

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)

Технология машиностроения

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на Технологический процесс изготовления корпуса делительного  
тему приспособления

Обучающийся

В.А. Гусельников

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

доцент кафедры «ОТМП» Д.Ю. Воронов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. экон. наук, доцент, Е.Г. Смышляева

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. физ. - мат. наук, доцент, Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

## Аннотация

Студент: Гусельников Владимир Андреевич

Тема: Технологический процесс изготовления корпуса делительного приспособления. Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. Тольятти, ТГУ, 2024 г.

В данной работе описан техпроцесс изготовления корпуса делительного устройства. Работа разделена на 6 частей, в первой из которых произведён анализ исходных данных и технологического назначения детали, так же выбран конструкционный материал.

Во второй части работы обоснован выбор метода получения исходной заготовки, спроектирован маршрут её обработки. Так же, во второй части работы назначены средства технического оснащения, рассчитаны режимы резания и проведено нормирование операций.

В третьей части на основе данных, полученных из предыдущего пункта проведён расчёт специального автоматизированного станочного приспособления, и уделено внимание проектированию специального режущего инструмента.

Четвёртая часть посвящена экологическому анализу, а так же анализу технологической безопасности производства.

В пятой части приведены экономические обоснования эффективности разработанного техпроцесса, проведён расчёт необходимых затрат, прибыли, срока окупаемости и экономического эффекта.

Пояснительная записка содержит 43 страницы, 7 рисунков и 5 таблиц. Графическая часть состоит из 2 чертежей в формате А1 и 1 чертежа формата А3. В работе приведены ссылки на 31 источник, в их числе 5 на английском языке.

Ключевые слова: деталь, заготовка, технологический процесс, делительное приспособление, станок, режущий инструмент.

## **Abstract**

The title of the graduation project is «Technological process of manufacturing body of dividing mechanism».

This graduation work describes technological process of manufacturing body of dividing mechanism. This detail uses as a table in the special assembly machines. It fixes on dividing mechanism of this machine. The main purpose of this detail is fixation of another details on it and rotation of them while they processed.

The work is split in six parts, in the first of which attention is given to analysis of initial data. In the second part of work explained method of receiving basic workpiece and engineering of processing route. In the third part of work described design of special machine tool and attention is given to design of special metal-cutting tool. The fourth part is dedicated to analysis of ecological and technological safety of manufacture. In the fifth part of graduation work described the substantiation of economical efficiency designed technological process.

The senior paper consists of 42 pages, 5 tables and 7 illustrations, graphic part including 2 A1 blueprints and 1 A3 blueprint. This work contains list references to 31 sources, 5 of them are foreign.

Key words: detail, workpiece, technological process, dividing mechanism, machine, metal-cutting tool.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали. ....	6
1.2 Классификация поверхностей и выбор материала изделия .....	6
1.3 Анализ технологичности .....	8
1.4 Цели и задачи работы.....	9
2 Разработка технологической части.....	10
2.1 Определение типа производства .....	10
2.2 Выбор метода получения заготовки.....	10
2.3 Выбор методов обработки поверхностей .....	11
2.4 Расчёт размеров и припусков .....	13
2.5 Проектирование отливки .....	16
2.6 Разработка технологического маршрута .....	17
2.7 Выбор средств технического оснащения .....	19
2.8 Расчёт режимов резания.....	23
2.9 Нормирование операций.....	26
3 Разработка специального приспособления и режущего инструмента.....	29
3.1 Проектирование специального станочного приспособления .....	29
3.2 Проектирование режущего инструмента .....	31
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	33
5 Экономическая эффективность работы .....	37
Заключение.....	40
Список используемой литературы.....	41
Приложение А - Маршрутные карты .....	44
Приложение Б - Операционные карты.....	47

## Введение

Машиностроение является ведущей отраслью мировой экономики. Благодаря ему значительно повышается механизация других отраслей экономики, уменьшается доля ручного труда, за счёт чего увеличивается скорость выполнения тех или иных задач.

При этом во многих механизмах применяются изделия со сложным профилем, изготовить которые возможно только при помощи делительных устройств.

В процессах сборки так же применяются делительные устройства. Это позволяет осуществлять сборку сразу нескольких изделий на агрегатных сборочных станках, что повышает производительность процессов сборки.

Так же, делительные устройства применяются в качестве станочных приспособлений для повышения производительности станка. Примером таких приспособлений служат револьверные головки токарных станков, выполняющие роль многоинструментальной наладки. Так же, как было сказано ранее, они применяются на фрезерных станках для получения деталей со сложным профилем - шестерен, зубчатых колёс, фигурных пазов на деталях. Применяются они и на сверлильных станках, для сверления отверстий, расположенных на некоторой окружности.

« Механизмы деления широко применяются в самых различных приборах, металлорежущих и других станках, где необходимо выполнить угловое деление или осуществить заданный поворот какого-либо звена. Особенностью этих механизмов являются прерывистость передачи движения и точность фиксирования конечного звена механизма» [1].

Целью данной выпускной работы является разработка технологического процесса изготовления корпуса делительного устройства с заданными качественными характеристиками при минимальных затратах.

## **1 Анализ исходных данных**

### **1.1 Служебное назначение детали.**

Назначением рассматриваемого корпуса делительного устройства является закрепление заготовок на его поверхности и поворот этих заготовок в нужный момент. Для крепления заготовок служат сквозные цилиндрические и глухие резьбовые отверстия с высокими требованиями к качеству их поверхностей. В связи с этим, данную деталь можно считать планшайбой поворотного стола [28].

« Планшайба — (1) приспособление в виде стального диска с канавками и вырезами для болтов и зажимов, устанавливаемое на шпинделе металлорежущих станков и служащее для закрепления обрабатываемой заготовки или инструмента и передачи им вращения; (2) круглый вращающийся стол карусельного станка» [2].

### **1.2 Классификация поверхностей и выбор материала изделия**

На рисунке 1 показаны пронумерованные поверхности детали. Классифицируем их по назначению[23]:

