответствии с ГОСТ 7505-89. В первую очередь определяют исходный индекс. Он необходим для последующего назначения основных припусков, допусков и отклонений; определяется в зависимости от массы заготовки, марки стали, степени сложности и класса точности поковки. Массу поковки определим по формуле (8):

$$M_{\text{п}} = K_{\text{р}} \cdot M_{\text{дет}} \quad (8)$$

где  $M_{\text{дет}} = 0,83$  кг – масса детали,

$K_{\text{р}} = 1,65$  – расчетный коэффициент.

Таким образом, получаем  $M_{\text{п}} = 1,37$  кг. Степень сложности поковки определяется в зависимости от коэффициента  $K_{\text{ф}}$ , вычисляемого по формуле (9):

$$K_{\text{ф}} = G_{\text{п}}/G_{\text{ф}} \quad (9)$$

где  $G_{\text{ф}}$  – масса(объем) фигуры, в которую вписывается форма поковки,  
 $G_{\text{п}}$  – масса (объем) поковки.

Для проектируемой поковки  $K_{\text{ф}} = 0,45$  и степень сложности  $C_2$ .

Группа стали определяется по химическому составу стали. Сталь X12M содержит 1,2-1,45% углерода, поэтому принимаем группу МЗ. Класс точности выбираем исходя из оборудования, которое используется для получения заготовки. Проектируемая поковка штампуется на молоте с использованием пламенного нагрева, поэтому выбираем класс точности Т5.

По таблице 2 ГОСТ 7505-89 определяется исходный индекс. Для проектируемой поковки исходный индекс – 18» [4, с. 133]. Номинальные размеры, значения припусков и допусков приведены в таблице 6. Для упрощения процессаковки и конструкции подкладных колец, часть диаметров и отверстий закрывается напусками.

Таблица 6 – Расчет размеров поковки

Размер детали,мм	Допуск,мм	Припуск,мм	Размер заготовки, мм
Ø68Н10	4,5	3	$74^{+3,0}_{-1,5}$
Ø29,2	4,0	2,7	$34,5^{+2,7}_{-1,3}$ (34,6)
12	4,0	2,7	$18^{+2,7}_{-1,3}$ (17,7)
		3	
30	4,0	3	$36^{+2,7}_{-1,3}$

Радиусы закруглений принимаем равными 3,0 мм. Штамповочные уклоны: наружные 5°, внутренние 7°.

Отверстия, пазы и другие мелкие элементы на детали закрыты кузнечными напусками. Это сделано для упрощения изготовления поковки, а также для обеспечения возможности изготовить поковку.

Для наиболее точной поверхности детали ( $\varnothing 8.5_{-0.047}^{-0.025}$ ) припуски определены расчетно-аналитическим методом по методике профессора Кована М.В.

Маршрут обработки этой поверхности можно представить в следующем виде. Точение черновое (получаемый квалитет – 14). Точение чистовое (получаемый квалитет – 11). Шлифование черновое (получаемый квалитет – 8). Шлифование чистовое (получаемый квалитет – 6).

Длина обрабатываемой поверхности – 6,2 мм, шероховатость – Ra 0.8.

Данные по расчету припусков заносим в таблицу 7.

Таблица 7 – Расчет припусков и расчетных размеров по операциям

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $Z_{min}$ , мкм	Расчетный размер $d_p$ , мм	Допуск T, мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм	
	z	h	$\Delta$	$\varepsilon$				$d_{max}$	$d_{min}$	$2Z_{max}^{np}$	$2Z_{min}^{np}$
Заготовка	500	200	72	0	-	11,066	3000	14,066	11,066		
Черновое точение	250	240	4,5	-	154	9,522	360	9,882	9,522	4,184	1,544
Чистовое точение	40	40	-	-	989	8,533	90	8,623	8,533	1,259	0,989
Шлифование черновое	15	15	-	-	60	8,473	36	8,509	8,473	0,114	0,06
Шлифование чистовое	5	5	-	-	20	8,475	22	8,475	8,453	0,034	0,02
Общий припуск $2Z_{общ}$										5,591	2,613

Межоперационные минимальные припуски:

Для «поверхностей типа тел вращения рассчитываются по формуле (8):

$$2Z_{min} = 2 \left( R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right) \quad (8)$$

где  $R_{Z_{i-1}}$  – средняя высота неровностей профиля по десяти точкам, полученная на предшествующем переходе, мкм;

$h_{i-1}$  – глубина дефектного поверхностного слоя, полученная на предшествующем переходе;

$\Delta_{i-1}$  – суммарное отклонение формы и расположения поверхностей на предшествующем переходе;

$\epsilon_y$  – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

Заготовка. Величину пространственных отклонений для заготовок-поковок  $\Delta_{кор}$ » [15, с. 243] определяют следующим образом (9):

$$\Delta_{кор} = \Delta_k \cdot L \quad (9)$$

где « $\Delta_k = 2$  мкм/мм – кривизна поковок типа вал, мкм на 1 мм длины» [8, табл 16];

$L$  – длина заготовки, мм.

$$\Delta_{кор} = 2 \cdot 36 = 72 \text{ мкм}$$

Черновое обтачивание. Величину пространственных отклонений  $\Delta_{черн}$  определяют следующим образом (10):

$$\Delta_{черн} = K_y \cdot \Delta_{кор} \quad (10)$$

где  $K_y = 0,06$  мкм/мм – коэффициент уточнения после черного точения.

$$\Delta_{черн} = 0,06 \cdot 72 = 4,5 \text{ мкм,}$$

Погрешность установки  $\epsilon_y$  принимаем равной 0, т.к. заготовка устанавливается в самоцентрирующем патроне.

Минимальный припуск на черновое точение:

$$2Z_{min}^{черн} = 2 \left( 500 + 200 + \sqrt{72^2 + 0^2} \right) = 1544 \text{ мкм}$$

Чистовое обтачивание. Минимальный припуск на чистовое точение:

$$2Z_{min}^{чист} = 2 \left( 250 + 240 + \sqrt{4,5^2 + 0^2} \right) = 989 \text{ мкм}$$

Шлифование черновое. Минимальный припуск на черновое шлифование:

$$2Z_{min}^{тонк} = 2 \left( 15 + 15 + \sqrt{0^2 + 0^2} \right) = 60 \text{ мкм}$$

Шлифование чистовое. Минимальный припуск на чистовое шлифование:

$$2Z_{min}^{тонк} = 2 \left( 5 + 5 + \sqrt{0^2 + 0^2} \right) = 20 \text{ мкм}$$

Межоперационные минимальные расчетные размеры:

$$d_{min}^{черн} = d_{min}^{чертеж} + 2Z_{min}^{чист} = 8,453 + 0,02 = 8,473 \text{ мм}$$

$$d_{min}^{чист} = d_{min}^{черн} + 2Z_{min}^{черн} = 8,473 + 0,06 = 8,533 \text{ мм}$$

$$d_{min}^{черн} = d_{min}^{чист} + 2Z_{min}^{черн} = 8,533 + 0,989 = 9,522 \text{ мм}$$

$$d_{min}^{заг} = d_{min}^{черн} + 2Z_{min}^{черн} = 9,522 + 1,544 = 11,066 \text{ мм}$$

Межоперационные максимальные расчетные размеры:

$$d_{max}^{черн} = d_{min}^{черн} + T^{черн} = 8,473 + 0,036 = 8,509 \text{ мм}$$

$$d_{max}^{чист} = d_{min}^{чист} + T^{чист} = 8,533 + 0,09 = 8,623 \text{ мм}$$

$$d_{max}^{черн} = d_{min}^{черн} + T^{черн} = 9,522 + 0,36 = 9,882 \text{ мм}$$

$$d_{max}^{заг} = d_{min}^{заг} + T^{заг} = 11,066 + 3 = 14,066 \text{ мм}$$

Межоперационные минимальные припуски:

$$2Z_{min}^{чист} = d_{min}^{чист} - d_{min}^{черт} = 8,473 - 8,453 = 0,02 \text{ мм}$$

$$2Z_{min}^{черн} = d_{min}^{черн} - d_{min}^{чист} = 8,533 - 8,473 = 0,06 \text{ мм}$$

$$2Z_{min}^{чист} = d_{min}^{черн} - d_{min}^{чист} = 9,522 - 8,533 = 0,989 \text{ мм}$$

$$2Z_{min}^{черн} = d_{min}^{заг} - d_{min}^{черн} = 11,066 - 9,522 = 1,544 \text{ мм}$$

Межоперационные максимальные припуски:

$$2Z_{max}^{чист} = d_{max}^{чист} - d_{max}^{черт} = 8,509 - 8,475 = 0,034 \text{ мм}$$

$$2Z_{max}^{черн} = d_{max}^{черн} - d_{max}^{чист} = 8,623 - 8,509 = 0,114 \text{ мм}$$

$$2Z_{max}^{чист} = d_{max}^{черн} - d_{max}^{чист} = 9,882 - 8,623 = 1,259 \text{ мм}$$

$$2Z_{max}^{черн} = d_{max}^{заг} - d_{max}^{черн} = 14,066 - 9,882 = 4,184 \text{ мм}$$

Общий припуск

$$2Z_{0max} = 4,184 + 1,259 + 0,114 + 0,034 = 5,591 \text{ мм}$$

$$2Z_{0min} = 1,544 + 0,989 + 0,06 + 0,02 = 2,613 \text{ мм}$$

Проверка:

$$Td_{заг} - Td_{черт} = 3,000 - 0,022 = 2,978 \text{ мм}$$

$$2Z_{0max} - 2Z_{0min} = 5,591 - 2,613 = 2,978 \text{ мм}$$

Полученные величины сходятся, следовательно, расчет выполнен верно.

## 2.5 Разработка технологического маршрута и плана изготовления

### 2.5.1 Разработка технологического маршрута

Укрупненно маршрут выглядит следующим образом:

- Токарные операции – черновая и чистовая обработка наружного контура детали. Поверхности под шлифование выполнены с припуском.
- Обработка отверстий, в том числе нарезание резьбы на станке с ЧПУ.
- Фрезерование 4 пазов шириной 3Н12 на вертикально-фрезерном станке в специальном приспособлении.
- Термическая обработка детали (закалка).
- Черновое и чистовое шлифование точных диаметров и торца на круглошлифовальном станке.
- Фрезерование радиусных выборок на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ.

Подробно маршрут представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Маршрут обработки детали

	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности	№ опер.	Наименование операции
1	Точение черновое	1,2,3,4,9	010	Токарная с ЧПУ
2	Точение чистовое	1,2,3,4,6,7,8,9,10	015	Токарная с ЧПУ
3	Сверление	5,12,11	020	Комплексна на обрабатывающих центрах с ЧПУ
	Нарезание резьбы	12		
	Развертывание черновое	11		
	Развертывание чистовое	11		
	Зенкерование	5		
4	Фрезерование чистовое	14	025	Вертикально-фрезерная
5	Шлифование черновое	6,7,10	035	Круглошлифовальная
	Шлифование чистовое			
6	Фрезерование чистовое	13	040	Вертикально-фрезерная с ЧПУ

### 2.5.2 План изготовления детали

На операции 010 выполняется предварительная обработка поверхностей детали.

На операции 015 – чистовая токарная, за исключением поверхностей под шлифование (они выполнены с припуском).

На операции 020 выполняется обработка всех отверстий, на операции 025 – фрезерование пазов 3Н12 (деталь установлена в специальное приспособление).

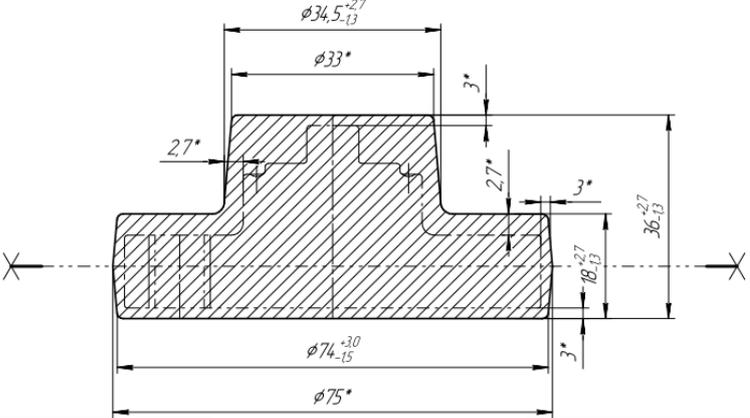
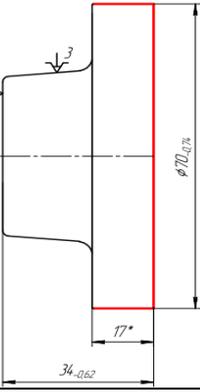
Операция 030 – закалка объемная.

035 операция – круглошлифовальная – чистовая обработка точных диаметров детали.

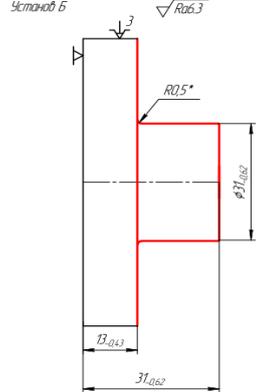
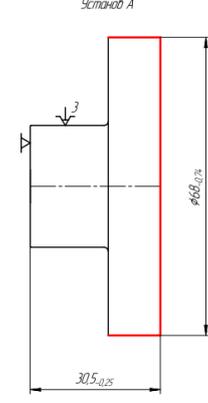
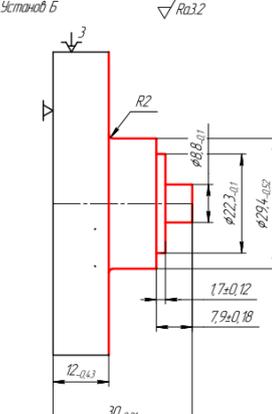
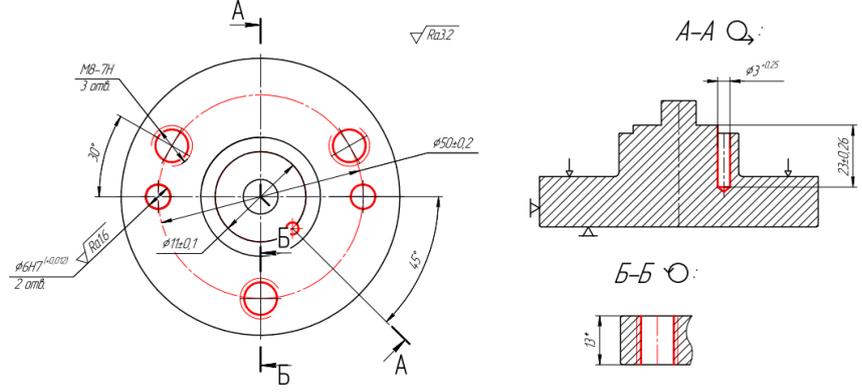
040 операция – вертикально-фрезерная с ЧПУ – обработка сферических обнижений, расположенных по окружности.

В таблице 9 приведен план обработки детали. Полный план изготовления изображен на листе А1 и приведен в графической части работы.

Таблица 9 – План обработки детали

Оборудование, операция	Операционный эскиз
005 Заготовительная Молот паровоздушный	 <p>Technical drawing of a stepped shaft. Dimensions include diameters <math>\phi 34.5^{+0.27}_{-0.13}</math>, <math>\phi 33^*</math>, <math>\phi 74^{+0.30}_{-0.15}</math>, and <math>\phi 75^*</math>. Lengths are <math>18^{+0.27}_{-0.13}</math> and <math>36^{+0.27}_{-0.13}</math>. Chamfers are <math>2.7^*</math> and <math>3^*</math>. Surface finish is <math>\sqrt{Ra6.3}</math>. The drawing is labeled "Установка А".</p>
010 Токарная с ЧПУ Токарный HyundaiHSY250	 <p>Technical drawing of a shaft. Dimensions include diameter <math>\phi 70_{0.78}</math>, length <math>34_{-0.62}</math>, and chamfer <math>17^*</math>. A red line highlights a section of the shaft.</p>

Продолжение таблицы 9

Оборудование, операция	Операционный эскиз
	 <p>Установ Б</p> <p><math>\sqrt{R0.63}</math></p> <p><math>R0.63</math></p> <p><math>30^\circ</math></p> <p><math>\phi 31_{\pm 0.08}</math></p> <p><math>31_{\pm 0.02}</math></p> <p><math>B_{\pm 0.13}</math></p>
015 Токарная с ЧПУ Токарный HyundaiHSY250	 <p>Установ А</p> <p><math>\sqrt{R0.32}</math></p> <p><math>30^\circ</math></p> <p><math>\phi 68_{\pm 0.12}</math></p> <p><math>30.5_{\pm 0.025}</math></p>
	 <p>Установ Б</p> <p><math>\sqrt{R0.32}</math></p> <p><math>30^\circ</math></p> <p><math>R2</math></p> <p><math>\phi 8_{\pm 0.01}</math></p> <p><math>\phi 22_{\pm 0.01}</math></p> <p><math>\phi 29_{\pm 0.02}</math></p> <p><math>17_{\pm 0.12}</math></p> <p><math>7.9_{\pm 0.18}</math></p> <p><math>12_{\pm 0.13}</math></p> <p><math>30_{\pm 0.21}</math></p>
020 Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ Вертикальный О.Ц. с ЧПУ Schaublin 48V	 <p><math>\sqrt{R0.32}</math></p> <p><math>M8-7H</math> 3 отв.</p> <p><math>30^\circ</math></p> <p><math>\phi 50_{\pm 0.2}</math></p> <p><math>\phi 11_{\pm 0.1}</math></p> <p><math>\phi 6.47_{\pm 0.021}</math> 2 отв.</p> <p><math>R0.16</math></p> <p><math>65^\circ</math></p> <p><math>A-A \text{ } \odot</math></p> <p><math>\phi 3_{\pm 0.25}</math></p> <p><math>23_{\pm 0.26}</math></p> <p><math>B-B \text{ } \odot</math></p> <p><math>30^\circ</math></p>

Продолжение таблицы 9

<p>025 Вертикально-фрезерная Вертикально-фрезерный 6P13</p>	
<p>030 Термическая Печь вакуумная</p>	
<p>035 Круглошлифовальная Круглошлифовальный 3A151</p>	
<p>040 Фрезерная с ЧПУ Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P13Ф3</p>	
<p>045 Слесарная Верстак слесарный</p>	
<p>050 Технический контроль Стол контрольный</p>	

### 2.5.3 Разработка схем базирования

На рисунках 3–10 показаны схемы базирования, используемые на операциях технологического процесса.

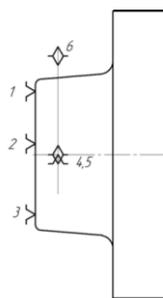


Рисунок 3 – Схема базирования на операции 010 установ А

Точки 1,2,3 – установочная база. Точки 4,5 – двойная опорная база. Точка 6 – фрикционная связь (трение между кулачками патрона и поверхностью заготовки).

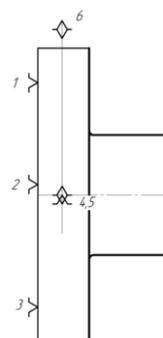


Рисунок 4 – Схема базирования на операции 010 установ Б

Точки 1,2,3 – установочная база. Точки 4,5 – двойная опорная база. Точка 6 – фрикционная связь (трение между кулачками патрона и поверхностью заготовки).

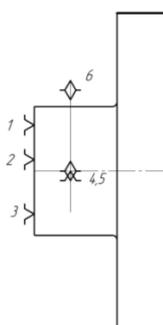


Рисунок 5 – Схема базирования на операции 015 установ А

Точки 1,2,3 – установочная база. Точки 4,5 – двойная опорная база. Точка 6 – фрикционная связь (трение между кулачками патрона и поверхностью заготовки).

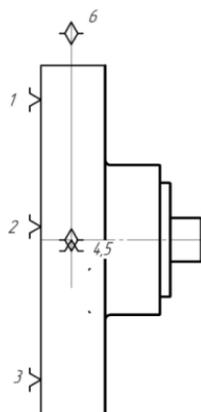


Рисунок 6 – Схема базирования на операции 015 установ Б

Точки 1,2,3 – установочная база. Точки 4,5 – двойная опорная база. Точка 6 – фрикционная связь (трение между кулачками патрона и поверхностью заготовки).

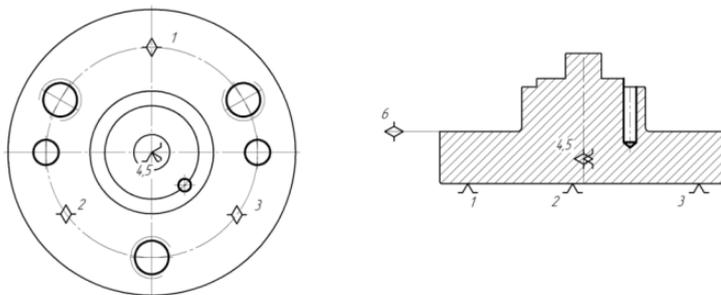


Рисунок 7 – Схема базирования на операции 020

Точки 1,2,3 – установочная база. Точки 4,5 – двойная опорная база. Точка 6 – фрикционная связь (трение между прихватами и поверхностью заготовки).

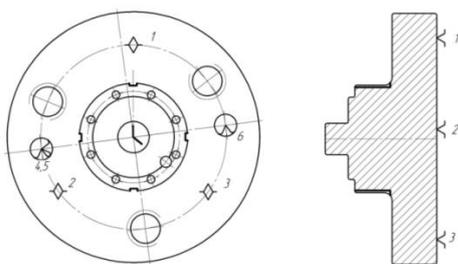


Рисунок 8 – Схема базирования на операции 025

Точки 1,2,3 – установочная база. Точки 4,5 – двойная опорная база.  
Точка 6 – опорная база.

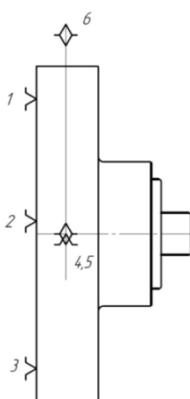


Рисунок 9 – Схема базирования на операции 035

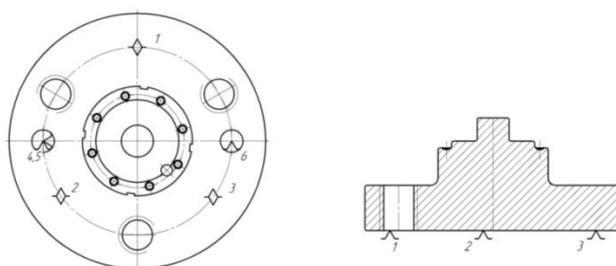


Рисунок 10 – Схема базирования на операции 040

Точки 1,2,3 – установочная база. Точки 4,5 – двойная опорная база.  
Точка 6 – опорная база.

## **2.6 Выбор средств технологического оснащения**

### **2.6.1 Выбор оборудования**

Для выполнения операций 010, 015 используется токарный станок с ЧПУ фирмы Hyundai модели HSY250. Характеристики станка приведены ниже. Используется станок с ЧПУ, так как благодаря жесткой конструкции он позволяет развивать высокие режимы резания, снижая, таким образом, время обработки.

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм: 150.

Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм: 350.

Количество инструментов в резцедержателе: 10.

Число ступеней рабочих частот вращения шпинделя: бесступенчатое регулирование.

Пределы частоты вращения шпинделя, об/мин: 45—3500.

Пределы рабочих подач, мм/мин: 0-1500 мм/мин

Мощность электродвигателя главного привода, кВт: 6,3.

Габаритные размеры станка, мм: 3250X3100X1800.

Масса станка, кг: 2900.

Для выполнения операции 025 используется вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ фирмы Schaublin модели 48V. Обрабатывающий центр позволяет использовать весь набор инструмента, необходимого для обработки отверстий. Это позволяет снизить вспомогательное время на обработку детали.

Размер стола «(Д x Ш), мм: 400x300.

Промежуток (мм) x Ширина (мм)x Количество T-образных пазов (шт):  
110x18x3.

Наибольшая нагрузка на стол, кг: 500.

Расстояние от оси шпинделя до направляющих колонны, мм: 200.

Расстояние от торца шпинделя до поверхности рабочего стола, мм:  
150~580.

Скорость рабочей подачи, мм/мин: 1~15000.

Мощность электродвигателя главного привода, кВт: 10.

Диапазон частот вращения шпинделя, об/мин: 40~12000.

Конус шпинделя (7:24) ISO40.

Емкость магазина инструмента, шт: 16.

Максимальный диаметр/длина сменного инструмента, мм:  
ф150(75)/L250» [16, с. 26-27].

Потребляемая мощность станка, кВА: 47.5.

Габаритные размеры (Д x Ш x В), мм: 2060x1900x2500 .

Масса, кг: 3700.

Для обработки пазов шириной 3Н12 (операция 025) используется вертикально-фрезерный станок модели 6Р13. Станок имеет оптимальные размеры рабочей зоны для установки приспособления с деталью.

Класс точности: Н

Длина рабочей поверхности стола, мм: 320.

Ширина стола, мм: 125.

Наибольшее перемещение по осям X,Y,Z, мм: 200x250x125

Min частота вращения шпинделя об/м: 71.

Мах частота вращения шпинделя, об/м: 3150. Мощность, кВт: 1,5.

Размеры (Д\_Ш\_В), мм: 1226\_1556\_1653.

Масса станка с выносным оборудованием, кг: 800.

Для шлифования наружного диаметра (операция 030) используется круглошлифовальный станок модели 3А151.

Станок имеет оптимальные размеры рабочей зоны для размещения в ней обрабатываемой заготовки.

«Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм: 200.

Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм: 500.

Наибольший диаметр шлифования в люнете, мм: 60.

Наибольший диаметр шлифования без люнета, мм: 180.

Наименьший диаметр шлифования, мм: 5» [16, с. 29-30].

Наибольшая длина шлифования, мм: 300.

Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг: 20.

«Диаметр шлифовального круга, мм: 600..450.

Наибольшая ширина (высота) шлифовального круга, мм: 63.

Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки, об/мин: 1112, 1272.

Непрерывная подача для врезного шлифования, мм на оборот изделия: 0,0005–0,01.

Частота вращения изделия (бесступенчатое регулирование), об/мин: 63..400. Габаритные размеры станка (длина x ширина x высота), мм: 3100 x 2100 x 1500. Масса станка с электрооборудованием и охлаждением, кг: 4200» [16, с. 29-30].

Для фрезерования (операция 040) применяется вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели 6P13Ф3.

Станок обладает оптимальными размерами рабочей зоны для установки детали с приспособлением. Размеры рабочей поверхности стола, мм: 400 x 430.

Конус шпинделя с конусностью 7:24: N50 AT5.

Максимальные координатные перемещения по осям X, Y, Z, мм: 400.

«Пределы частот вращения шпинделя, 1/мин: 2–3150.

Регулирование скоростей шпинделя: Бесступенчатое.

Регулирование продольных, поперечных и вертикальных подач:

Бесступенчатое. Пределы продольных, поперечных и вертикальных подач, мм/мин: 0,1 – 10000. Емкость инструментального магазина, шт: 6.

Мощность двигателя привода главного движения, кВт: 10» [16, с. 51-52].

Точность позиционирования (линейного), мм: 0,016.

Тип системы ЧПУ: РАЗМЕР-М, Fanuc. Габариты станка, мм: 4610 x 4510 x 3235. Вес станка, кг: 7000.

### **2.6.2 Выбор приспособлений**

Для выполнения операций 010, 015, 035 в качестве зажимного приспособления используем трехкулачковый самоцентрирующийся патрон 7100-0003 ГОСТ 2875-80. Для ускорения процесса закрепления/раскрепления заготовки, а также для снижения колебаний сил закрепления вместе с патроном используем пневмопривод.

Для выполнения операции 020 используется специальное приспособление. Деталь устанавливается во втулку, закрепление происходит при помощи поворотных Г-образных прихватов.

Для выполнения операции 025 используется специальное приспособление. Базовой деталью приспособления служит угольник. Деталь в приспособление устанавливается на торец и 2 пальца (цилиндрический и срезанный). Закрепление за счет поворотных Г-образных прихватов. Применение таких прихватов позволит сократить габаритные размеры приспособления.

Для выполнения операции 040 используется приспособление, аналогичное описанному выше для операции 025. Отличие – для операции 040 базовой деталью является плоская плита, а не угольник. Все специальные приспособления могут быть оснащены пневмоприводом.

### **2.6.3 Выбор режущего инструмента**

Ниже приведен перечень режущего инструмента (с разбивкой по операциям).

Операция 010: резец подрезной 2112-0011 ГОСТ 18880-73, резец проходной упорный 2101-0013 ГОСТ 18879-73.