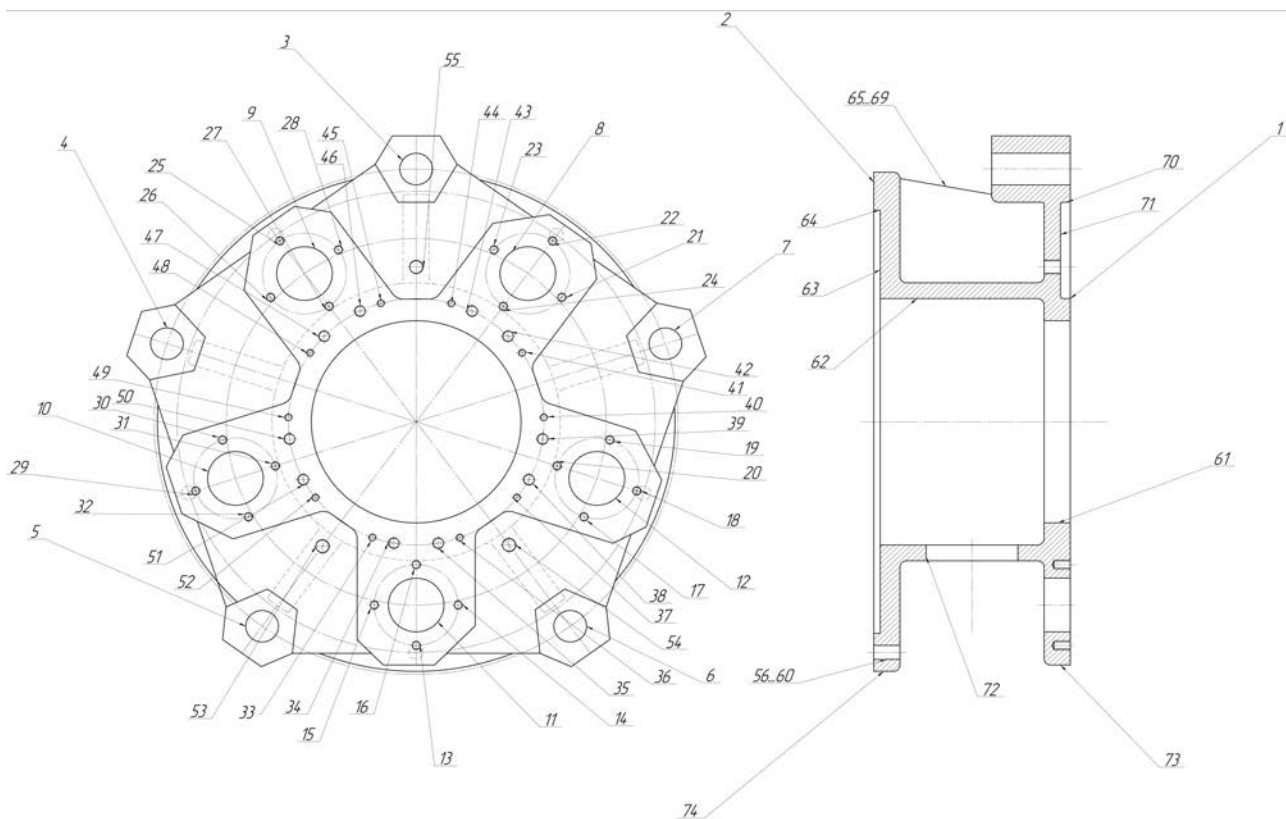


Рисунок 1 - Эскиз с нумерацией поверхностей

Основными конструкторскими базами являются поверхности 1 и 2, вспомогательными - отверстия 56-60.

Исполнительными поверхностями являются отверстия 3-7, 8-12, 13-32, 33-52 и 53-55.

Остальные поверхности можно отнести к свободным.

Деталь испытывает низкие переменные нагрузки связанных с поворотом детали и вибрационные нагрузки, связанные с обработкой зажимаемых в неё заготовок или зажимаемого инструмента. Так же, деталь имеет сложную форму с рёбрами жёсткости и объёмным внутренним отверстием. В связи с этим, наиболее рациональным материалом для её изготовления является серый чугун марки СЧ-25 ГОСТ 1412-85 [28]. Данный материал обладает пределом прочности 250 МПа и твёрдостью 170...220. Так

же, данный материал обладает более высокими литейными свойствами, чем стали и меньшей стоимостью. Его химический состав представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав СЧ-25

Вещество	C	Si	Mn	S	P	Fe
Количество, %	3,2-3,4	1,4-2,2	0,7-1	До 0,15	До 0,2	Остальное

« Благодаря хорошим литейным свойствам, достаточной прочности, износостойкости при относительно низкой стоимости чугуны получили широкое распространение в машиностроении. Их применяют при получении отливок сложной формы при отсутствии высоких требований к размерам деталей и их массе»[3].

В данном разделе был проведён анализ исходных данных, проведена нумерация и классификация поверхностей рассматриваемой детали, выбран материал обладающий требуемыми механическими и физическими свойствами.

### 1.3 Анализ технологичности

« Технологичность детали- совокупность свойств конструкции, обеспечивающих изготовление, ремонт и техническое обслуживание изделия по наиболее эффективной технологии в сравнении с аналогичными конструкциями при одинаковых условиях их изготовления, эксплуатации при одних и тех же показателях качества». Проведем оценку технологичности детали путем расчета некоторых коэффициентов по известной методике » [26].



Необходимо проанализировать технологичность детали, рассчитав коэффициент использования материала, точности и шероховатости и унификации.

Рассматриваемая деталь обладает высокой технологичностью и не требует пересмотра и доработки или изменения конструкции.

#### **1.4 Цели и задачи работы**

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления детали « Корпус делительного приспособления ». Исходя из этого выделим следующие задачи для достижения цели.

Первая задача состоит в определении типа производства. Тип производства влияет на выбор средств технологического оснащения. Вторая задача состоит в выборе метода получения исходной заготовки. Третья задача состоит в выборе метода обработки поверхностей. Четвёртая задача заключается в назначении припусков на обработку. Пятая задача состоит в разработке маршрута обработки. Седьмая задача заключается в выборе средств технологического оснащения. Восьмая задача заключается в расчёте режимов резания для самой точной поверхности. Девятая задача заключается в нормировании времени. Так же, необходимо разработать специальную оснастку и режущий инструмент для обработки детали. после этого необходимо написать заключение с подведением итогов.

## **2 Разработка технологической части**

### **2.1 Определение типа производства**

В нашем случае годовая программа составляет 100 деталей в год, масса детали 156 кг. Исходя из этого принимаем среднесерийный тип производства.

« Серийное производство - Производство, характеризующееся изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями» [4].

Следует отметить, что для решения технологических задач в выбранном типе производства используется расчётно-аналитический метод[24], а применяемая оснастка может быть как универсальной, так и специальной.

### **2.2 Выбор метода получения заготовки**

Так как выбранным материалом является серый чугун, а часть поверхностей не требует механической обработки, наиболее рациональным методом получения заготовки будет литьё [22].

Из возможных способов литья наиболее рациональным при необходимой точности отливки будет литьё в металлические формы.

« Допуски размеров элементов отливки, образованных двумя полуформами или полуформой и стержнем, устанавливаются соответствующими классу размерной точности отливки»[5].

Класс размерной точности отливки - 9, класс точности массы - 10.

«Стоимость заготовок, полученных такими методами, как литьё в обычные земляные формы и кокиль, литьё по выплавляемым моделям, литьё

под давлением, с достаточной для стадии проектирования точностью можно определить по формуле» [6].

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{от}} \cdot h_{\text{T}} \cdot h_{\text{C}} \cdot h_{\text{B}} \cdot h_{\text{M}} \cdot h_{\text{П}}, \quad (1)$$

$$h_{\text{T}} = 1,05; h_{\text{M}} = 1,24; h_{\text{C}} = 1,2; h_{\text{B}} = 0,74; h_{\text{П}} = 1; C_{\text{от}} = 44 \text{ р/кг}$$

Тогда:

$$C_{\text{заг}} = 44 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 0,74 \cdot 1,24 \cdot 1 = 50,87 \text{ руб кг}$$

Учитывая массу заготовки в 160 кг стоимость заготовки составит 8139,2 руб.

Рассчитаем коэффициент использования материала:

$$K_{\text{им}} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{156}{160} = 0,975$$

### 2.3 Выбор методов обработки поверхностей

В таблице 2 указаны назначенные методы обработки поверхностей:

Таблица 2 - Методы обработки

Номер поверхности	IT	Ra	Тип поверхности	T	T	Переходы*
				Δформы	Δрасполож.	
1,2	8	1,6	П	0,03	0,03	Фчерн(12;12,5) Фчист(10;6,3) Фт(9;3,2) Шчерн(8;1,6)

Продолжение таблицы 2

Номер поверхности	IT	Ra	Тип поверхности	T	T	Переходы*
3,4,5,6,7	7	0,8	ВЦ	0,03	-	С(11;12,5) Раст. чист(9;6,3) Раст. чист.(8;3,2) Раст. чист.(8;1,6) Раст тонк.(7;0,8)
8,9,10,11,12	7	0,8	ВЦ	0,04	-	С(11;12,5) Раст. чист(9;6,3) Раст. чист.(8;3,2) Раст. чист.(8;1,6) Раст тонк.(7;0,8)
11...32	7	0,8	ВЦ	-	-	С(12;12,5) З(11;6,3) Р(9;3,2) Рч(8;1,6) Рт(7;0,8) РО
33,36,37,40, 41,44,45,48, 49,52	7	0,8	ВЦ	-	-	С(12;12,5) З(11;6,3) Р(9;3,2) Рч(8;1,6) Рт(7;0,8) РО
34,35,38,39, 42,43,46,47, 50, 51	7	0,8	ВЦ	-	-	С(12;12,5) З(11;6,3) Р(9;3,2) Рч(8;1,6) Рт(7;0,8) РО

## Продолжение таблицы 2

Номер поверхности	IT	Ra	Тип поверхности	T	T	Переходы*
53,54,55	7	0,8	ВЦ	-	-	С(12;12,5) З(11;6,3) Р(9;3,2) Рч(8;1,6) Рт(7;0,8) РО
56,57,58,59, 60	11	12,5	ВЦ	-	-	С(11;12,5)
* Обозначения переходов: Ф – Фрезерование черновое; Фч – фрезерование чистовое; С – сверление; З – зенкерование; Р – развёртывание нормальное; Рч – развёртывание точное; Рт – развёртывание тонкое; РО – резьбообразование; Ц – цекование.						