Операция 015: резец подрезной 2112-0011 ГОСТ 18880-73, резец проходной упорный 2101-0013 ГОСТ 18879-73.

Операция 020: сверло центровочное 2317-0003 ГОСТ 14952-75, сверло спиральное Ø2,5 2300-8145 ГОСТ 10902-77, сверло спиральное Ø6,7 2300-3415 ГОСТ 10902-77, сверло спиральное Ø5,8 2300-0180 ГОСТ 10902-77, зенкер Ø3Н12 (специальный), развертка 2363-0064 (черновая+чистовая) ГОСТ 1672-80, метчик М8-7Н 2621-1223 ГОСТ 3266-81.

Операция 025: фреза концевая 2220-0001 ГОСТ 17025-71.

Операция 035: круг шлифовальный тип 20 600x32x203,2 25А F60 К 6 V 40 м/сек кл. 2 ГОСТ 52781-2007.

Операция 040: фреза концевая сферическая (специальная).

### **2.6.4. Выбор средств контроля**

Ниже приведен перечень измерительных средств (с разбивкой по операциям).

Операция 010: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Операция 015: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Операция 020: штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89, калибр-пробка Ø3Н12 8133-0620 ГОСТ 14807-69, калибр-пробка М8-7Н 8221-3036 ГОСТ 17758-72.

Операция 025: штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89, набор концевых мер длины ГОСТ 9038-83.

Операция 035: микрометр МК0-25 ГОСТ 6507-90, штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Операция 040: Шаблон контрольный (специальный).

Вся технологическая оснастка и оборудование сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Выбор СТО

№ операции, наименование	Наименование оборудования, модель	Наименование станочного приспособления	Наименование и размер инструмента, марка материала, № стандарта или чертежа	Наименование и типоразмер измерительного средства, № стандарта или чертежа
010 Токарная с ЧПУ	Токарный с ЧПУ HyundaiHSY250	Патрон трехкулачковый 7100-0003 ГОСТ 2875-80	Резец подрезной ВК6 112-0011 ГОСТ 18880-73, резец проходной упорный ВК6 2101-0013 ГОСТ 18879-73.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.
015 Токарная с ЧПУ	Токарный с ЧПУ HyundaiHSY250	Патрон трехкулачковый 7100-0003 ГОСТ 2875-80	Резец подрезной ВК6 112-0011 ГОСТ 18880-73, резец проходной упорный ВК6 2101-0013 ГОСТ 18879-73.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.
020 Комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ	Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ Schaublin 48V	Приспособление специальное	Сверло центровочное Р6М5 2317-0003 ГОСТ 14952-75, сверло спиральное Ø2,5 Р6М5 2300-8145 ГОСТ 10902-77, сверло спиральное Ø6,7 Р6М5 2300-3415 ГОСТ 10902-77, сверло спиральное Ø5,8 Р6М5 2300-0180 ГОСТ 10902-77, зенкер Ø3Н12 Р6М5 (специальный), развертка 2363-0064 (черновая и чистовая) Р6М5 ГОСТ 1672-80, метчик М8-7Н Р6М5 2621-1223 ГОСТ 3266-81.	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89, калибр-пробка Ø3Н12 8133-0620 ГОСТ 14807-69, калибр-пробка М8-7Н 8221-3036 ГОСТ 17758-72.

## Продолжение таблицы 10

№ операции, наименование	Наименование оборудования, модель	Наименование станочного приспособления	Наименование и размер инструмента, марка материала, № стандарта или чертежа	Наименование и типоразмер измерительного средства, № стандарта или чертежа
025 Вертикально-фрезерная	Вертикально-фрезерный 6P13	Приспособление специальное	Фреза концевая 2220-0001 ГОСТ 17025-71	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89, набор концевых мер длины ГОСТ 9038-83.
035 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный 3A51	Патрон трехкулачковый 7100-0003 ГОСТ 2875-80	Круг шлифовальный тип 20 600x32x203,2 25A F60 К 6 V 40 м/сек кл. 2 ГОСТ 52781-2007.	Микрометр МК0-25 ГОСТ 6507-90, штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.
040 Вертикально-фрезерная с ЧПУ	Вертикально-фрезерный с ЧПУ 6P13Ф3	Приспособление специальное	Фреза концевая сферическая (специальная).	Шаблон контрольный (специальный).

## 2.7 Проектирование технологических операций

### 2.7.1 Расчет режимов резания

Расчет режимов резания аналитическим методом выполнен для операций 020, 035. Расчет режимов для операции 020 комплексная на обрабатывающих центрах с ЧПУ:

Исходными данными для расчета режимов резания служат: материал детали – сталь 12ХМ ГОСТ 5520-2017, НВ=143...179; состояние поверхности заготовки – предварительно обработанная, без корки; материал режущей части инструмента – быстрорежущая сталь P6M5; стойкость инструмента – принимаем стойкость всех инструментов равной 90 минут.

Переход 1 (центрование).

Глубина резания равна половине диаметра отверстия (11):

$$t = \frac{D}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ (мм)} \quad (11)$$

где D- диаметр отверстия, мм.

Табличное значение подачи (в зависимости от материала детали и отношения длины сверления к глубине ( $l/D < 3$ )):  $S_0 = 0.05$  (мм/об).

Табличное значение скорости резания (в зависимости от материала детали и отношения длины сверления к глубине ( $l/D < 3$ )):  $V_o = 33$  (м/мин).

Поправочные коэффициенты (для подачи и скорости резания):

Твердость материала детали (HB=220...241)  $K_c = 0.88$

Поправочные коэффициенты (только для скорости резания):

Наличие СОЖ при обработке (обработка с СОЖ)  $K_{ж} = 1$

Состояние поверхности заготовки (без корки)  $K_{п} = 1$

Материала инструмента (быстрорежущая сталь)  $K_m = 1$

Форма заточки инструмента (форма заточки Н)  $K_3 = 1$

Длина рабочей части сверла (по ГОСТ 10902-77)  $K_m = 1$

Наличие износостойкого покрытия на инструменте (без покрытия)  
 $K_{п} = 1$

Отношение фактического периода стойкости к нормативному (отношение равно 1)  $K_T = 1$

Фактическое значение подачи (с учетом коэффициентов):  $S_0 = 0.0425$  (мм/об).

Фактическая скорость резания с учетом поправочных коэффициентов составит 18,05 м/мин. Исходя из скорости резания определяется число оборотов (12):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 18,05}{3,14 \cdot 2} = 2870 \text{ (об/мин)} \quad (12)$$

Тогда минутная подача составит (13):

$$S_{min} = S_0 n = 0.0425 \cdot 2870 = 122 \text{ мм/мин} \quad (13)$$

Регулирование оборотов и подачи у станка бесступенчатое, оставляем полученные значения.

Машинное время обработки определяется по формуле (14):

$$T = \frac{l_{вр} + L + l_{пер}}{S_{мин}} \quad (14)$$

где  $l_{вр} + L + l_{пер}$  – длина врезания, длина обрабатываемой поверхности, длина перебега;

$S_{мин}$  – минутная подача.

Длина врезания равна (15):

$$l_{вр} = 1,5 + \frac{D}{2 \operatorname{tg}(60)} = 3,4 \text{ (мм)} \quad (15)$$

Длина перебега равно 0 мм (отверстие глухое).

Для данной поверхности имеем:  $T = \frac{l_{вр} + L + l_{пер}}{S_{мин}} = \frac{3,4 + 2 + 0}{122} = 0,26 \text{ (мин)}$  –

учтено время центрования всех отверстия.

Переход 2 (сверление отв. Ø3Н12)

Глубина резания равна половине диаметр отверстия:  $t = \frac{D}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ (мм)}$ .

Табличное значение подачи (в зависимости от материала детали и отношения длины сверления к глубине ( $l/D < 3$ )):  $S_0 = 0.05 \text{ (мм/об)}$ .

Табличное значение скорости резания (в зависимости от материала детали и отношения длины сверления к глубине ( $l/D < 3$ )):  $V_0 = 33 \text{ (м/мин)}$ .

Поправочные коэффициенты те же, что и для перехода 1. Фактическая скорость резания, подача – те же.

Исходя из скорости резания определяется число оборотов:  
 $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 18,05}{3.14 \cdot 2,8} = 2000 \text{ (об/мин)}$ . Тогда минутная подача составит

$$S_{мин} = S_0 n = 0.0425 \cdot 2000 = 85 \text{ мм/мин.}$$

Регулирование оборотов и подачи у станка бесступенчатое, оставляем полученные значения.

Длина врезания равна  $l_{ep} = 1,5 + \frac{D}{2 \operatorname{tg}(60)} = 3,6$  (мм). Длина перебега равно 0 мм (отверстие глухое). Для данной поверхности имеем:

$$T = \frac{l_{ep} + L + l_{nep}}{S_{мин}} = \frac{3,6 + 23 + 0}{85} = 0,32 \text{ (мин)}.$$

Переход 3 (сверление отв. 6,8 мм под резьбу М8)

Глубина резания равна половине диаметр отверстия:  $t = \frac{D}{2} = \frac{6,8}{2} = 3,4$  (мм).

Табличное значение подачи (в зависимости от материала детали и отношения длины сверления к глубине ( $l/D < 3$ )):  $S_0 = 0,19$  (мм/об).

Табличное значение скорости резания (в зависимости от материала детали и отношения длины сверления к глубине ( $l/D < 3$ )):  $V_0 = 22,5$  (м/мин).

Поправочные коэффициенты те же, что и для перехода 1.

Фактическая подача на оборот – 0,16 мм/об, фактическая скорость резания – 19,13 м/мин.

Исходя из скорости резания определяется число оборотов:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 19,13}{3,14 \cdot 6,8} = 895 \text{ (об/мин)}.$$

Тогда минутная подача составит  $S_{мин} = S_0 n = 0,16 \cdot 895 = 143$  мм/мин.

Регулирование оборотов и подачи у станка бесступенчатое, оставляем полученные значения.

Длина врезания и перебега равны  $l_{ep} = 1,5 + \frac{D}{2 \operatorname{tg}(60)} = 4$  (мм). Для данной поверхности имеем:  $T = \frac{l_{ep} + L + l_{nep}}{S_{мин}} = \frac{4 + 13 + 4}{143} = 0,44$  (мин) – учтено время сверления всех трех отверстий.

Переход 4 (сверление отв. 5,5 мм)

Глубина резания равна половине диаметр отверстия:  $t = \frac{D}{2} = \frac{5,5}{2} = 2,75$  (мм).

Табличное значение подачи (в зависимости от материала детали и отношения длины сверления к глубине ( $l/D < 3$ )):  $S_0 = 0,14$  (мм/об).

Табличное значение скорости резания (в зависимости от материала детали и отношения длины сверления к глубине ( $l/D < 3$ )):  $V_o = 25$  (м/мин).

Поправочные коэффициенты те же, что и для перехода 1.

Фактическая подача на оборот – 0,12 мм/об, фактическая скорость резания – 18,7 м/мин.

Исходя из скорости резания определяется число оборотов:  
$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 18,7}{3,14 \cdot 5} = 1190 \text{ (об/мин)}.$$
 Тогда минутная подача составит  $S_{min} = S_0 n = 0,12 \cdot 1190 = 142$  мм/мин.

Регулирование оборотов и подачи у станка бесступенчатое, оставляем полученные значения.

Длина врезания и перебега равны  $l_{ep} = 1,5 + \frac{D}{2 \operatorname{tg}(60)} = 3,8$  (мм). Для данной поверхности имеем:  $T = \frac{l_{ep} + L + l_{nep}}{S_{min}} = \frac{3,8 + 13 + 3,8}{142} = 0,29$  (мин) – учтено время сверления всех отверстий.

Переход 5 (развертывание отв. Ø6Н7)

Глубина резания равна половине диаметр отверстия:  
$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{6 - 5,5}{2} = 0,25 \text{ (мм)}.$$

Табличное значение подачи (в зависимости от материала детали и отношения длины сверления к глубине ( $l/D < 3$ )):  $S_0 = 0,88$  (мм/об).

Табличное значение скорости резания (в зависимости от материала детали и отношения длины сверления к глубине ( $l/D < 3$ )):  $V_o = 9,7$  (м/мин).

Поправочные коэффициенты те же, что и для перехода 1.

Фактическая подача на оборот – 0,7 мм/об, фактическая скорость резания – 7,76 м/мин.

Исходя из скорости резания определяется число оборотов:  
$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 7,76}{3,14 \cdot 5,9} = 418 \text{ (об/мин)}.$$

Тогда минутная подача составит  $S_{min} = S_0 n = 0,88 \cdot 418 = 368$  мм/мин. Регулирование оборотов и подачи у станка бесступенчатое, оставляем полученные значения.

Длина врезания и перебега равны  $l_{ep} = 2$  (мм). Для данной поверхности имеем:  $T = \frac{l_{ep} + L + l_{nep}}{S_{мин}} = \frac{2 + 13 + 2}{368} = 0,092$  (мин) – учтена обработка двух отверстий.

Переход б (нарезание резьбы)

Глубина резания при нарезании резьбы метчиком равна высоте профиля резьбы и равна  $t = 0,785 \cdot P = 0,785 \cdot 1,25 = 0,98$  (мм).

Подача при нарезании резьбы метчиком равна шагу резьбы и равна  $S_0 = 1,25$  (мм/об).

Табличное значение скорости резания при нарезании резьбы метчиком  $V = 24,8$  (м/мин).

Поправочные коэффициенты:

Твердость материала заготовки (НВ < 240):  $K_{VM} = 0,85$ .

Степень точности резьбы (6Н):  $K_{VT} = 1$ .

Фактическое значение скорости резания учетом коэффициентов:  $V = 21,08$  (м/мин),

Число оборотов метчика:  $n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 21,08}{3,14 \cdot 8} = 830$  (об/мин).

Минутная подача:  $S_{мин} = S_0 \cdot n = 1,25 \cdot 830 = 1037,5$  (мм/мин).

Основное время нарезания резьбы (16):

$$T = \frac{l_{ep} + L + l_{nep}}{n \cdot S} + \frac{l_{ep} + L + l_{nep}}{n_0 \cdot S} = \frac{2,5 + 11 + 2,5}{830 \cdot 1,25} + \frac{2,5 + 11 + 2,5}{900 \cdot 1,25} = 0,064 \text{ (мин)} \quad (16)$$

где  $l_{ep} = 2S = 3,5$  (мм) – длина врезания,

$L = 11$  (мм) – длина нарезанной части резьбы,

$n, n_0$  – число оборотов метчика при нарезании резьбы и обратном ходе (выкручивании),

$S$  – подача на оборот.

Расчеты режимов сведены в таблицу 11.

Таблица 11 – Режимы резания на операцию.

Переход	t, мм	S, мм/мин	V, м/мин	n, об/мин	T, мин
Центрование	1	122	18,05	2870	0,26
Сверление отв. Ø3Н12	1,5	85	18,05	2000	0,32
Сверление 3 отв. Ø6.8 мм	3,4	143	19,13	895	0,44
Сверление 2 отв. Ø5,5 мм	2,75	142	18,7	1190	0,29
Развертывание Ø6Н7	0,25	368	14,96	418	0,092
Нарезание резьбы	0,98	1,25*	21,08	830	0,064
Σ					1,556

\* – указана подача на оборот

Аналитический расчет режимов для операции  
035 круглошлифовальная:

Исходными данными для расчета режимов резания служат:

- материал детали – сталь Х12М ГОСТ 5502-2017, HRC=59...63,
- шероховатость поверхности Ra0.8...1.6.

Переходы 1, 2.

Поскольку ширина круга больше ширины шлифуемых шеек, то применяется врезное шлифование.

Припуск, снимаемый на операции, составляет 0,3 мм на диаметр, следовательно, глубина резания равна 0,15 мм.

Исходя из числа оборотов шлифовального круга (по паспортным данным станка), определяется скорость резания (17):

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3.14 \cdot 600 \cdot 1111}{1000 \cdot 60} = 34.88 \text{ (м/сек)} \quad (17)$$

По полученному значению определяется скорость вращения детали. Для данных значений твердости обрабатываемой детали и скорости круга диапазон скоростей вращения детали равен 35-45 м/мин. Принимаем меньшее значение, т.к. из-за неравномерно расположенных отверстий деталь имеет дисбаланс.

Исходя из принятой скорости вращения детали определяется число оборотов детали:

$$\text{Для шейки } \varnothing 22 \text{ мм} - n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 35}{3.14 \cdot 22} = 506.6 \text{ (об/мин)}.$$

$$\text{Для шейки } \varnothing 8,5 \text{ мм} - n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 35}{3.14 \cdot 8,5} = 1311,35 \text{ (об/мин)}.$$

Т.к. регулирование оборотов детали на станке бесступенчатое, то оставляем полученные значения.

Минутная подача определяется по формуле (18):

$$S_n = S_{n0} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3. \quad (18)$$

Табличное значение подачи для шеек шириной менее 16 мм и диаметром до 25 мм равно 0,75 мм/мин.

Поправочные коэффициенты на подачу:

В зависимости от скорости круга, материала и твердости -  $K_1 = 1,1$  (скорость круга до 35 м/с, сталь 12ХН, закаленная).

В зависимости от точности обработки и припуска -  $K_2 = 0.8$  (точность размеров в пределах 0,03 мм, припуск – 0,15 мм на сторону).

В зависимости от диаметра круга и типа поверхности -  $K_3 = 1,0$  (круг  $\varnothing 600$  мм, гладкая поверхность).

Фактическая минутная подача  $S_n = S_{n0} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 0,75 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,66$  (мм/мин).

Основное время шлифования (19):

$$T = \frac{\Delta}{S} = \frac{0.15}{0.66} = 0.44 \text{ мин} \quad (19)$$

где  $\Delta$  – снимаемый припуск,

$S$  – минутная подача. Время посчитано для обеих шеек.

На остальные операции техпроцесса режимы резания определены по нормативам и приведены в таблицах 12–15.

Таблица 12 – Режимы резания на операции 010

Переход	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	T, мин
Установ А					
Подрезание торца	2	0,2	109,9	500	0,39
Точение черновое	2	0,2	109,9	500	0,21
Установ Б					
Подрезание торца	2	0,2	90,75	850	0,11
Точение черновое	2	0,2	90,75	850	0,22
Σ					0,93

Таблица 13 – Режимы резания на операции 015

Переход	t, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	T, мин
Установ А					
Подрезание торца	0,5	0,12	149,46	700	0,43
Точение чистовое	1	0,12	149,46	700	0,2
Установ Б					
Подрезание торца	0,5	0,12	126,54	1300	0,11
Точение чистовое Ø29,4	1	0,12	126,54	1300	0,26
Точение чистовое Ø22,3	1 x 4 прохода	0,12	112,04	1600	0,2
Точение чистовое Ø8,8	1 x 7 проходов	0,1	96,76	3500	0,16
Σ					1,36

Таблица 14 – Режимы резания на операции 025

Переход	t, мм	S, мм/зуб	V, м/мин	n, об/мин	T, мин
Фрезерование паза чистовое	0,35 мм x 3 прохода	0,025	32,97	3500	0,43 – на все 4 паза

Таблица 15 – Режимы резания на операции 040

Переход	t, мм	S, мм/зуб	V, м/мин	n, об/мин	T, мин
Фрезерование чистовое	0,4 мм	0,02	35,17	3500	0,1 – на все 8 обнизок

## 2.7.2 Нормирование технологического процесса

Технически обоснованные нормы времени на каждую операцию приведены в таблицах 16–21.

Таблица 16 – Расчет нормы времени на операцию 010

№ перехода	Описание перехода	T, мин
1	Установка заготовки в трехкулачковый самоцентрирующийся патрон без выверки	0,36
2	Механическая обработка (время определено в разделе выше)	0,6
3	Переустановка детали в патроне	0,29
4	Механическая обработка	0,33
5	Время на контроль штангенциркулем размеров	0,47
6	Вспомогательное время на выполнение основных переходов	0,1
7	Время обслуживания рабочего места	0,18
8	Время на личные надобности рабочего	0,12
Σ		2,45

Таблица 17 – Расчет нормы времени на операцию 015

№ перехода	Описание перехода	T, мин
1	Установка заготовки в трехкулачковый самоцентрирующийся патрон без выверки	0,36
2	Механическая обработка (время определено в разделе выше)	0,63
3	Переустановка детали в патроне	0,29
4	Механическая обработка	0,37
5	Время на контроль штангенциркулем размеров	1,7
6	Вспомогательное время на выполнение основных переходов	0,1
7	Время обслуживания рабочего места	0,51
8	Время на личные надобности рабочего	0,34
Σ		4,3

Таблица 18 – Расчет нормы времени на операцию 020

№ перехода	Описание перехода	T, мин
1	Установка заготовки в специальном приспособлении с креплением прихватами гайкой вручную	0,45
2	Механическая обработка (время определено в разделе выше)	1,556
3	Время на контроль размеров (калибр-пробками)	0,3
4	Вспомогательное время на выполнение основных переходов	0,22
5	Время обслуживания рабочего места	0,38
6	Время на личные надобности рабочего	0,25
	Σ	3,156

Таблица 19 – Расчет нормы времени на операцию 025

№ перехода	Описание перехода	T, мин
1	Установка заготовки на два отверстия и торец в специальном приспособлении с креплением прихватами гайкой вручную	0,75

Продолжение таблицы 19

№ перехода	Описание перехода	T, мин
2	Механическая обработка (время определено в разделе выше)	0,43
3	Время на индексацию (поворот приспособления для обработки следующего паза)	0,4
4	Время на контроль размеров	0,17
5	Вспомогательное время на выполнение основных переходов	0,08
6	Время обслуживания рабочего места	0,27
7	Время на личные надобности рабочего	0,18
Σ		2,28

Таблица 20 – Расчет нормы времени на операцию 035

№ перехода	Описание перехода	T, мин
1	Установка заготовки в трехкулачковый самоцентрирующийся патрон с выверкой	0,45
2	Механическая обработка (время определено в разделе выше)	0,44
3	Время на контроль размеров микрометром	0,58
4	Вспомогательное время на выполнение основных переходов	0,08
5	Время обслуживания рабочего места	0,23
6	Время на личные надобности рабочего	0,16
Σ		1,94

Таблица 21 – Расчет нормы времени на операцию 040

№ перехода	Описание перехода	T, мин
1	Установка заготовки в специальном приспособлении на торец и два пальца с креплением прихватом гайкой вручную	0,7
2	Механическая обработка (время определено в разделе выше)	0,1
3	Время на контроль размеров шаблоном	0,12
4	Вспомогательное время на выполнение основных переходов	0,08
5	Время обслуживания рабочего места	0,15
6	Время на личные надобности рабочего	0,1
Σ		1,25

Время на обслуживание рабочего места взято как 15% от суммы предыдущего времени. Время на личные надобности – аналогично, но 10%.

### 3 Проектирование технологической оснастки

#### 3.1 Проектирование приспособления

Проектируется приспособление для операции 025 вертикально-фрезерная. Схема обработки показана на рисунке 11. Приспособление относится к специальным, ручным, одноместным, ориентировано на эксплуатацию в серийном производстве. Заготовка устанавливается на два установочных пальца – цилиндрический (5) и срезанный (6), которые запрессованы в поворотную плиту (4). Эта плита находится на опорной плите (1), которая приварена к основанию приспособления.

Закрепление заготовки на поворотной плите производится с помощью двух Г-образных прихватов (14). Поворот детали на  $90^\circ$  обеспечивается с помощью делительного устройства, фиксация производится с помощью фиксатора (12), вставляемого в отверстия втулок (7) на поворотной плите. Закрепление поворотной плиты с обрабатываемой заготовкой производится с помощью специальной гайки (9) с рукояткой. Для облегчения ориентирования приспособления на столе станка, в его основании предусмотрены две призматические привертные шпонки (15). Особых требований по эксплуатации к данному приспособлению не предъявляется.

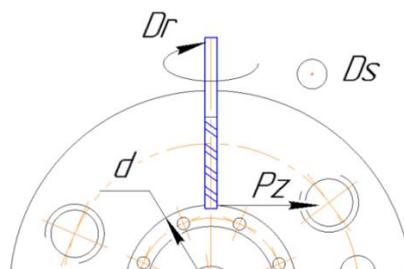


Рисунок 11 – Схема обработки паза

Момент от силы резания  $Pz$  стремится повернуть заготовку, чему препятствуют силы трения между поверхностью детали и прихвата и поверхностью детали и установочными поверхностями приспособления.

Для того, чтобы заготовка оставалась неподвижной, необходимо выполнения следующего условия (20):

$$M_{рез} \cdot k = M_{трен.} \quad (20),$$

где  $M_{рез}$  – момент, создаваемый силой резания,

$k$  – коэффициент запаса,

$M_{трен.}$  – момент, создаваемый силами трения.

Момент от силы резания (21):

$$M_{рез} = P_z \cdot \frac{d}{2}, \quad (21)$$

где  $P_z$  – сила резания,

$\frac{d}{2}$  – радиус приложения силы резания.

Момент от сил трения является суммой моментов от силы трения между прихватами и поверхностью заготовки ( $F_{мп2}$ ) и между заготовкой и установочными поверхностями ( $F_{мп1}$ ) (рисунок 12) (22):

$$M_{мп1} = F_{мп1} \cdot R_{эф1}, \quad M_{мп2} = F_{мп2} \cdot R_{эф2}, \quad (21)$$

где  $R_{эф}$  – эффективный радиус трения.

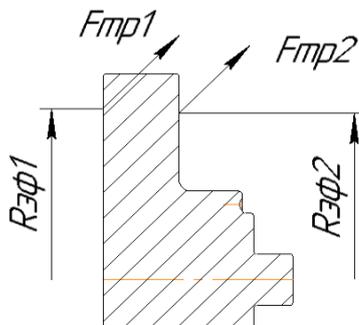


Рисунок 12 – Схема действия сил трения

Сами силы трения могут быть рассчитаны по формуле (22):

$$F_{mp} = f \cdot N, \quad (22)$$

где  $f$  – коэффициент трения,

$N$  – осевая сила (необходимое усилие закрепления заготовки).

Подставив все в (19), получаем:  $P_z \cdot \frac{d}{2} \cdot k = f_1 \cdot N \cdot R_{\phi 1} + f_2 \cdot N \cdot R_{\phi 2}$ .

Коэффициенты трения принимаем равными (сталь по стали), тогда:

$P_z \cdot \frac{d}{2} \cdot k = f \cdot N \cdot (R_{\phi 1} + R_{\phi 2})$ , откуда необходимое усилие закрепления заготовки (23):

$$N = \frac{P_z \cdot d \cdot k}{2 \cdot f \cdot (R_{\phi 1} + R_{\phi 2})} \quad (23)$$

Коэффициент трения  $f$  принимаем равным 0,15 (сталь по стали).

Силу резания при фрезеровании концевой фрезой определяем как (24):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (24)$$

где « $t$  – глубина резания,

$s_z$  – подача на зуб,

$B$  – ширина фрезерования,

$z$  – число зубьев фрезы,

$D$  – диаметр фрезы,

$n$  – число оборотов фрезы» [14, с. 17],

$K_{mp}$  – коэффициент, зависящий от условия обработки,

$x, y, n, q, w$  – эмпирические коэффициенты.

Численное значение силы резания исходя из принятых режимов резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 22,5 \cdot 0,4^{0,21} \cdot 0,02^{0,48} \cdot 3^8 \cdot 2}{3^{0,35} \cdot 80^{0,27}} \cdot 0,35 = 303,6(\text{Н}).$$

«Коэффициент запаса  $k$ , учитывающий нестабильность силовых воздействий на обрабатываемую заготовку, определяется следующим выражением (25):

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = 1,5 \cdot 1,15 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 2,57 \quad (25)$$

где:  $k_0 = 1,5$  – гарантированный коэффициент запаса,

$k_1 = 1,15$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовок,

$k_2 = 1,15$  – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания вследствие затупления режущего инструмента,

$k_3 = 1$  – коэффициент, учитывающий рост сил резания при прерывистой обработке,

$k_4 = 1,3$  – коэффициент, характеризующий непостоянство силы закрепления,

$k_5 = 1$  – коэффициент, характеризующий эргономику приспособления,

$k_6 = 1$  – коэффициент, учитывающий расположение точек контакта» [14, с. 19].

Расчет эффективных радиусов трения - в соответствии со схемой на рисунке 13.