В связи с недостаточной жёсткостью инструмента при обработке сквозных отверстий 3-7 и 8-12, операции зенкерования и развёртывания данных отверстий заменены на растачивание.

### 2.4 Расчёт размеров и припусков

Определим припуски на обработку поверхности  $50H7^{(+0,03)}$  расчётно-аналитическим методом.

« Расчётно-аналитический метод определения припусков базируется на анализе производственных погрешностей, возникающих при конкретных условиях получения заготовок и их обработки, определении величины элементов, составляющих припуск и их суммирования » [7].

Маршрут обработки этой поверхности состоит из сверления, трёх переходов растачивания чистового и растачивания тонкого.

Требования к итоговым размерам:  $D = 50H7(+0,025)$  мм,  $L = 80$  мм,  $Ra = 0,8$  мкм.

Полученные в ходе расчётов значения приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Припуски на механическую обработку

Технологические переходы	TD мкм	2Z мм		D мм	
		min	max	min	max
Сверление	160	-	-	24	24,16
Рассверливание	160	0,52	0,52	48,945	49,105
Растачивание чистовое	100	0,44	0,52	48,975	49,365
Растачивание чистовое	62	0,46	0,536	49,265	49,595
Растачивание чистовое	39	0,44	0,486	49,425	49,815
Растачивание тонкое	25	0,42	0,448	50	50,025

Найдём суммарное отклонение формы и расположения поверхностей (мм) по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot TD \quad (2)$$

$$\Delta_0 = 0,25 \cdot 0,16 = 0,040$$

$$\Delta_1 = 0,25 \cdot 0,16 = 0,040$$

$$\Delta_2 = 0,25 \cdot 0,1 = 0,025$$

$$\Delta_3 = 0,25 \cdot 0,062 = 0,015$$

$$\Delta_4 = 0,25 \cdot 0,039 = 0,009$$

$$\Delta_5 = 0,25 \cdot 0,025 = 0,006$$

Найдём минимальные значения припусков (мм) по формуле:

$$Z_{\min} = a_{i-1} + \sqrt{(\Delta_{i-1})^2 + \varepsilon^2}, \quad (3)$$

где  $a$  - глубина дефектного слоя в мм,

$\Delta$  - пространственные отклонения поверхностей в мм,

$\varepsilon$  - погрешность установки заготовки в приспособлении, мм.

$$Z_{\min 1} = a_0 + \sqrt{(\Delta_0)^2 + \varepsilon^2} = 0,06 \cdot \sqrt{(0,04)^2 + (0,2)^2} = 0,26 \text{ мм}$$

$$Z_{\min 2} = a_1 + \sqrt{(\Delta_1)^2 + \varepsilon^2} = 0,06 \cdot \sqrt{(0,04)^2 + (0,2)^2} = 0,26 \text{ мм}$$

$$Z_{\min 3} = a_2 \cdot \sqrt{(\Delta_2)^2 + \varepsilon^2} = 0,025 \cdot \sqrt{(0,025)^2 + (0,2)^2} = 0,23 \text{ мм}$$

$$Z_{\min 4} = a_3 \cdot \sqrt{(\Delta_3)^2 + \varepsilon^2} = 0,025 \cdot \sqrt{(0,015)^2 + (0,2)^2} = 0,22 \text{ мм}$$

$$Z_{\min 5} = a_4 \cdot \sqrt{(\Delta_4)^2 + \varepsilon^2} = 0,010 \cdot \sqrt{(0,009)^2 + (0,2)^2} = 0,21 \text{ мм}$$

Вычислим максимальные значения припусков (мм) по формуле:

$$Z_{\max} = Z_{\min} - TD_i + TD_{i-1} \quad (4)$$

$$Z_{\max 1} = 0,26 - 0,16 + 0,16 = 0,26$$

$$Z_{\max 2} = 0,26 - 0,1 + 0,16 = 0,22$$

$$Z_{\max 3} = 0,23 - 0,062 + 0,1 = 0,268$$

$$Z_{\max 4} = 0,22 - 0,039 + 0,062 = 0,243$$

$$Z_{\max 5} = 0,21 - 0,025 + 0,039 = 0,224$$

Рассчитаем максимальный и минимальный диаметры (мм) на каждый переход:

$$D_{\min 5} = 50$$

$$D_{\max 5} = 50,025$$

$$D_{\max 4} = D_{\max 5} - Z_{\min 5} = 50,025 - 0,21 = 49,815$$

$$D_{\min 4} = D_{\max 4} - TD_4 = 49,815 - 0,39 = 49,425$$

$$D_{\max 3} = D_{\max 4} - Z_{\min 4} = 49,815 - 0,22 = 49,595$$

$$D_{\min 3} = D_{\max 3} - TD_3 = 49,595 - 0,62 = 48,975$$

$$D_{\max 2} = D_{\max 3} - Z_{\min 3} = 49,595 - 0,23 = 49,365$$

$$D_{\min 2} = D_{\max 2} - TD_2 = 49,365 - 0,1 = 49,265$$

$$D_{\max 1} = D_{\max 2} - Z_{\min 2} = 49,365 - 0,26 = 49,105$$

$$D_{\min 1} = D_{\max 1} - TD_1 = 49,105 - 0,16 = 48,945$$

На рисунке 2 показана схема расположения полей допусков и припусков:

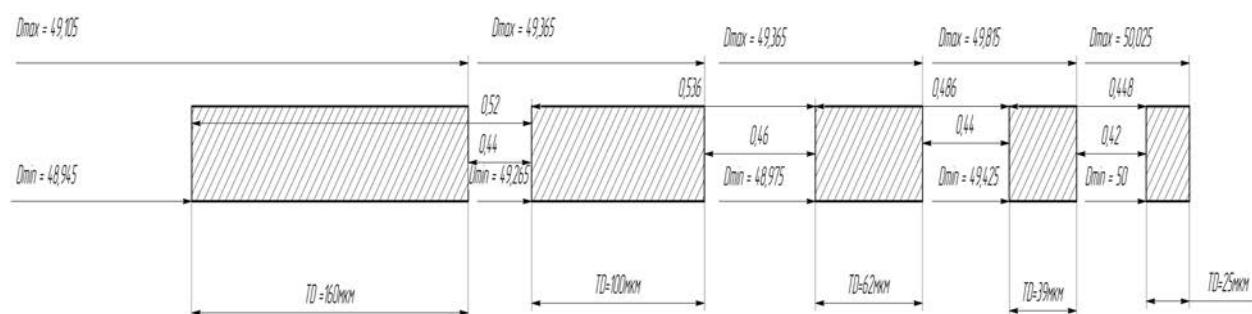


Рисунок 2 - Схема расположения допусков и припусков для поверхности  $50H7^{+0,025}$

## 2.5 Проектирование отливки

Проектирование отливки включает в себя назначение припусков на мехобработку, назначение литейных радиусов [25] и плоскостей разъёма, а так же выбор черновых технологических баз.

Ранее был назначен 5 класс размерной точности отливки и 6 класс точности массы. Исходя из этого необходимо выбрать допуски на линейные



размеры, форму и расположение элементов отливки. Так же, необходимо выбрать предельные отклонения смещения элементов отливки по плоскости разъёма, степень коробления и основные припуски на обработку [31].