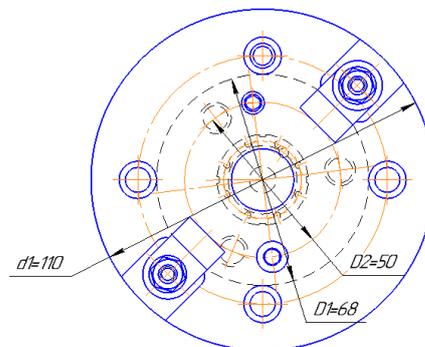


Рисунок 13 – К расчету эффективных радиусов трения

$$R_{\text{э}\phi 1} = \frac{1}{3} \cdot \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^2 - d_2^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{110^3}{110^2} = 36,66 \text{ (мм)} - \text{т.к. } d_2 = 0 - \text{ между заготовкой и}$$

приспособлением.

$$R_{\text{э}\phi 2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^2 - d_2^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{68^3 - 50^3}{68^2 - 50^2} = 29,72 \text{ (мм)} - \text{ между заготовкой и}$$

прихватами.

Численное значение силы N:

$$N = \frac{P_z \cdot d \cdot k}{2 \cdot f \cdot (R_{\text{э}\phi 1} + R_{\text{э}\phi 2})} = \frac{303,6 \cdot 29,2 \cdot 2,57}{2 \cdot 0,15 \cdot (36,66 + 29,72)} = 1143,8 \text{ (Н)}.$$

Расчетная схема прихвата приведена на рисунке 14.

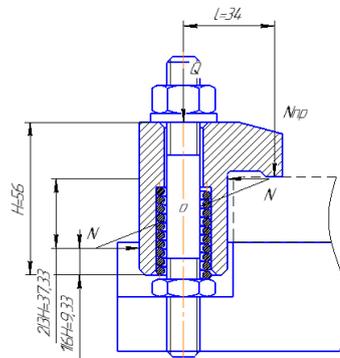


Рисунок 14 – Расчетная схема прихвата

Т.к. прихватов два и они расположены симметрично относительно оси детали, то сила на каждом прихвате  $N_{np} = \frac{N}{2} = \frac{1143,8}{2} = 571,9 \text{ (Н)}$ .

Расчет на прочность приспособления сводится к расчету на прочность наиболее нагруженного и наименее прочного соединения, которым является резьба М6. Расчетная схема на рисунке 15.

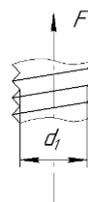


Рисунок 15 – Схема к прочностному расчету

Напряжения в резьбе могут быть определены по формуле (26):

$$\sigma = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 571,9}{3,14 \cdot 5,188^2} = 27,05 \text{ (МПа)}, \quad (26)$$

где  $F$  – сила закрепления,

$d$  – внутренний диаметр резьбы.

Материал шпильки – сталь 40Х. Допускаемое напряжение растяжения для этого материала –  $[\sigma] = 200$  (МПа). Видно, что допускаемое напряжение значительно выше действующих, следовательно, прочность «слабого звена» проектируемого приспособления обеспечивается.

Расчет точности проектируемого приспособления производится из условия обеспечения допуска на размер между впадиной паза и осью детали (400 мкм) и производится по формуле (27). Расчетная схема показана на рисунке 16.

$$\varepsilon_0 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} \quad (27)$$

где  $\varepsilon_6$  – погрешность базирования;

$\varepsilon_3$  – погрешность, вызванная силами закрепления;

$\varepsilon_{\text{пр}}$  – погрешность самого приспособления (его установки, износа и сборки).

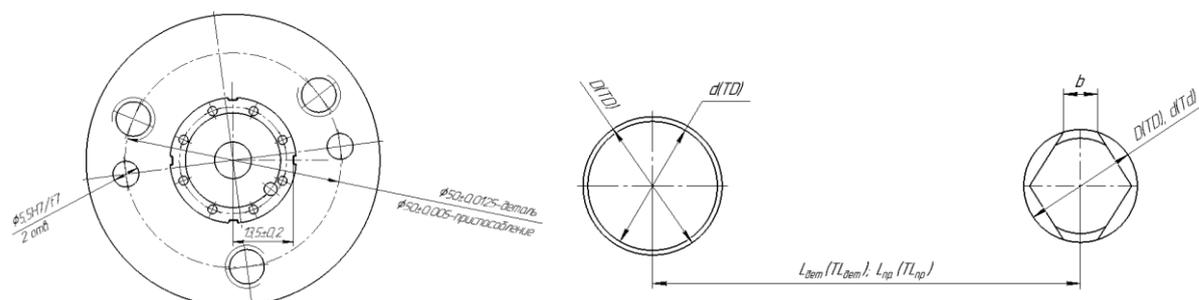


Рисунок 16 – Схема к точностному расчету

Погрешность базирования равна наибольшему зазору в посадке установочный палец – отверстие и равна  $\varepsilon_6 = TD + Td + S_{min} = 30 + 30 + 10 = 70$  мкм.

Возможность установки заготовки на срезанный и цилиндрический пальцы определяется из условия (28):

$$S_{1min} + S_{2min} \cdot \frac{d_2}{2} > TL_{dem} + TL_{np} \quad (28)$$

где  $S_{min1}$  – минимальный зазор в соединении цилиндрический палец – отверстие,

$S_{min2}$  – минимальный зазор в соединении срезанный палец – отверстие,

$d_2$  – диаметр срезанного пальца,

$TL_{dem} + TL_{np}$  – сумма допусков на межосевое расстояние между осями отверстий в детали и заготовке соответственно.

В нашем случае имеем:  $10 + 10 \cdot \frac{5,5}{2} = 37,5(\text{мкм}) > 25 + 10 = 35(\text{мкм})$ ,

следовательно, установка возможна и допуски выбраны правильно (у детали 25 мкм, в приспособлении – 10 мкм).

Также к точностному расчету относится расчет ширины ленточки срезанного пальца. Ширина может быть определена по формуле (29):

$$2 \cdot e = \frac{D_2 \cdot S_{min}}{2 \cdot c} - c = \frac{40 \cdot 0,009}{0,115} - 0,0575 = 3,07 \text{ (мм)} \quad (29)$$

где  $S_{min} = 9(\text{мкм})$  – минимальный зазор в сопряжении срезанный палец – отверстие,

$D_2 = 40$  (мм) – диаметр отверстия.

$$2 \cdot c = TL_{дет} + TL_{плит.} - S_{min} = 140 + 25 - 50 = 115 \text{ (мкм)},$$

ПО ГОСТ 12210-66 принимаем ширину ленточки равной 1,6 мм.

Погрешность от сил закрепления равна 0, так как сила закрепления действует в плоскости, перпендикулярной рассматриваемому размеру.

Погрешность установки приспособления принимается равной нулю, так как вся партия заготовок обрабатывается на одном и том же приспособлении, следовательно, данная погрешность может быть скомпенсирована наладкой станка.

Погрешность сборки приспособления равна допуску на межосевое расстояние установочных пальцев, а именно 10 мкм.

«Погрешность износа определяется по формуле (30):

$$\varepsilon_{\text{изн}} = U_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \quad (30)$$

где  $U_0$  – значение среднего износа установочных элементов при контакте с заготовкой (до 100000 раз),

$k_1$  – коэффициент, учитывающий материал детали;

$k_2$  – коэффициент, учитывающий тип оборудования;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий условия обработки;

$k_4$  – коэффициент, учитывающий число установок» [10, с.85].

$$\varepsilon_{\text{изн}} = U_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = 50 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1 = 46 \text{ мкм.}$$

Общая погрешность приспособления  $\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{0^2 + 3 \cdot 46^2 + 10^2} = 47$  мкм;

Общая погрешность обработки равна:  $\varepsilon_0 = \sqrt{70^2 + 0^2 + 47^2} = 85$  мкм

Так как  $\varepsilon_0 = 146 < T = 400$ , то точность обработки заготовок на данном приспособлении будет обеспечена.

### 3.2 Проектирование инструмента

Проектируемый режущий инструмент – метчик для нарезания резьбы М8-7Н в сквозных отверстиях.

Исходными данными для проектирования инструмента являются: материал детали – сталь Х12М ГОСТ 5950-2000. Механические свойства стали – НВ=217...228 (нарезание резьбы до термообработки детали),  $\sigma_b = 710$  МПа; резьба М8-7Н, шероховатость Ra3,2. Шаг резьбы крупный

$p=1,25$  мм. Средний диаметр резьбы  $D_2 = 7,188^{+0,335}$  мм, внутренний диаметр резьбы  $D_1 = 6,647^{+0,224}$  мм. Глубина нарезаемой резьбы – 12 мм ( $l/d < 1.5$ ); тип производства – среднесерийный. Станок, на котором выполняется обработка, - вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ ФС65МФ3. Мощность привода главного движения станка – 7 кВт, наибольший крутящий момент на шпинделе – 150 Нм; материал режущей части инструмента - быстрорежущая сталь с износостойким покрытием.

По исходным данным для нарезания резьбы в отверстии применяем метчик с прямыми стружечными канавками. Для нарезания резьбы используем одинарно-генераторную схему, то есть схему, при которой каждый зуб метчика срезает стружку разной ширины  $b_z$ , но одинаковой толщины  $a_z$ .

Исходя из шага нарезаемой резьбы и обрабатываемого материала принимаем число перьев метчика  $z=3$ . Предельный крутящий момент при нарезании резьбы (31):

$$M = C_m d^q p^y K_M K_3 = 0,27 \cdot 8^{1,4} \cdot 1,25^{1,5} \cdot 1,4 \cdot 3 = 29 \text{ Нм} \quad (31)$$

где  $d = 8$  мм – номинальный диаметр нарезаемой резьбы,

$p = 1,25$  мм – шаг нарезаемой резьбы.

$C_m = 0,27, q = 1.4, y = 1,5, K_M = 1.7, K_3 = 3$  – эмпирические коэффициенты, учитывающие условия работы инструмента.

Предельное значение крутящего момента для метчика М8 – 11,4 Нм [1, с. 17]. Так как полученное при расчете значение больше, то для нарезания резьбы используем комплект из двух метчиков (черновой и чистовой). Исходя из класса точности резьбы (7Н) степень точности метчика – 4. Нижнее отклонение среднего диаметра метчика (32):

$$eid_2 = +0.3TD_2 = +0.7 \cdot 0.335 = +0.23 \text{ мм} \quad (32)$$

Средний диаметр резьбы для чистового метчика (33):

$$d_2 = (7,188 + 0,23 + 0,025) - 0,025 = 7.418_{-0.025} \text{ мм} \quad (33)$$

Верхнее отклонение на средний диаметр метчика (34):

$$esd_2 = Td_2 + eid_2 = 0.23 + 0.025 = 0.255\text{мм} \quad (34)$$

Гарантированный запас на износ по среднему диаметру (35):

$$\Delta_2 = esd_2 - eid_2 = 0.255 - 0.23 = 0.025\text{мм} \quad (35)$$

Нижнее отклонение наружного диаметра метчика (36):

$$eid = 0.4Td_2 = 0.4 \cdot 0.23 = 0.092\text{мм} \quad (36)$$

Допуск на наружный диаметр метчика (37):

$$Td = 0.3 \cdot Td_2 = 0.3 \cdot 0.23 = 0.069\text{мм} \quad (37)$$

Наружный диаметр метчика:  $d = (d + eid + Td) - Td = (8 + 0.092 + 0.069) - 0.069 = 8.023_{-0.069}$  мм [1, с. 43]. Внутренний диаметр метчика:  $d_1 = D_1 = 6.647$  мм.

Наружный диаметр чернового метчика (38):

$$d' = 8.023 - 0.25 \cdot 1.25 = 7.71\text{мм} \quad (38)$$

Допуск на наружный диаметр чернового метчика (39):

$$Td = \frac{0.25P}{2.5} = \frac{0.25 \cdot 1.25}{2.5} = 0.125\text{мм} \quad (39)$$

Средний диаметр чернового метчика:  $d'_2 = d_2 - 0.1P = 7.188 - 0.1 \cdot 1.25 = 7.063\text{мм}$ . Допуск на этот диаметр принимаем по Н9 - +0,036 мм.

Внутренний диаметр чернового метчика (40):

$$d'_1 = d_1 - 0.1\sqrt{P} = 6.647 - 0.1\sqrt{1.25} = 6.535\text{мм} \quad (40)$$

Длина режущей части чистового метчика (41):

$$L = 3p = 3 \cdot 1.25 = 3.75\text{мм} \quad (41)$$

Длина режущей части чернового метчика (42):

$$L' = 7p = 7 \cdot 1.25 = 8,75 \text{ мм} \quad (42)$$

Торцовый диаметр обоих метчиков (43):

$$d_T = D_1 - 0.12 = 6.647 - 0.12 = 6.527\text{мм} \quad (43)$$

Угол заборной части конуса чернового метчика (44):

$$\varphi' = \arctg((d - d_T)/2L) = \arctg\left(\frac{7.71-6.527}{2 \cdot 8.75}\right) = 3^\circ 52' \quad (44)$$

Угол заборной части конуса чистового метчика (45):

$$\varphi = \arctg((d - d_T)/2L) = \arctg\left(\frac{8.023-6.527}{2 \cdot 3.75}\right) = 11^\circ 15' \quad (45)$$

Диаметр сердцевины чернового метчика (46):

$$d'_c = 0.39 \cdot d = 0.39 \cdot 7.71 = 3\text{мм} \quad (46)$$

Диаметр сердцевины чистового метчика (47):

$$d_c = 0.39 \cdot d = 0.39 \cdot 8.023 = 3.13\text{мм} \quad (47)$$

Длину калибрующей части принимаем равной  $L_2 = 10 \text{ мм}$ .

Ширина пера чернового метчика (48):

$$b' = 0.31d = 0.31 \cdot 7.71 = 2.39 \text{ мм} \quad (48)$$

Ширина пера чистового метчика (49):

$$b = 0.31d = 0.31 \cdot 8,023 = 2,49 \text{ мм} \quad (49)$$

Угол скоса перьев на режущей части чернового метчика (50):

$$\lambda_1 = \arctg \left( \frac{0.6b}{L+p} \right) = \arctg \left( \frac{0.6 \cdot 2.39}{8.75+1.25} \right) = 8^\circ \quad (50)$$

Угол скоса перьев на режущей части чистового метчика (51):

$$\lambda_2 = \arctg \left( \frac{0.6b}{L+p} \right) = \arctg \left( \frac{0.6 \cdot 2.49}{3.75+1.25} \right) = 16^\circ \quad (51)$$

Для обоих метчиков принимаем среднее значение:  $\lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = \frac{8+16}{2} = 12^\circ$ .

Значение переднего угла принимаем равным  $\gamma = 13^\circ$ , заднего -  $\alpha = 11^\circ$  для обоих метчиков.

Величина падения затылка на наибольшем диаметре режущей части (52):

$$K = \frac{\pi d}{z} \operatorname{tg} \alpha = \frac{3.14 \cdot 8.023}{3} \operatorname{tg}(11) = 1.63 \text{ мм} \quad (52)$$

Принимаем величину падения затылка равной 1,5 мм. Тогда фактическое значение заднего угла (53):

$$\alpha = \arctg \left( \frac{Kz}{\pi d} \right) = \arctg \left( \frac{1.5 \cdot 3}{3.14 \cdot 8.023} \right) = 10^\circ 8' \quad (53)$$

Величина падения второго затылка (шлифованной части) принимаем равной  $K_2=0,05$  мм.

Диаметр хвостовика метчиков:  $d_3 = d_1 - 0.025 = 8.023 - 0.55 \approx 7\text{мм}$ .

Принимаем диаметр хвостовика равным 7 мм.

Размер квадрата на хвостовике:  $a = d - 2 = 8 - 2 = 6\text{ мм}$  [1, с. 44].

Высота квадрата:  $h = a + 3 = 6 + 3 = 9\text{ мм}$  [1, с. 44].

По ГОСТ 3266-81 «Метчики машинные и ручные» принимаем длину метчика равной 72 мм.

Смещение заднего центра резьбошлифовального станка для создания обратной конусности ( $\sim 0.1\text{ мм}$ ) на условной длине резьбы 100 мм (54):

$$s = \frac{LK}{100} = \frac{72 \cdot 0.1}{100} = 0.072\text{мм} \quad (54)$$

Метчик выполнен цельным из быстрорежущей стали с нанесенным износостойкого покрытия. Покрытия TiCN–карбонитрид титана. Толщина покрытия – 2...5 мкм. Данное покрытие хорошо подходит для обработки вязких сталей и деталей с высокой твёрдостью, однако этому покрытию требуется охлаждение. Выполнять конструкцию сварной (режущая часть – быстрорежущая сталь, хвостовик – углеродистая сталь) нет возможности из-за малого диаметра инструмента.

Для закрепления метчика на станке на хвостовике метчика выполнен квадрат под переходную втулку, которая и устанавливается в шпиндель станка.

Метчик выполнен с прямыми стружечными канавками, так как отверстие, в котором нарезается резьба, сквозное и трудностей с отводом стружки нет.

Зубья метчика имеют двойную затыловку, также выполнена обратная конусность по длине метчика. Это уменьшает силу трения при резании, что дает возможность снизить нагрузку на инструмент и на станок.

Также на режущей части выполнена заходная часть под углом  $\varphi$  к оси инструмента. Это упрощает центрирование метчика по отверстию.

#### 4 Анализ безопасности и технологичности технического объекта

Работники цеха механической обработки сталкиваются с воздействием таких физически опасных и вредных производственных факторов, «как повышенный уровень шума, неудовлетворительные микроклиматические параметры, отсутствие или недостаток естественного света, недостаточная освещенность рабочей зоны, возможность поражения электрическим током, статическое электричество и электромагнитные излучения. Также оказывают воздействие психофизиологические факторы: умственное перенапряжение, перенапряжение зрительных и слуховых органов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки.

Воздействие указанных неблагоприятных факторов приводит к снижению работоспособности, утомлению и раздражению, появлению недомогания и болей» [3]. Снижение влияния этих факторов и сохранение здоровья и высокой работоспособности достигнуты, так как на рабочем месте соблюдаются требования СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Вредными производственными факторами являются неблагоприятные условия микроклимата (повышенная температура воздуха рабочей зоны, пониженная влажность, повышенная скорость движения воздуха). Оценка величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений приведена в таблице 22.

Таблица 22 – Оценка величин температуры

	Температура воздуха, С°		Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	на высоте 0,1м	на высоте 1,5м		на высоте 0,1м	на высоте 1,5м
Фактически	21,5	21,5	49,3	0-0,2	0,02
ПДУ	18-27	18-27	15-75	0-0,2	0,02

Суммарное действие параметров микроклимата удовлетворяет требованиям, установленным в СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

К опасным механическим факторам относятся движущиеся элементы конструкции станков, такие как стол, шпиндельная бабка и так далее. Для «безопасной эксплуатации станков и защиты обслуживающего персонала предусмотрены защитные устройства, предназначенные для ограждения движущихся механизмов, исключая возможность допуска к ним. На станках установлен предохранительный кожух, закрывающий опасные элементы. Зона обработки имеет защитное устройство, включающее в себя щиток со смотровым окном из прочного стекла, защищающего человека от вылета стружки брызг СОЖ и масел» [12]. Во время работы станка согласно ГОСТ 12.4.125-83 осуществляется контроль за состоянием зажима инструмента, контроль за давлением масла, а также предохранительными устройствами.

«Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывает психические и физиологические нарушения, снижающие работоспособность и создающие предпосылки для общих и профессиональных заболеваний и производственного травматизма. Процесс резания, работа электродвигателей, механизмов и систем станка сопровождается возникновением акустических колебаний на ультразвуковых и инфразвуковых частотах. При обработке и контроле качества изготавливаемой детали ультразвуковые установки не используются.

Все источники шума можно сгруппировать в конструкторские и технологические. Конструкторские источники шума действуют при работе станка на холостых режимах. К ним относятся электродвигатели, подшипники качения, зубчатые передачи и неуравновешенные вращающиеся части. Технологические источники связаны с самим процессом резания. На уровень технологического шума оказывают влияние режим работы, конструктивные особенности и степень износа инструмента» [12]. Оценка шума на рабочем месте приведена в таблице 23.

Таблица 23 – Уровни оценки шума на рабочем месте

Наименование производственного фактора: Шум	ПДУ	Фактический уровень производственного фактора
Эквивалентный уровень звука, дБА	80	60
Максимальный уровень звука, дБА	110	70

Уровень шума соответствует нормативным значениям. Для снижения шума и вибрации станки устанавливаются на, так называемые, виброизоляторы, которые бывают резиновыми или пружинными. Они снижают динамическую нагрузку на пол.

«Октавные уровни звукового давления и уровни на рабочем месте оператора при работе станка под нагрузкой не превышают значений, указанных в ГОСТ 12.1.003-88 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»» [12].

Эксплуатация станка связана с использованием электроэнергии. Для питания электрооборудования применяют электрический ток напряжением 380 В и частотой 50 Гц. К факторам, вызывающим электротравмы относятся: опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через человека; повышенный уровень статического электричества. Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает термическое, электролитическое и биологическое действие, вызывая местные ожоги, металлизация кожи, механические повреждения, электрофтальмию и общие электротравмы.

Защита станочника от поражения электротоком соответствует ГОСТ 12.1.019-84 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара, противопожарной защитой и организационно-техническими мероприятиями в соответствии с ГОСТ 12.1.004 – 91 и НПБ 105-03. «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования» и Типовыми правилами пожарной безопасности.

Для «тушения пожара используются углекислотные огнетушители ОУ-5, рассчитанные на 40 - 50 м<sup>2</sup>. Исходя из общей площади помещения, выбираем 11 огнетушителей.

При проектировании здания предусмотрена возможность быстрой эвакуации людей в случае возможного пожара согласно СНиП 2.09.02-85. Число эвакуационных выходов – 2, ширина дверей не менее 0,8 м, ширина участков путей эвакуации не менее 1 м. Необходимое время эвакуации людей – 5 минут.

В целях предотвращения пожаров используется аварийная вытяжная вентиляция, противодымная защита и молниезащита здания» [2].

Сборочный цех по пожарной безопасности соответствует требованиям ГОСТ 12.1.004-91 и НПБ 105-03.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы «согласно ССБТ делятся: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение зрительных анализаторов, монотония, эмоциональные перегрузки).

Станки обслуживают операторы и наладчики. Наладку и переналадку осуществляет наладчики, а подналадку, оперативную работу и контроль за работой – операторы.

Функции оператора при эксплуатации станка сводятся к установке, закреплению и выверке приспособления и инструмента на станке, установке заготовок, замене инструмента, снятию деталей и наблюдению за ходом работы станка.

Работа оператора связана с рабочей позой стоя, непостоянной ходьбой и сопровождается временным незначительным физическим напряжением и энергозатратами в пределах 121–150 ккал/ч (140–150 Вт)» [2]. В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 такая работа относится к легкой физической работе.

«Работа на станке связана с напряжением зрения во время контроля установки изделия и режущего инструмента, измерения размеров детали.

Условия работы требуют не только достаточной освещенности, но и рационального направления света, отсутствие резких теней и бликов, вызывающих слепящее действие и снижающих работоспособность.

Для освещения производственного помещения используются открытые светильники типа ОД (открытые, дневные). Станки имеют встроенные местные светильники, имеющие лампы накаливания. Светильник обеспечивает направленность светового потока для освещения зоны резания и контроля качества обработки поверхностей (60°) и необходимую освещенность. Зона резания освещается слева и сверху, что исключает направление света в глаза.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает возможность нормальной производительной деятельности, способствует росту производительности труда и улучшению качества выпускаемой продукции.

Нормирование значения коэффициента естественной освещенности на рабочих поверхностях при естественном и совмещенном освещении определяется по СНиП-11.4.1340-03» [2].

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов. Неравномерное освещение может создавать проблемы адаптации, снижая видимость. Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям. Причинами во многих случаях являются слишком низкие уровни освещенности, слепящее действие источников света и соотношение яркостей. Головные боли также могут быть вызваны пульсацией освещения.

Предприятие имеет разрешение на выброс загрязняющих веществ в атмосферу стационарными источниками загрязнений, выданное Главным управлением природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Для снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников загрязнения (автомобилей) необходимо проводить плановые мероприятия по постепенному переводу автомобильного транспорта на газовое топливо. Это позволит снизить выбросы в атмосферу более чем в три раза.

При работе двигателя на газовом топливе значительно медленнее происходит окисление масла. В связи с этим, период замены масла происходит в два раза медленнее, чем при работе на бензине. Двигатель, работающий на газе, имеет больше ресурс в 1,5 раза.

Проведение необходимых мероприятий обеспечивает соответствие выбросов в атмосферу требованиям, установленным в СанПиН 2.1.6.1032-01

«Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест».

Основными загрязняющими веществами промышленно-ливневых сточных вод являются взвешенные вещества, нефтепродукты, азот аммонийный, ионы железа, меди и цинка, сухой остаток, БПК и ХПК.

Для защиты гидросферы на предприятии должны быть разработаны следующие мероприятия: оборотное водоснабжение; активное использование заводских очистных сооружений, где промышленные сточные воды перед сбросом в городской канализационный коллектор проходят отдельную очистку (кисло-щёлочные и хромовые стоки).

При этом используются такие методы очистки, как реагентный и гальванокоагуляция. Осадок удаляется с помощью вакуумных фильтров; обезвоживание осадка очистных сооружений. Осадок из отстойника по трубе периодически перекачивается в илосборник, где он отстаивается в течение 8 часов. Затем уплотнённый осадок (влажность 97%) насосами подаётся на обработку в камеру смешивания, куда поступает флокулянт (полиакриламид). Из камеры смешивания осадок самотёком подаётся на вакуумные фильтры.

Сброс сточных вод допустим согласно нормативному документу СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод».

Для обеспечения экологической безопасности и техники безопасности при сборе, транспортировке и хранении отходов на предприятие должна действовать инструкция по экологической безопасности, руководствуясь которой должны работать подразделения предприятия. Данная инструкция устанавливает порядок сбора и хранения (складирования) отходов производства, сдачи их на переработку или размещения на площадке временного хранения токсичных промышленных отходов.

Радикальное решение проблемы защиты земель от отходов возможно при разработке новых технологий и малоотходных производств.

«Промышленные отходы классифицируются по агрегатному состоянию на твёрдые (металлы, пластмасса, резина и др.) и пастообразные (шламы очистных сооружений сточных вод, краски и др.).

По степени опасности для окружающей среды их разделяют на два вида: нетоксичные (неопасные, нейтральные для окружающей среды) и токсичные (делятся на четыре класса по степени опасности).

Действия с токсичными отходами производятся в соответствии с Санитарными правилами «Порядок накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов» [6, с. 155–159].

«Природопользователь обязан организовать сбор, временное хранение токсичных отходов на территории предприятия, рассчитать норматив образования отходов, согласовать лимит на разрешение отходов с территориальными органами Госсанэпиднадзора и составить паспорт опасных отходов» [6, с. 155–159]. Нетоксичные промышленные отходы используются для «засыпки оврагов, при строительстве дорог и дамб. Часть токсичных отходов, слаборастворимых в воде 3 и 4 классов опасности допускается для совместного складирования и сжигания с твёрдыми бытовыми отходами при условии соблюдения санитарно-гигиенических требований.

Основная номенклатура токсичных производственных отходов в соответствии со СНиП 2.01.28-85 подвергается обработке на специальном региональном полигоне. На этом полигоне осуществляют сбор токсичных отходов на предприятиях, их транспортировку, приём, учёт, обезвреживание и захоронение.

Временное хранение токсичных отходов должно быть организовано на территории предприятия» [6, с. 155–159] (в районе очистных сооружений), отработанные шины хранятся на открытой площадке гаража; отработанные аккумуляторы – в закрытом помещении на территории гаража; отработанные люминесцентные лампы хранятся в закрытом помещении на территории хоздвора в деревянных и картонных ящиках по 20–100 штук в каждом.

В ходе выполнения данного раздела проанализированы вредные производственные факторы, приводящие к профессиональным заболеваниям у станочников, а также вредные выбросы и отходы, и описаны методы их правильной утилизации и обращения с ними.

## 5 Экономическая эффективность работы

Стоимость оборудования цеха определяется по формуле (55):

$$S_{об} = \sum_{j=1}^m C_i \cdot C_j \cdot K_d \quad (55)$$

где  $C_i$  – цена единицы  $j$ -ого вида оборудования;

$C_j$  – количество единиц  $j$ -ого вида оборудования;

$m$  – номенклатура применяемого оборудования в цехе;

$K_d$  – коэффициент, учитывающий затраты на доставку и монтаж оборудования.