В качестве черновых баз выбраны поверхности 2 и 74. Из-за больших габаритов детали и цилиндрического основания на фрезерной операции будут использоваться специальные тиски. Чистовыми базами являются поверхности 1 и 2.

Отливка имеет 14 квалитет точности и относится к 4 группе сложности. Литейные радиусы при данных габаритах и размерах поверхностей не должны превышать 10 мм, а отклонения элементов отливки по плоскостям разъёма должны составлять не более 0.5 мм. Благодаря хорошим литейным свойствам чугуна, точность и качество отливки будут сравнительно высокими [29].

Так как в детали присутствует полость, сопрягающаяся со сквозными отверстиями, необходимо предусмотреть разъёмные металлические стержневые знаки в конструкции кокиля.

## **2.6 Разработка технологического маршрута**

« Маршрут обработки отдельной поверхности выбирают исходя из требований чертежа детали и принятого метода получения заготовки » [8].

Разработаем маршрут обработки, опираясь на выбранные выше методы обработки поверхностей, метод получения заготовки и технические требования. Разработанный маршрут представлен в таблице 4:

Таблица 4 - Маршрут обработки

Номер операции	Наименование	Содержание	IT	Ra	Оборудование
000	Заготовительная (отливка)	Отливка по 14-ому качеству	14	25	Кокиль
005	Фрезерная с ЧПУ	Установ А Фрезерование поверхности 1 Установ Б Фрезерование поверхности 2 Сверление отверстий 56...60	7	1,25	
010	Плоскошлифовальная	Шлифовать поверхности 1, 2,	6	0,63	
015	Сверлильно-расточная с ЧПУ	Сверление отверстий 3...7 Растачивание отверстий 3...7 Сверление отверстий 8...12 Растачивание отверстий 8...12 Сверление отверстий 13...32 Нарезание резьбы в отверстиях 13...32	7	1,25	

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Наименование	Содержание	IT	Ra	Оборудование
015	Сверлильно-расточная с ЧПУ	Сверление отверстий 33, 36, 37, 40, 41, 44, 45, 49, 50 Нарезание резьбы в отверстиях 33, 36, 37, 40, 41, 44, 45, 48, 49, 52 Сверление отверстий 34, 35, 38, 39, 42, 43, 46, 47, 50, 51 Нарезание резьбы в отверстиях 34, 35, 38, 39, 42, 43, 46, 47, 50, 51 Сверление отверстий 53, 54, 55 Нарезание резьбы в отверстиях 53, 54, 55	7	1,25	
020	Моечная	-	-	-	Моечная машина
025	Контрольная	-	-	-	-

## 2.7 Выбор средств технического оснащения

Выберем средства технического оснащения, соответствующие требованиям по габаритам рабочего пространства, особенностям

обрабатываемого материала, и форме заготовки. Внесём эти данные в таблицу 5.

Таблица 5 - Выбор СТО

Номер операции	Оборудование	Приспособления	Режущий инструмент	Контрольно-измерительные средства
000	Литейная машина	Кокиль Металлические стержни	-	Линейка слесарная-1000 ГОСТ 427-75
005	Станок фрезерный бесконсольный 65А90Ф11	Тиски специальные Оправка 6222-0134 ГОСТ 26538-85 Оправка MAS403 ВТ50-МТА2-060	Фреза 2214-0386 ГОСТ 26595-85 (z = 8) Сверло специальное с коническим хвостовиком	ЩЦЦ-1 ГОСТ 166-89
010	Станок плоскошлифовальный 3Е756Л	Стол магнитный	Круг 1 500x100x30525А F60 К 6 V 40 м/с 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007	МК-300-1 ГОСТ 6507-90 Нутромер индикаторный ГОСТ 868-82
015	Станок горизонтально-расточной с подвижной передней стойкой 2А656Ф11	Угольник зажимной UU2500 Пластины опорные 7034-0478 ГОСТ 4743-68 Оправка MAS403 ВТ50-МТА4-180	Сверло 2301-0020 ГОСТ 10903-77 Сверло 2301-0032 ГОСТ 10903-77 Сверло 2301-0046 ГОСТ 10903-77	ЩЦЦ-1 ГОСТ 166-89 Нутромер индикаторный ГОСТ 868-82

Продолжение таблицы 5

Номер операции	Оборудование	Приспособления	Режущий инструмент	Контрольно-измерительные средства
015		Оправка для расточного резца 6300-0536 ГОСТ 21221-75 Оправка MAS403 BT50-МТА5-105 Оправка для расточного резца 6300-0545 ГОСТ 21221-75 Оправка MAS403 BT50-МТА1-045 Оправка CAT50-TER32 Оправка MAS403 BT50-МТА2-060	Сверло 2301-0060 ГОСТ 10903-77 Сверло 2301-0001 ГОСТ 10903-77 Метчик 2621-1431 ГОСТ 3266-81 Метчик 2621-1519 ГОСТ 3266-81 Метчик 2621-1617 ГОСТ 3266-81 Метчик 2621-1729 ГОСТ 3266-81 Резец расточной 2140-0081 ГОСТ 18882-73 Резец расточной 2140-0083 ГОСТ 18882-73	

Продолжение таблицы 5

Номер операции	Оборудование	Приспособления	Режущий инструмент	Контрольно-измерительные средства
020	Установка для промышленной очистки деталей AM1000 BC	-	-	-
025	Контрольная	-	-	ЩЦЦ-1 ГОСТ 166-89 Нутромер микрометрический 150-1250 ГОСТ 10-88 МК-300-1 ГОСТ 6507-90 Нутромер индикаторный ГОСТ 868-82

« Выбор технологического оборудования (станков) определяется: методом обработки; возможностью обеспечить точность размеров и формы, а также качество поверхности изготавливаемой детали; габаритными размерами заготовок и размерами обработки; мощностью, необходимой на резание; производительностью и себестоимостью в соответствии с типом производства; возможностью приобретения и ценой станка; удобством и безопасностью работы станка » [9].

## 2.8 Расчёт режимов резания

2.8.1 Рассчитаем режимы резания для операции 005 Фрезерная[15].

Установ А:

Переход 1:

Подача на зуб  $s_z = 0,2$  мм.

Глубина резания  $t = 1$  мм.

$$K_v = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,25 = 1$$

Скорость резания, м/мин:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (5)$$

где  $C_v$ ,  $q$ ,  $m$ ,  $u$  - коэффициент, учитывающий особенности обрабатываемого материала,

$D$  - диаметр фрезы, мм,

$T$  - стойкость инструмента, мин,

$B$  - ширина фрезерования, мм,

$z$  - число зубьев инструмента,

$K_v$  - поправочный коэффициент.

$$V = \frac{445 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 1^{0,5} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 100^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 1 = 148,35 \text{ м/мин}$$

Рассчитаем частоту вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (6)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 148,35}{\pi \cdot 100} = 472,24 \text{ об/мин}$$

Поскольку при черновом фрезеровании силы резания максимальные, рассчитаем их для этой операции:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (7)$$

где  $C_p$  и  $w$  - коэффициент, зависящий от обрабатываемого и режущего материала,

$K_{MP}$  - поправочный коэффициент для мощности резания.

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 1^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 100^{1,1} \cdot 8}{100^{1,3} \cdot 472,24^{0,2}} \cdot 1 = 2293,3 \text{ Н}$$

Рассчитаем крутящий момент на шпинделе:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{200} \quad (8)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{2293,3 \cdot 100}{200} = 1146,65 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Рассчитаем мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} \quad (9)$$

$$N_e = \frac{2293,3 \cdot 148,35}{60 \cdot 1020} = 5,559 \text{ кВт}$$

Переход 2:

Подача на зуб  $s_z = 0,2$  мм.

Глубина резания  $t = 0,5$  мм.

$$K_v = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,25 = 1$$

Скорость резания, м/мин:

$$V = \frac{445 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 0,5^{0,5} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 100^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 1 = 209,81 \text{ м/мин}$$

Рассчитаем частоту вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 209,81}{\pi \cdot 100} = 667,84 \text{ об/мин}$$

Переход 3:

Подача на зуб  $s_z = 0,2$  мм.