( $K_d = 1,05-1,1$ ).

$$S_{об} = 23500 \cdot 2 \cdot 1,1 + 29000 \cdot 1 \cdot 1,05 + 9000 \cdot 1 \cdot 1,05 + 11000 \cdot 1 \cdot 1,05 + 16000 \cdot 1 \cdot 1,1 = 120750 \text{ (тыс. руб.)}$$

Определение расчетного количества станков, необходимого для обработки партии деталей-представителей  $C_{расч.i}$  и расчетного количества станков необходимого на участке  $C_{расч.i.уч.}$  проводится по каждой операции технологического процесса по формуле (56):

$$C_p = \frac{\sum t_{шт.к.i}}{\tau_p \cdot K_{и}} \quad (56)$$

где  $t_{шт.к.i}$  – штучно-калькуляционное время для каждой  $i$ -ой операции спроектированного технологического процесса,

$\tau_p$  – расчетный такт выпуска деталей,

$K_{и}$  – коэффициент, учитывающий непрогнозируемые простои оборудования, связанные с поломками, перебоями энергии и т.д.

Результаты расчетов приведены в таблицу 24.

Принятое число оборудования получается округлением в большую сторону расчетного числа оборудования.

Таблица 24 – Расчет потребности в оборудовании

Операция	Модель оборудования	$K_u$	$C_{расч.и}$	$C_{пр}$	$K_z$	Норма времени на операцию, мин	$N_{з.уч.}$ , шт
010	Huundai HSY250	0,8	0,037	1	3,7	2,45	3000
015	Huundai HSY250	0,85	0,062	1	6,2	4,3	
020	Schaublin 48V	0,8	0,048	1	4,8	3,156	
025	6P13	0,85	0,033	1	3,3	2,28	
035	3A151	0,85	0,028	1	2,8	1,94	
040	6P13Ф3	0,85	0,018	1	1,8	1,25	

Принятое число оборудования получается округлением в большую сторону расчетного числа оборудования.

Расчет коэффициента загрузки производится по формуле (57):

$$K_{з.и.уч.} = \frac{C_{р.и.уч.}}{C_{н.и.уч.}} \quad (57)$$

где  $C_{р.и.уч.}$  и  $C_{н.и.уч.}$  – расчетно и принятое число оборудования соответственно.

Смета затрат на технологическое оборудование приведена в таблице 25.

Таблица 25 – Смета затрат на оборудование

Наименование	Модель	$C_{пр}$	Габариты (Д x Ш x В), мм	Цена единицы оборудования, т.р.	Стоимость оборудования, т.р.
Токарный с ЧПУ	Huundai HSY250	1	4170x1997x2002	23500	23500
Токарный с ЧПУ	Huundai HSY250	1	4170x1997x2002	23500	23500
Вертикальный обарбатывающий центр с ЧПУ	Schaublin 48V	1	1530x2212x2088	29000	29000
Вертикально-фрезерный	6P13	1	2560x2260x2120	9000	9000
Круглошлифовальный	3A151	1	3100x2100x1500	11000	11000
Вертикально-фрезерный с ЧПУ	6P13Ф3	1	3450x3970x2965	16000	16000

Стоимость вспомогательного оборудования принимаются по данным предприятия, а при их отсутствии можно рассчитать укрупнено в процентах от стоимости основного технологического оборудования: транспортные средства – 3%, производственный инвентарь – 2–3%, инструмент со сроком службы свыше одного года – 4% ÷ 5%, контрольно-измерительные приборы и аппаратура – 4–5%.

Стоимость зданий рассчитывается исходя из планировки цеха, участка, количества и габаритных размеров оборудования, транспортных средств, проходов, проездов, а также наличия вспомогательных, конторских и бытовых помещений.

Стоимость зданий, занимаемого оборудованием, рассчитывается по формуле (58):

$$K_{\text{пр.}} = C_{\text{пр.}} \cdot S \cdot \gamma \quad (58)$$

где  $C_{\text{пр.}}$  – средняя стоимость 1м<sup>2</sup> производственного помещения, занимаемого оборудованием (принимается равной 12000 руб./м<sup>2</sup>),  
 $S$  – габаритные размеры станка (длина×ширина), м<sup>2</sup>,  
 $\gamma$  – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь.

Результаты расчета приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Расчет площади, занимаемой оборудованием

Наименование	Модель	$C_{\text{пр}}$	$S$ , м <sup>2</sup>	$\gamma$	$K_{\text{пр.}}$ , т.р.
Токарный с ЧПУ	Huyn dai HSY250	1	8,33	3,5	29,15
Токарный с ЧПУ	Huyn dai HSY250	1	8,33	3,5	29,15
Вертикальный обарбатывающий центр с ЧПУ	Schaublin 48V	1	3,38	4,5	15,21
Вертикально-фрезерный	6P13	1	5,79	2,5	14,47
Круглошлифовальный	3A151	1	6,51	4,5	29,29
Вертикально-фрезерный с ЧПУ	6P13Ф3	1	13,69	4,0	54,76

Суммарная стоимость  $\sum K_i = 2064,36$  тыс. руб.

Производственная площадь, приходящаяся на одного рабочего-сборщика в сборочном цехе, принимается в пределах 15–25 м<sup>2</sup>.

Площадь вспомогательных помещений (мастерская для слесарей, электриков, кладовые, заточная мастерская и др.) принимается в пределах 25–30 % от производственной площади.

Площадь конторских и бытовых помещений принимается в пределах 25–30 % от производственной площади.

По итогам расчета капитальных вложений в проектируемый цех (участок) составляется сводная ведомость (таблица 27).

Таблица 27 – Стоимость основных фондов

Наименование групп основных фондов	Сумма, тыс. руб.	Удельный вес, %
Здания:		
а) производственного назначения;	а) 2064,36	а) 1,6
б) вспомогательных помещений;	б) 619,3	б) 0,5
в) бытового назначения	в) 516,09	в) 0,4
Машины и оборудование	120750	85
Транспортные средства и передаточные устройства	3622,5	2,6
Контрольно-измерительные приборы и аппаратура	5433,75	3,9
Инструменты и приспособления	6037,5	4,3
Производственный и хозяйственный инвентарь	2415	1,8
Итого:	141458,5	100

Все затраты на производство продукции в цехе подразделяются на прямые и косвенные. В состав прямых затрат на производство отдельных видов продукции включают: затраты на основные и вспомогательные материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих с отчислениями на социальное страхование, топливо и энергия на технологические цели, затраты на инструмент и приспособления специального назначения.

Косвенные затраты включают: расходы на содержание и эксплуатацию оборудования; цеховые расходы.

Эти расходы распределяются на себестоимость единицы продукции пропорционально основной заработной плате рабочих по соответствующим коэффициентам.

Затраты на основные материалы и покупные изделия и полуфабрикаты на одно изделие определяются по формуле (59):

$$M = \left( \sum_1^n m_M \cdot C_M + \sum_1^p C_{пф} \right) \cdot K_{тз} - \sum_1^r m_0 \cdot C_0 \quad (59)$$

где  $m_M$  – норма расхода основного материала на единицу продукции, кг;

$C_M$  – цена единицы основного материала, руб./кг;

$n$  – число позиций в номенклатуре основных материалов, входящих в изделие;

$C_{пф}$  – цена комплектующего изделия и полуфабриката, руб.;

$p$  – число позиций в номенклатуре комплектующих изделий и полуфабрикатов, входящих в изделие;

$m_0$  – количество реализуемых отходов на единицу продукции, кг;

$C_0$  – цена реализации единицы отходов, руб./кг;

$r$  – число позиций в номенклатуре отходов;

$K_{тз}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы ( $K_{тз} = 1,05 \dots 1,1$ ).

$$M = \left( \sum_1^n m_M \cdot C_M + \sum_1^p C_{пф} \right) \cdot K_{тз} - \sum_1^r m_0 \cdot C_0 = (1,37 \cdot 80 + 0) \cdot 1,05 - 0,54 \cdot 55 = 85,38(\text{руб}).$$

Годовой расход силовой электроэнергии определяется исходя из установленной мощности оборудования и времени его работы по формуле (60):

$$W_c = \frac{N_{уст.} \cdot F_{эф.} \cdot K_3 \cdot K_{од.}}{\eta_c \cdot \eta_э} \quad (60)$$

где  $N_{уст.}$  – установленная мощность электродвигателей всего оборудования, кВт;

$F_{эф.}$  – эффективный годовой фонд времени работы оборудования с учетом сменности и потерь, ч.;

$K_3$  – средний коэффициент загрузки оборудования по цеху;

$K_{од.}$  – коэффициент одновременности работы электродвигателей оборудования ( $K_{од.} = 0,6 \dots 0,7$ );

$\eta_c$  – коэффициент, учитывающий потери в сети ( $\eta_c = 0,7$ );

$\eta_э$  – коэффициент полезного действия электродвигателей ( $\eta_э = 0,95$ ).

$$W_c = \frac{25,3 \cdot 4060 \cdot 0,04 \cdot 0,6}{0,96 \cdot 0,95} = 2703,1 \text{ (кВт}\cdot\text{ч)}.$$

Годовые затраты на силовую электроэнергию составят (61):

$$S_э = W_c \cdot Ц_э \quad (61)$$

где  $Ц_э$  – цена 1 кВт·часа электроэнергии принимается по данным предприятия и может находиться в пределах 4,5 руб./кВт·ч.

$$S_э = 2703,1 \cdot 4,5 = 12,163 \text{ (тыс. руб.)}.$$

Расход электроэнергии для освещения определяется по формуле (62):

$$W_0 = \frac{W_y \cdot t \cdot V}{1000} \cdot K_d \quad (62)$$

где  $W_y$  – удельный расход электроэнергии на освещение (при норме 15 Вт·ч на  $1\text{ м}^2$ );

$t$  – продолжительность освещения в год, час;

$V$  – площадь цеха,  $\text{м}^2$  (принимается равной 200 кв.м).

$K_d$  – коэффициент, учитывающий расход электроэнергии на дежурное освещение.

$$W_0 = \frac{15 \cdot 2400 \cdot 200}{1000} \cdot 1,2 = 7,2 \text{ (кВт}\cdot\text{ч)}.$$

Для средней полосы продолжительность освещения в год составляет 2400 ч. при двухсменном режиме работы.

Годовые затраты на освещение составят  $S_{осв.} = W_0 \cdot Ц_э = 7,2 \cdot 4,5 = 3,24$  (тыс. руб.).

Состав и общее количество работающих, участвующих в работе цеха, участка составляют производственные рабочие, вспомогательные рабочие,

инженерно-технические работники, специалисты других направлений, младший обслуживающий персонал.

При укрупненных расчетах количество рабочих определяется по формуле (63):

$$P_{\text{ст.}} = \frac{F_{\text{д.о.}} \cdot K_{\text{з.ср.}} \cdot m \cdot \sum C_{\text{д}}}{F_{\text{д.р.}} \cdot K_{\text{м}}} = \frac{2030 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 6}{2070 \cdot 2} = 5,11 \approx 6 \text{ (чел)} \quad (63)$$

где  $\sum C_{\text{д}} = 6$  – количество оборудования на участке,

$m = 2$  – число смен,

$K_{\text{з.ср.}} = 0,7$  – средний коэффициент загрузки на участке,

$F_{\text{д.о.}} = 2030$  (ч.) – годовой фонд времени работы оборудования,

$F_{\text{д.р.}} = 2070$  (ч.) – годовой фонд времени работы рабочего,

$K_{\text{м}} = 2$  – коэффициент многостаночного обслуживания.

Число наладчиков определяется по формуле:

$$P_{\text{н}} = 0,25 \cdot C_{\text{чпу}} + 0,14 \cdot C_{\text{нчпу}} \quad (64)$$

где  $C_{\text{чпу}} = 4$  – число станков с ЧПУ,

$C_{\text{нчпу}} = 2$  – число станков без ЧПУ.

$$P_{\text{н}} = 0,25 \cdot 4 + 0,14 \cdot 2 = 1,28 \approx 2 \text{ (ч.)}$$

Определение количества слесарей (65):

$$P_{\text{сл}} - P_{\text{сл}} = 0,05 \cdot (P_{\text{ст}} + P_{\text{нал}}) = 0,05 \cdot (6 + 2) = 0,4 \approx 1 \text{ (чел.)} \quad (65)$$

Общее число основных рабочих равно сумме рабочих-станочников, наладчиков и слесарей:  $P_{\text{осн.}} = P_{\text{ст.}} + P_{\text{н.}} + P_{\text{сл.}} = 6 + 2 + 1 = 9$  (чел.).

Численность вспомогательных рабочих определяется в процентном соотношении от числа основных рабочих по формуле (66):

$$P_{\text{всп.}} \approx 0,1 \cdot P_{\text{осн.}} = 0,1 \cdot 9 = 0,9 \approx 1 \text{ (чел.)} \quad (66)$$

Численность инженерно-технических работников определяется в зависимости от числа оборудования на участке по зависимости (67):

$$P_{\text{и.т.р.}} \approx 0,2 \cdot \sum C_{\text{д}} = 0,2 \cdot 6 = 1,2 \approx 2 \text{ (чел.)} \quad (67)$$

По результатам расчетов составлена ведомость работающих, представленная в таблице 28.

Таблица 28 – Ведомость работающих.

Категории работающих	Число работающих
Основные производственные рабочие	9
Вспомогательные рабочие	1
ИТР	2
Специалисты	1
МОП	1
Итого	14

Годовой фонд заработной платы цеха складывается из фонда основной заработной платы производственных рабочих; фонда заработной платы вспомогательных рабочих; фонда заработной платы инженерно-технических работников; фонда заработной платы специалистов; фонда заработной платы МОП; дополнительной заработной платы (20 %) по всем категориям; страховые взносы по всем категориям. Годовой фонд основной заработной платы производственных рабочих может быть подсчитан по сдельной расценке на обработку одной детали и количеству деталей, подлежащих обработке в год.

Сдельная расценка на 1 деталь определяется по формуле (68):

$$P_{\text{сд.}} = \frac{C_i \cdot t_i}{60} \text{ руб./шт.} \quad (68)$$

где  $C_i$  – часовая тарифная ставка рабочего соответствующего разряда на обработку  $i$ -той детали (240 руб. – 5й разряд; 220руб. – 3й разряд);

$N_{\text{выр}}$  – норма выработки деталей в час, шт;

$t_i$  – норма времени на обработку  $i$ -той детали, мин.

$$P_{\text{сд}} = \frac{220 \cdot 2,45 + 240 \cdot 4,3 + 220 \cdot 3,156 + 220 \cdot 2,28 + 240 \cdot 1,94 + 220 \cdot 1,25}{60} = 59,5 \text{ (руб.)}$$

Годовой (тарифный) фонд основной заработной платы производственных рабочих определяется по формуле (69):

$$\Phi_{\text{тар.сд.}} = \sum_1^m P_i \cdot N_i \quad (69)$$

где  $P_i$  – сдельная расценка на обработку  $i$ -той детали, руб/шт;

$N_i$  – годовая программа выпуска  $i$ -той детали, шт;  $m$  – номенклатура деталей.

$$\Phi_{\text{тар.сд.}} = 59,5 \cdot 3000 = 17,85 \text{ (тыс. руб.)}$$

Годовой фонд основной заработной платы вспомогательных рабочих определяется по повременной системе оплаты труда по формуле (70):

$$\Phi_{\text{тар.повр.}} = R_{\text{сп.}} \cdot C_{\text{ср.}} \cdot F_{\text{эф.раб.}} = 1 \cdot 70 \cdot 1840 = 12,88 \text{ (тыс. руб.)} \quad (70)$$

где  $R_{\text{сп.}}$  – списочное число вспомогательных рабочих;

$C_{\text{ср.}}$  – средняя часовая тарифная ставка вспомогательных рабочих;

$F_{\text{эф.раб.}}$  – эффективный годовой фонд времени рабочего, ч ( $F_{\text{эф.раб.}} = 1840$  ч.).

Годовой фонд основной заработной платы производственных рабочих определяется по повременной системе оплаты труда по формуле (71):

$$\Phi_{\text{тар.повр.}} = R_{\text{пр.}} \cdot C_{\text{ср.}} \cdot F_{\text{эф.раб.}} \quad (71)$$

III разряд:  $\Phi_{\text{тар.повр.}} = R_{\text{пр.}} \cdot C_{\text{ср.}} \cdot F_{\text{эф.раб.}} = 4 \cdot 220 \cdot 1840 = 1619,2 \text{ (тыс. руб.)}$

IV разряд:  $\Phi_{\text{тар.повр.}} = R_{\text{пр.}} \cdot C_{\text{ср.}} \cdot F_{\text{эф.раб.}} = 2 \cdot 240 \cdot 1840 = 883,2 \text{ (тыс. руб.)}$

Дополнительная заработная плата составляет 15–20 % от основной заработной платы по всем категориям работающих.

Страховые взносы составляет 30% от суммы основной и дополнительной заработной платы всех категорий работающих.

Вся заработная плата вспомогательных рабочих, руководителей, инженерно-технических работников, специалистов и младшего обслуживающего персонала цеха включается в состав цеховых расходов.

Составляется смета расходов по содержанию и эксплуатации оборудования цеха за год. В составе РСО учитываются: амортизация оборудования, ремонт и техобслуживание оборудования, потребляемое оборудованием топливо и энергия, стоимость вспомогательных материалов и т.д. Затем рассчитывается коэффициент  $K_{рсо}$  как отношение суммы расходов по содержанию и эксплуатации оборудования по смете к основной зарплате производственных рабочих цеха за год, умноженное на 100%. Сумма РСО, включаемая в себестоимость детали определяется по формуле (72):

$$S_{рсо} = (K_{рсо} / 100) \cdot Z_{осн} \quad (72)$$

Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования за год:

$$S_{рсо \text{ год.}} = S_{ам.об.} + S_{рем.об.} + S_{топ.и \text{ эн.}},$$

где  $S_{ам.об.}$  - амортизация оборудования;

$$S_{ам.фр.} = \frac{N_{ам.об.}}{100} \cdot S_{об} = \frac{20}{100} \cdot 120750 = 24150 \text{ тыс. руб.}$$

$S_{рем.об.}$  - ремонт и техобслуживание оборудования (5% от стоимости оборудования),  $S_{рем.об.} = 6037,5$  (тыс. руб);

$S_{эн.}$  - потребляемое оборудованием топливо и энергия (3%...4% от стоимости оборудования),  $S_{эн.} = 3622,5$  (тыс. руб);

$$S_{рсо \text{ год.}} = 24150 + 6037,5 + 3622,5 = 33810 \text{ тыс. руб.}$$

Коэффициент расходов по содержанию и эксплуатации оборудования (73):

$$K_{рсо} = \frac{S_{рсо \text{ год.}}}{Z_{осн \text{ год}}} \cdot 100\%, \quad (73)$$

где  $Z_{осн \text{ год}}$  – основная зарплата производственных рабочих цеха за год.

$$K_{\text{PCO}} = \frac{33810}{30,73} \cdot 100\% = 110\%.$$

Сумма PCO, включаемая в себестоимость детали:  $S_{\text{PCO}} = \frac{110}{100} \cdot 30,73 = 33,81$  руб.

Составляется смета цеховых накладных расходов за год, где учитываются: амортизация цеховых зданий, их ремонт и техобслуживание, отопление, освещение и пр. содержание зданий цеха, зарплата аппарата управления цехом со всеми начислениями, расходы по технике безопасности и др. Затем рассчитывается коэффициент  $K_{\text{цнр}}$  как отношение суммы цеховых накладных расходов по смете к основной зарплате производственных рабочих цеха за год, умноженное на 100%. Сумма ЦНР, включаемая в себестоимость детали определяется (74):

$$S_{\text{цнр}} = (K_{\text{цнр}} / 100) \cdot Z_{\text{осн}}. \quad (74)$$

Цеховые накладные расходы за год (75):

$$S_{\text{цнр год}} = S_{\text{ам.зд.}} + S_{\text{осв.}} + S_{\text{зарп.ап.упр.}} + S_{\text{тех.без.}}, \quad (75)$$

где  $S_{\text{ам.зд.}}$  – амортизация цеховых зданий.

$$S_{\text{ам.зд.}} = \frac{N_{\text{ам.зд.}}}{100} \cdot S_{\text{зд.}} = \frac{2,5}{100} \cdot 2064,36 = 51,6 \text{ (тыс. руб.)}$$

$S_{\text{отоп.и осв.}}$  – отопление и освещение цеха,  $S_{\text{отоп.и осв.}} = 15,4$  тыс. руб;

$S_{\text{зарп.ап.упр.}}$  – зарплата аппарата управления цехом со всеми начислениями,  $S_{\text{зарп.ап.упр.}} = 39,95$  тыс. руб (+ 30%);

$S_{\text{тех.без.}}$  – расходы по технике безопасности;  $S_{\text{тех.без.}} = 30$  тыс. руб.

$$S_{\text{цнр год}} = 51,6 + 15,4 + 39,95 + 30 = 136,95 \text{ (тыс. руб.)}$$

Коэффициент цеховых накладных расходов (76):

$$K_{\text{цнр}} = \frac{S_{\text{цнр год}}}{Z_{\text{осн год}}} \cdot 100\% \quad (76)$$

где  $Z_{\text{осн год}}$  – основная зарплата производственных рабочих цеха за год.

$$K_{\text{цнр}} = \frac{136,95}{30,73} \cdot 100\% = 145 \%$$

Сумма ЦНР, включаемая в себестоимость детали:  $S_{\text{цнр}} = \frac{145}{100} \cdot 30,73 = 44,55$  руб.

Различают цеховую, производственную и полную себестоимость продукции.

Себестоимость годового выпуска продукции может быть рассчитана двумя способами:

- путем определения затрат по каждой статье расходов на весь годовой выпуск продукции;
- путем определения себестоимости единицы продукции каждого вида и умножения на годовой выпуск по формуле (77):

$$S = \sum_{i=1}^n N_i S_i \quad (77)$$

где  $N_i$  – годовой объем выпуска продукции  $i$ -го вида (наименования);

$S_i$  – себестоимость единицы продукции  $i$ -го вида (наименования);

$n$  – количество наименований продукции по годовой программе.

$$S = 247,8 \cdot 3000 = 743\,400 \text{ руб.}$$

Расчет себестоимости показан в таблице 29.

Таблица 29 – Калькуляция себестоимости единицы продукции

Наименования статей расходов	Значение, руб.
Основные материалы за вычетом реализуемых отходов	85,48
Покупные полуфабрикаты и комплектующие изделия	0
Основная заработная плата производственных рабочих	10,24
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	1,75
Страховые взносы	30,7
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	33,81
Цеховые расходы	44,55
Цеховая себестоимость	206,53
Внепроизводственные расходы (+20%)	41,3
Полная себестоимость	247,8

## Заключение

В ходе выполнения данной работы была проведена технологическая подготовка производства детали «Пуансон».

В технологической части дипломного проекта проанализировано служебное назначение детали и технические условия на её изготовление. Дана оценка технологичности конструкции детали (качественная и количественная), выявлены нетехнологичные элементы и предложены варианты их улучшения. Спроектирована заготовка, выбран и обоснован метод и способ её получения. Рассчитаны припуски на механическую обработку детали (табличным и расчетно-аналитическим методом). Разработан маршрут обработки детали, дана характеристика применяемого оборудования. Для операций технологического процесса проведен расчет режимов резания и их нормирование. Выбраны методы и средства операционного и окончательного контроля.

В конструкторской части дипломного проекта спроектировано приспособление для операции механической обработки. Выполнен ряд расчетов: силовой расчет, прочностной расчет и расчет на точность установочных элементов приспособления. Также спроектирован режущий инструмент для обработки одного из элементов детали. Выполнен рабочий чертеж инструмента, определены основные параметры его режущей части, покрытие режущей части.

В организационно-экономической части дипломного проекта определена величина капитальных вложений в основные фонды, выполнен расчет себестоимости выпускаемой продукции. Сделаны выводы об экономической эффективности производства.

В разделе, посвященном охране труда и экологии, проведен анализ отходов, выбрасываемых в окружающую среду, определено их воздействие на воздух, воду. Сделаны выводы о соответствии всех параметров стандартам в области охраны труда и экологии.

## Список использованных источников и используемых источников

1. Базров Б. М. Основы технологии машиностроения : учебник 2-е изд. Москва : Машиностроение, 2007. 736 с.
2. Воздействие указанных неблагоприятных факторов приводит к снижению работоспособности, утомлению и раздражению, появлению недомогания и болей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mylektsii.ru/5-86760.html>.
3. Выжигин А.Ю., Кондаков Н.С. Профессиональные требования к организации рабочего места пользователя с целью обеспечения комфортности работы на персональном компьютере [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25354154&pff=1>.
4. Зубарев Ю. М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку : учебное пособие. : Санкт-Петербург: Лань, 2016. 256 с.
5. Зубарев Ю. М. Технология автоматизированного машиностроения. Проектирование и разработка технологических процессов : учебное пособие. : Юрьев; Санкт-Петербург : Лань, 2020. 312 с.
6. Каракеян В.И. Безопасность жизнедеятельности: учебник и практикум для вузов / В.И. Каракеян, И.М. Никулина. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва. Издательство Юрайт, 2025. – 335 с. – ISBN 978-5-534-17933-0
7. Копылов Ю. Р. Технология машиностроения : учебное пособие. : Санкт-Петербург : Лань, 2020. 252 с.
8. Косов Н. П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы : учебное пособие. : Москва : Машиностроение, 2007. 304 с.
9. Куликова Е. А., Кайнова В. Н., Гребнева Т. Н., Тесленко Е. В. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум : учебное пособие : Санкт-Петербург: Лань, 2015. 368 с.
10. Леонов О. А. Взаимозаменяемость : учебник. 3-е изд., стер. : Санкт-Петербург : Лань, 2020. 208 с.
11. Мишуков А.С. Повышение износостойкости пуансона методом электроискрового легирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53859028>.

12. Модернизация токарного станка с ЧПУ модели 16К20Т1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=604496>.

13. Панов А. А., Аникин В. В., Бойм Н. Г. и др. Обработка металлов резанием: справочник технолога. М.: Машиностроение. 1998. 736 с.

14. Панов А. А. Расчет припусков на механическую обработку: методические указания к практическим занятиям, курсовому и дипломному проектированию по технологии машиностроения для студентов машиностроительных специальностей всех форм обучения. : Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова; Барнаул: АлтГТУ, 2006. 44 с.

15. Схиртладзе А. Г., Богодухов С. И., Сулейманов Р. М., Козик Е. С. Основы проектирования заготовок в автоматизированном машиностроении : учебник. Москва : Машиностроение, 2009. 432 с.

16. Сулова А. Г., Дальского А. М., Косиловой А. Г., Мещерякова Р. К. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-ч т. Т. 2 / Под ред. . 5-е изд., исправл. М.: Машиностроение 1, 2003. 944 с.

17. Сысоев С. К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов : учебное пособие / С. К. Сысоев, А. С. Сысоев, В. А. Левко. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 352 с.

18. Тарасов В. А., Коломейченко А. В., Кравченко И. Н., Титов Н. В. Технология машиностроения. Лабораторный практикум : учебное пособие : Санкт-Петербург: Лань, 2015. 272 с.,

19. Харламов Г. А. Припуски на механическую обработку: справочник : справочник 2-е изд., испр. : Москва : Машиностроение, 2013. 256 с.

20. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть I. Нормативы времени. Москва : Экономика, 1990. 206 с.

21. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. Изд. 2-е, М., «Машиностроение», 1974, 220 с.



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1а

А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа										
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
Б	Код наименования оборудования															
к/м	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код										
03	xx	xx	xx	040	4234 Вертикально-фрезерная с ЧПУ		Инструкция по технике безопасности для фрезерных работ									
04					Вертикально-фрезерная с ЧПУ 6P13Ф3	1	фрезер.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05	xx	xx	xx	045	0108 Слесарная			-	-	-	-	-	-	-	-	-
06					Верстак слесарный	1	слесарь	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07	xx	xx	xx	050	0202 Технический контроль	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08		-	-	-	Стол контрольный	1	контр.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МК	Маршрутная карта															

## Приложение Б

### Спецификация приспособления

Таблица Б.1 – Спецификация приспособления

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A1	<u>Документация</u>						
		Приспособление фрезерное. Сборочный чертеж						
<u>Сборочные единицы</u>								
		1		Основание		1		
<u>Детали</u>								
Подп. и дата		4		Поворотная плита		1		
		7		Втулка		4		
		8		Втулка оси		1		
		9		Гайка		1		
		10		Ось		1		
		11		Крышка		1		
		12		Фиксатор		1		
		13		Втулка фиксатора		1		
		15		Шпонка направляющая		2		
		22		Пружина прихвата		2		
	24		Пружина фиксатора		1			
Взам. инв. №								
Инв. № дубл.								
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.		Золотов И.В.				1	2
	Проб.		Салабаев Д.Е.					
	Н.контр.							
	Утв.							
<b>Приспособление фрезерное</b>						ТГУ ТМБп-2001ас		
Копировал						Формат А4		