Глубина резания  $t = 0,1$  мм.

$$K_v = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,25 = 1$$

Скорость резания, м/мин:

$$V = \frac{445 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 0,1^{0,5} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 100^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 1 = 469,1 \text{ м/мин}$$



Рассчитаем частоту вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 469,1}{\pi \cdot 100} = 1493 \text{ об/мин}$$

На установе Б для переходов 4,5,6 режимы резания такие же.

Переход 7:

Глубину резания принимаем равной  $t=40$  мм

Подача на оборот равна  $S=0,47$  мм/об

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad (10)$$

$$V = \frac{17,1 \cdot 22^{0,25}}{75^{0,125} \cdot 0,47^{0,4}} \cdot 1 = 63,2 \text{ м/мин}$$

Частота вращения сверла:

$$n = \frac{1000 \cdot 63,2}{\pi \cdot 22} = 915 \text{ об/мин}$$

Крутящий момент на шпинделе:

$$M_{кр} = 10 C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P, \quad (11)$$

где  $C_M$  - коэффициент, учитывающий влияние обрабатываемого материала для крутящего момента.

$K_P$  - уточняющий коэффициент для силы резания

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,021 \cdot 22^2 \cdot 0,47^{0,8} \cdot 1 = 55,557 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осевая сила при сверлении[16]:

$$P_o = 10C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (12)$$

$$P_o = 10 \cdot 42,7 \cdot 22^1 \cdot 0,41^{0,8} = 4603 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} \quad (13)$$

$$N_e = \frac{55,557 \cdot 915}{9750} = 5,21 \text{ кВт}$$

## 2.9 Нормирование операций

Рассчитаем время на операцию из предыдущего пункта:

Переход 1:

$$T_o = \frac{l_1 + 1}{S_{\text{мин}}} \quad (14)$$

где  $l$  - длина обрабатываемой поверхности, мм

$$l = 2\pi \cdot r_1 + 2\pi \cdot r_2 + 2\pi \cdot r_3 + 2\pi \cdot r_4 + 2\pi \cdot r_5 + 2\pi \cdot r_6,$$

$$l = 2\pi \cdot 400 + 2\pi \cdot 350 + 2\pi \cdot 300 + 2\pi \cdot 250 + 2\pi \cdot 200 + 2\pi \cdot 150 = 10367$$

$l_1$  - длина врезания, мм

$$l_1 = \sqrt{h(d_\phi - h)} + 1, \quad (15)$$

$$l_1 = \sqrt{1(100 - 1)} + 1 = 10,95$$

$S_{\text{мин}}$  - минутная подача

$$S_{\text{мин}} = s_z \cdot n \cdot z, \quad (16)$$

$$S_{\text{мин}} = 0,2 \cdot 472,24 \cdot 8 = 755,584 \text{ мм/мин}$$

$$T_o = \frac{l_1 + 1}{S_{\text{мин}}} = \frac{10367 + 10,95}{755,584} = 13,38 \text{ мин}$$

Переход 2:

$$T_o = \frac{l_1 + 1}{S_{\text{мин}}}$$

$$l = 2\pi \cdot 400 + 2\pi \cdot 350 + 2\pi \cdot 300 + 2\pi \cdot 250 + 2\pi \cdot 200 + 2\pi \cdot 150 = 10367$$

$$l_1 = \sqrt{h(d_\phi - h)} + 1 = \sqrt{0,5(100 - 0,5)} + 0,5 = 8,05$$

$$S_{\text{мин}} = s_z \cdot n \cdot z = 0,2 \cdot 667,84 \cdot 8 = 1068,544 \text{ мм/мин}$$

$$T_o = \frac{l_1 + 1}{S_{\text{мин}}} = \frac{10367 + 8,05}{1068,544} = 9,71 \text{ мин}$$

Переход 3:

$$T_o = \frac{l_1 + 1}{S_{\text{мин}}}$$

$$l = 2\pi \cdot 400 + 2\pi \cdot 350 + 2\pi \cdot 300 + 2\pi \cdot 250 + 2\pi \cdot 200 + 2\pi \cdot 150 = 10367$$

$$l_1 = \sqrt{h(d_\phi - h)} + 1 = \sqrt{0,1(100 - 0,1)} + 1 = 4,16$$

$$S_{\text{мин}} = s_z \cdot n \cdot z = 0,2 \cdot 1493 \cdot 8 = 2388,8 \text{ мм/мин}$$

$$T_o = \frac{l_1 + 1}{S_{\text{мин}}} = \frac{10367 + 4,16}{1068,544} = 4,34 \text{ мин}$$

Время на переходах 4, 5 и 6 аналогично времени на переходах 1, 2 и 3 соответственно.

Переход 7:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_o} = \frac{40 \cdot 1}{915 \cdot 0,47} = 0,093 \text{ мин}$$

Так, суммарное основное время для рассмотренных переходов:

$$T_o = (13,38 + 9,71 + 4,16) \cdot 2 + 0,093 \cdot 5 = 54,965 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{пз}}}{n} + T_{\text{шт}} \quad (17)$$

где  $T_{\text{пз}}$  - время подготовительно-завершающее, мин,

$T_{\text{шт}}$  - время штучное, мин,

$n$  - количество деталей в партии, шт.

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_{\text{об}} + T_{\text{пер}} \quad (18)$$

где  $T_B$  - вспомогательное время, мин,

$T_{OB}$  - время на обслуживание станка, мин,

$T_{ПЕР}$  - время на отдых, мин.

$$T_{шт} = 54,965 + 0,128 + 54,965 \cdot 1,2 + 54,965 \cdot 0,05 = 123,8 \text{ мин}$$

Рассчитаем объем запуска для определения штучно-калькуляционного времени:

$$n = \frac{N \cdot a}{u} \quad (19)$$

где  $N$  – годовой объём выпуска;

$a$  – периодичность запуска;

$u$  – кол-во рабочих дней в году;

$$n = \frac{N \cdot a}{u} = \frac{100 \cdot 16}{254} = 6 \text{ штук}$$

Следовательно, штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = \frac{13}{6} + 123,8 = 126 \text{ мин}$$

### 3 Разработка специального приспособления и режущего инструмента

#### 3.1 Проектирование специального станочного приспособления

При расчёте приспособления необходимо учитывать особенности операции, на которой приспособление применяется. Заготовка имеет цилиндрическую поверхность, следовательно необходимо применять призматические губки. [10] Усилие зажима на них будет передавать от привода, а с них напрямую на заготовку. Так же, из-за того, что верхняя поверхность детали несимметрична и имеет прямолинейные поверхности с фасками, на губках необходимо предусмотреть вырезы для этих поверхностей, а так же сделать тиски самоцентрирующимися. Для этого необходимо сделать подвижными и вторые губки, присоединив их ко второму приводу.

Следовательно, определение требуемого усилия зажима сводится к определению нескольких коэффициентов и расчёту опрокидывающего момента.

При черновом фрезеровании возникают наибольшие силы резания. они составляют 2293,3 Н.

Расчитаем коэффициент запаса:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (20)$$

Где,  $K_0 = 1,5$ - гарантированный коэффициент запаса,

$K_1 = 1,2$ - коэффициент, учитывающий увеличение сил,

$K_2 = 1$  -коэффициент, учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента,

$K_3 = 1$  - учитывает увеличение сил резания,

$K_4 = 1$  - характеризует постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом,  
 $K_5 = 1$  - характеризует эргономику немеханизированного зажимного механизма  
 $K_6$  - не требует при расчете коэффициента запаса, согласно методическим указаниям.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8$$

Рассчитаем величину опрокидывающего момента:

Высота губок составляет 80 мм, высота заготовки - 300 мм плечо силы будет составлять 220 мм.

$$M = P \cdot L = 2293,3 \cdot 0,22 = 504,6 \text{ Н}$$

Исходя из этого, силу зажима определим по формуле:

$$W = \frac{K \cdot P \cdot M}{f \cdot F} = \frac{1,8 \cdot 2293,3 \cdot 504,6}{0,2 \cdot 400} = 25423,89 \text{ Н}$$

Обеспечить данное усилие зажима вручную невозможно, необходимо использовать гидравлический или пневматический силовой привод [11].

Определим тип привода по формуле:

$$D = 1,13 \sqrt[0,4]{\frac{Q}{P}} \quad (21)$$

$$D = 1,13 \sqrt[0,4]{\frac{25423,89}{0,4}} = 284,88 \text{ мм}$$

При данном диаметра пневмосистема будет малокомпактной, для уменьшения размеров необходимо применить гидравлику с рабочим давлением в 5 МПа[12]. Тогда диаметр составит:

$$D = 1,13 \sqrt[0,4]{\frac{25423,89}{5}} = 98,1 \text{ мм}$$

Рассчитаем ход губок:

$$S_Q = \frac{S_w}{i_n} = \frac{5}{1} = 5 \text{ мм}$$

С учётом необходимого запаса в 20 мм ход губок составит 25 мм

### 3.2 Проектирование режущего инструмента

Рассчитаем сверло для отверстий 56...60 на операции 005 Фрезерная с ЧПУ. Проектирование начнём с определения заднего угла [13]. Он рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \alpha_T \left( \frac{3,33}{d+3,25} + 0,79 \right), \quad (22)$$

где  $d$  - диаметр сверла, мм,

$\alpha_T$  - задний угол типового сверла, °.

$$\alpha = 6 \left( \frac{3,33}{22+3,25} + 0,79 \right) = 5,53^\circ$$

Рассчитаем угол наклона винтовой канавки по формуле:

$$\omega = \omega_T \left( 1,1 - \frac{1,624}{d+3,5} \right), \quad (23)$$

где  $\omega_T$  - угол наклона винтовой канавки типового сверла, °.

$$\omega = 30 \left( 1,1 - \frac{1,624}{22+3,5} \right) = 31,088^\circ$$

Используем одинарную заточку с подточкой перемычки для выбранного сверла [14], [17]. Так же, рассчитаем ширину ленточки сверла с учётом обрабатываемого материала:

$$f = 0,5 \sqrt[3]{d} = 1,401 \text{ мм} \quad (24)$$

Рассчитаем ширину пера:

$$B = d \cdot \sin \frac{\pi - \nu}{2} \cos \omega, \quad (25)$$

где  $\nu$  - центральный угол канавки, °.

$$B = 22 \cdot \sin \frac{\pi - 90}{2} \cos 31,088 = 15,084$$

Примем толщину сердцевины сверла равной 15 мм

Определим суммарную длину сверла:

$$L = L_0 + (0,3 \dots 1)d + L_{\text{КОН}} + L_{\text{СТ}} + L_{\text{К}} + L_{\text{Ш}} + L_{\text{ХВ}} \quad (26)$$

$$L = 45 + 22 + 5 + 7,5 + 12 + 218 = 294,4 \text{ мм}$$

Определим средний диаметр конуса Морзе для данного сверла. Для этого используем следующую формулу:

$$d = 0,5933 \cdot \frac{P_0}{M_{\text{кр}}} \quad (27)$$

$$d = 0,5933 \cdot \frac{4603}{55,557} \approx 50 \text{ мм}$$

Следовательно, наиболее подходящим будет конус Морзе №6.



#### **4 Безопасность и экологичность технического объекта**

В данном разделе рассматривается безопасность и экологичность производственного участка по изготовлению корпуса делительного устройства.

Участок состоит из следующих станков: станок фрезерный бесконсольный 65A90Ф11, станок плоскошлифовальный 3E756Л, станок горизонтально-расточной с подвижной стойкой 2A656Ф11.

Из базового технологического процесса были убрана операция 020 Внутришлифовальная из-за смены оборудования на операциях 010 Шлифовальная и 015 Расточная с ЧПУ. В связи с этим, рассматривать будем изменённые операции.

«Безопасность условий на рабочем месте определяется наличием опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций или видов работ. При этом учитываются источники механических травм; определяется возможность получения электротравм; проводится оценка пожаро- и взрывоопасности объекта и так далее. Опасным называется производственный фактор, действие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья. Вредным называется производственный фактор, действие которого на работающего в определенных условиях приводит к постепенному ухудшению здоровья, профессиональному заболеванию или снижению работоспособности» [18].

При проведении токарной обработки на рабочего воздействуют следующие вредные факторы: летящая стружка, которая может повредить органы зрения и кожные покровы. В связи с тем, что станок имеет большие габариты, невозможно оснастить его защитными кожухами и ставнями. Для защиты органов зрения и кожных покровов рабочий должен носить защитные очки и спецодежду. Стружка сметается рабочим в конце смены в

специальные контейнеры при помощи щётки. Общий вид станка показан на рисунке 3.



Рисунок 3 - Расточной станок 2А656Ф11, общий вид

Опасным фактором при работе на шлифовальном станке является абразивная пыль и раскалённые кусочки металла, летящие при обработке. Рабочая зона выбранного станка является закрытой (рисунок 4), однако для защиты от абразивной пыли необходимо наличие приточно-вытяжной вентиляции. Общий вид данного станка показан на рисунке 4.



Рисунок 4 - станок 3E756Л, общий вид

«Электротравмы подразделяют на электрические удары и травмы. В первом случае поражается весь организм и особенно его внутренние органы. Во втором случае происходит местное поражение кожи, мышц и других частей тела. В настоящее время установлено, что более уязвимым органом при прохождении тока через тело человека является сердце. При малых 36 значениях тока может возникнуть фибрилляция (беспорядочное сокращение мышц) сердца. Поэтому особенно опасен для человека электрический удар, при котором нарушаются сердечная, дыхательная и мозговая деятельность» [19].

Необходимо провести изоляцию токопроводящих частей, а так же установить заземление станков, для их аварийного отключения в случае непредвиденных ситуаций. Заземлять необходимо доступные для прикосновения части станков и приборов.

«Пожар – неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни

людей. Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей» [20].

Для обеспечения пожарной безопасности на участке должны присутствовать огнетушители. Цех должен быть оснащён системой индикации и оповещения о задымлении.

«Обучение по охране труда и проверка знаний требований охраны труда работников организаций проводится для обеспечения 37 профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Одновременно с обучением и проверкой знаний требований охраны труда могут проводиться обучение и аттестация работников организаций по другим направлениям безопасности труда, организуемые органами исполнительной власти, в порядке, утверждаемом ими по согласованию с Министерством труда и социального развития Российской Федерации. Обучению охране труда и проверке знаний требований охраны труда подлежат все работники организации, в том числе ее руководитель» [18].

Во избежание опасных ситуаций с рабочими на участке необходимо проводить регулярный инструктаж по технике безопасности. Это позволяет новым работникам изучить меры безопасности на данном предприятии для предотвращения травмоопасных ситуаций и сокращения числа травм, а также напомнить эти меры действующим рабочим.

Таким образом, в данном разделе изложены меры по снижению числа аварийных ситуаций и производственных травм на описываемом участке.

## 5 Экономическая эффективность работы

В данном разделе выполнен экономический расчёт эффективности внесённых изменений в базовый технологический процесс производства детали.

Расчёт экономической эффективности является одним из важнейших этапов разработки технологического процесса. Он производится путём сравнения экономических затрат на реализацию базовой технологии и затрат на реализацию разработанного техпроцесса[21].

В изменённом техпроцессе после совершенствования операций и отказа от одного из станков, вспомогательное время сокращено на 25,4%. Данные показатели говорят об эффективности применённых решений[30], однако необходимо провести дополнительные расчёты. Для этого применяются методики, показанные на рисунках 5 и 6:



Рисунок 5 - Методики расчёта экономических показателей

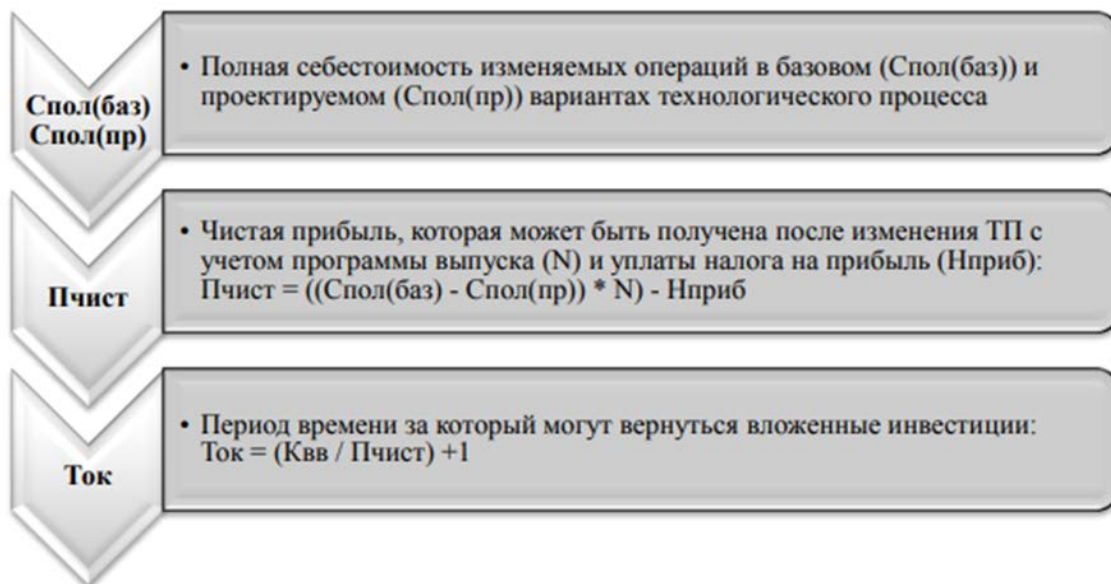


Рисунок 6 - Методики расчёта промежуточных экономических показателей

Для реализации технологии требуются капитальные вложения в размере 6,2 млн. рублей. Определим срок окупаемости и экономический эффект через сложные проценты.



Рисунок 7 - Результаты оценки эффективности

Исходя из этого, описанный процесс можно считать экономически эффективным.

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе проведен анализ технологического назначения и произведены необходимые расчёты для разработки маршрута изготовления изделия « Корпус делительного устройства».

Во втором разделе был назначен среднесерийный тип производства, выбран метод получения исходной заготовки, рассчитаны припуски на механическую обработку и обозначены необходимые условия для производства отливки. После этого, на основе выбранных методов обработки поверхностей, был разработан маршрут обработки поверхности и выбраны средства технического оснащения, отвечающие типу производства и специфике полученной заготовки. Так же, были рассчитаны режимы и силы резания на операцию черновой обработки. Было проведено нормирование технологических операций.

В третьем разделе на основе данных, полученных из расчёта сил и режимов резания была разработана специальная станочная оснастка. В отличие от базовых приспособлений, применяемых на данной операции в базовом техпроцессе, разработанное приспособление имеет механический привод, что сокращает время на установку и снятие заготовки. Так же, в данном разделе был спроектирован режущий инструмент на данную операцию.

В четвёртом разделе были обозначены требования по безопасности на участке мехобработки.

На заключительном этапе работы приведено экономическое обоснование, рассчитана сумма, необходимая на реализацию проекта, рассчитана чистая прибыль, срок окупаемости и расчётный экономический эффект.

Цель данной работы выполнена.

## Список используемой литературы

1. Теплицкий Б. М., Мазо Г. И.Т34 Делительные механизмы. Справочное пособие. Л., «Машиностроение», (Ленингр отд-ние), 1974. 280 с.
2. Большая политехническая энциклопедия: более 7000 словарных статей авт.-сост. Рязанцев В. Д. - Москва : Мир и образование, печ. 2011. - 700 с.
3. Материаловедение: учеб. для студентов вузов /В. С. Кушнер, А. С. Верещака, А. Г. Схиртладзе, Д. А. Негров, О. Ю. Бургонова.; под ред. В. С. Кушнера. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. - 232 с.
4. ГОСТ 14.004-83 Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий.
5. ГОСТ Р 53464-2009 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
6. Расторгуев, Д.А. Проектирование технологических операций : электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. – 1 оптический диск.
7. Технология машиностроения. Расчет припусков и межпереходных размеров: Учеб. пособие / В. Е. Авраменко, Ю.Ю. Терсков. Красноярск: ПИ СФУ, 2007. 88 с.
8. Г.Я. Беляев, Ю.В. Моргун, А.О. Романовский, Ю.В. Синькевич, А.А. Ярошевич / Проектирование маршрута обработки элементарны поверхностей деталей машин, методические указания. БНТУ, Минск, 2014 г. - 189 с.
9. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]: учеб. пособие 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2012. 138 с.
10. Болотин, Хонон Лейбович. Станочные приспособления [Текст] : [Учеб. пособия для машиностроит. специальностей вузов] / Х. Л. Болотин, Ф.



П. Костромин. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1973. - 344 с.

11. Приспособления для металлорежущих станков [Текст] /М. А. Ансеров; Ред. Н. Г. Гутнер. - 4-е изд., испр. и доп. - Ленинград : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1975. - 654 с.

12. Глубокий В.И. Расчет гидравлических приводов станочного оборудования: Учебно-метод. пособие по курсовому проектированию по дисц. «Гидропривод и гидропневмоавтоматика» для студ. машиностроит. спец. /В.И. Глубокий. – Мн.: БНТУ, 2005. – 80 с.

13. Иноземцев Г, Г. Проектирование металлорежущих инструментов: Учеб, пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». — Мл Машиностроение, 1984. — 272 с.

14. Никитина, И. П. Проектирование режущего инструмента : учебное пособие к курсовому проектированию. <http://elib.osu.ru/handle/123456789/10786>

15. Молочко, В. И. Теория резания и режущий инструмент : программно-методический комплекс для студентов заочной формы обучения специализации 1-08 01 01-01 "Профессиональное обучение (машиностроение)" / В. И. Молочко, И. А. Иванов, И. В. Игнаткович. – Минск : БНТУ, 2010. – 72 с.

16. Шелег, В. К. Проектирование технологических процессов механической обработки : пособие для студентов специальностей 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания», 1-37 01 02 «Автомобилестроение», 1-37 01 03 «Тракторостроение», 1-37 01 04 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины», 1-37 01 05 «Электрический и автономный транспорт» / В. В. Шелег, Н. А. Сакович, С. Э. Крайко ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Технология машиностроения». – Минск : БНТУ, 2023. – 45 с.

17. Проектирование металлорежущего инструмента в курсовом и дипломном проектах по технологии машиностроения : методические указания для специальности 360101 - "Технология машиностроения" / сост.: В. И. Романенко, В. А. Шкред ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Технология машиностроения". – Минск : БНТУ, 2003. – 26 с.

18. Шапорева И.Л. Безопасность жизнедеятельности : электрон. учеб.-метод. пособие / И.Л. Шапорева, Л.Н. Горина, Н.Е. Данилина, И.И. Рашоян. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 282 с .

19. Графкина М.В. Охрана труда : учебник / М.В. Графкина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 212 с.

20. ГОСТ 12.1.033-81 ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.

21. Краснопевцева, И.В. Экономика и управление машиностроительным производством : электронное учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 1 электрон. опт. диск.

22. Гордеев А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с

23. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник / А. А. Маталин. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-0771-2.

24. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения : учебник / А. Н. Ковшов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-0833-7.

25. Михайлов А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.

26. Зубарев Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностр. вузов / Ю. М. Зубарев. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 400 с.
27. Cast Iron Technology/ Elliott R. - London, Butterworths, 1988. - 244 pages.
28. Davim J.P. Modern Machining Technology. A practice guide Woodhead Publishing, 2011. — 412 p. — (English).
29. Nee A. Y. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee – London : Springer Reference, 2015.
30. Pahl G. Design for Minimum Cost. In: Engineering Design/ Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote KH. Springer: London. 2007. – p. 156
31. Alexander H. Slocum. Precision Machine Design. Society of Manufacturing Engineers, 1992, 750 p. - ISBN 0872634922, 9780872634923.









Продолжение приложения Б

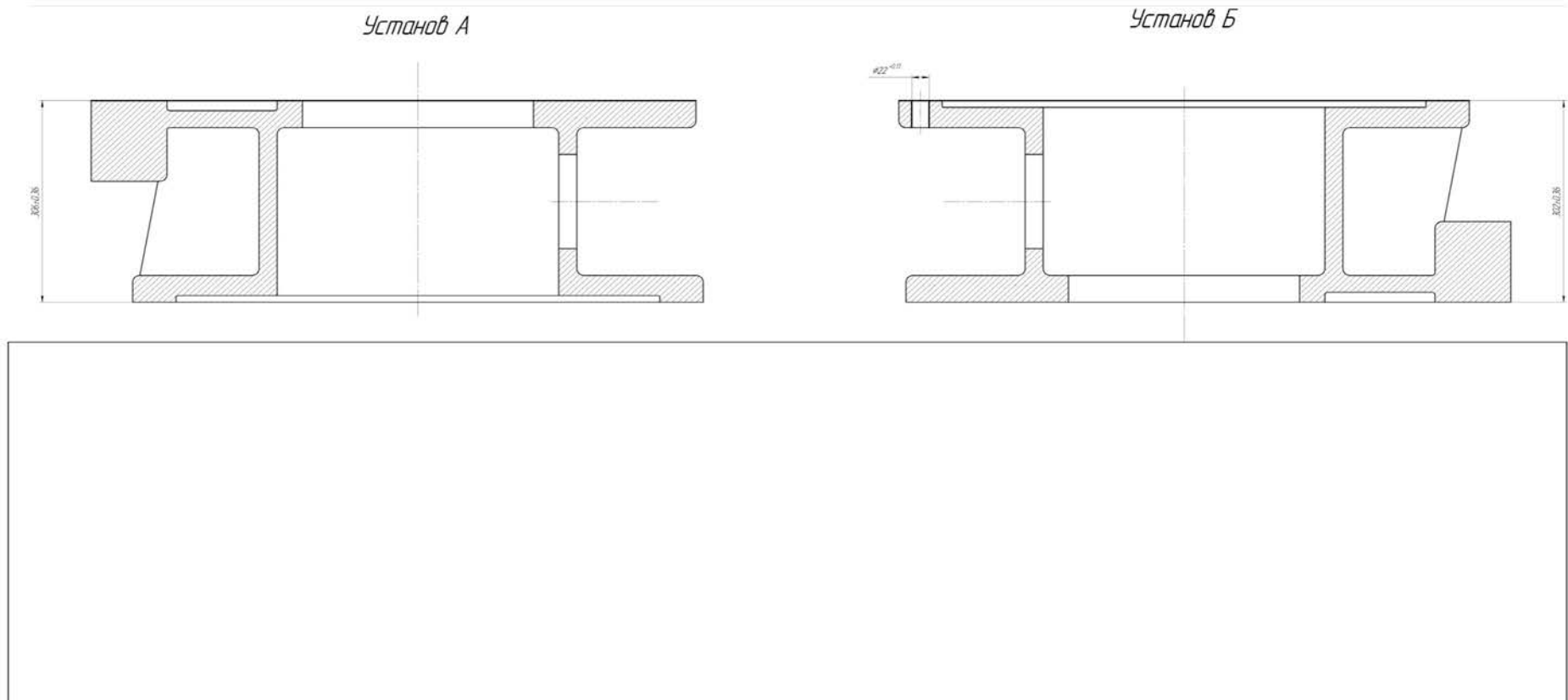


Рисунок Б.1





Продолжение приложения Б

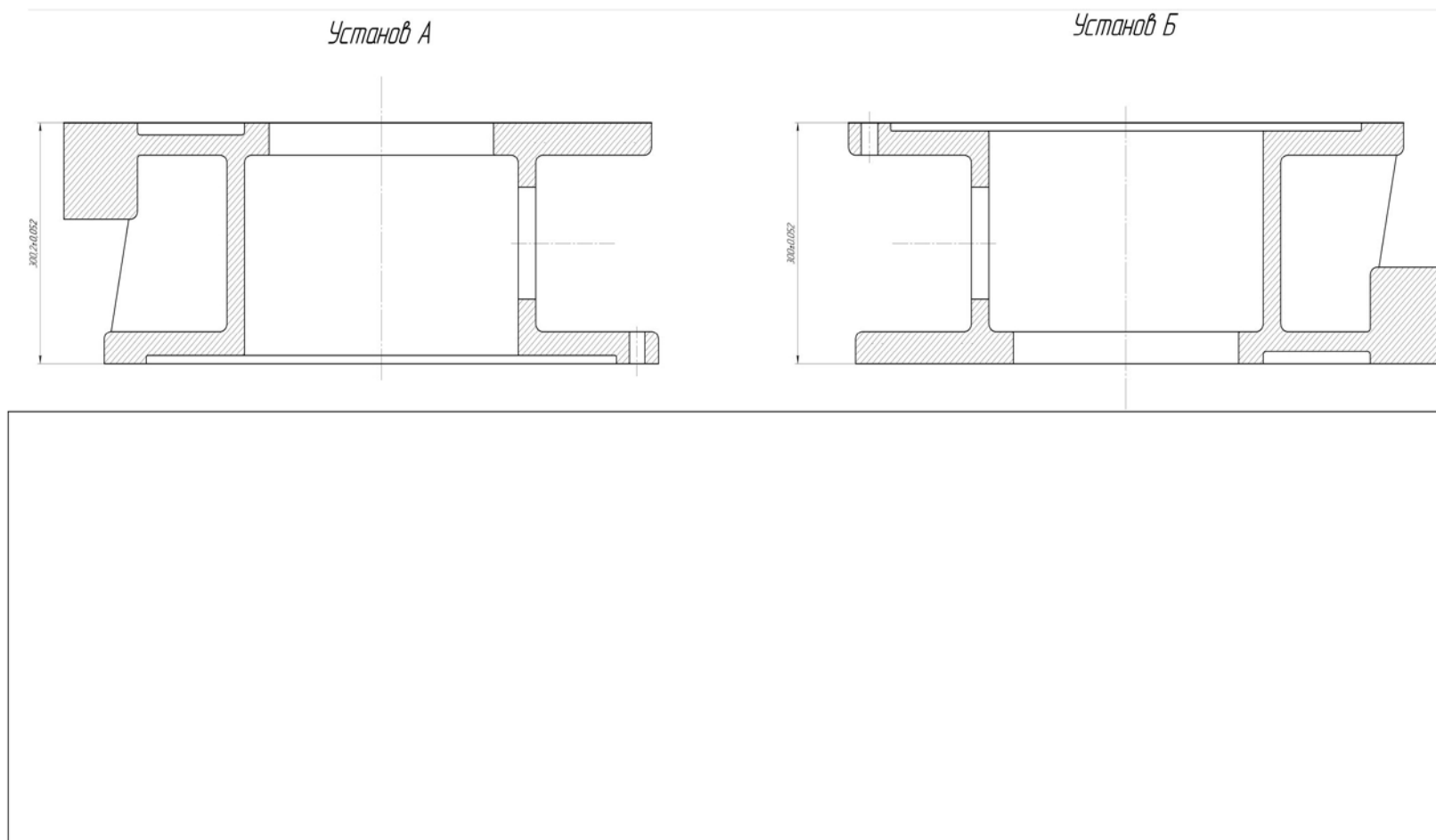


Рисунок Б.2





Продолжение приложения Б

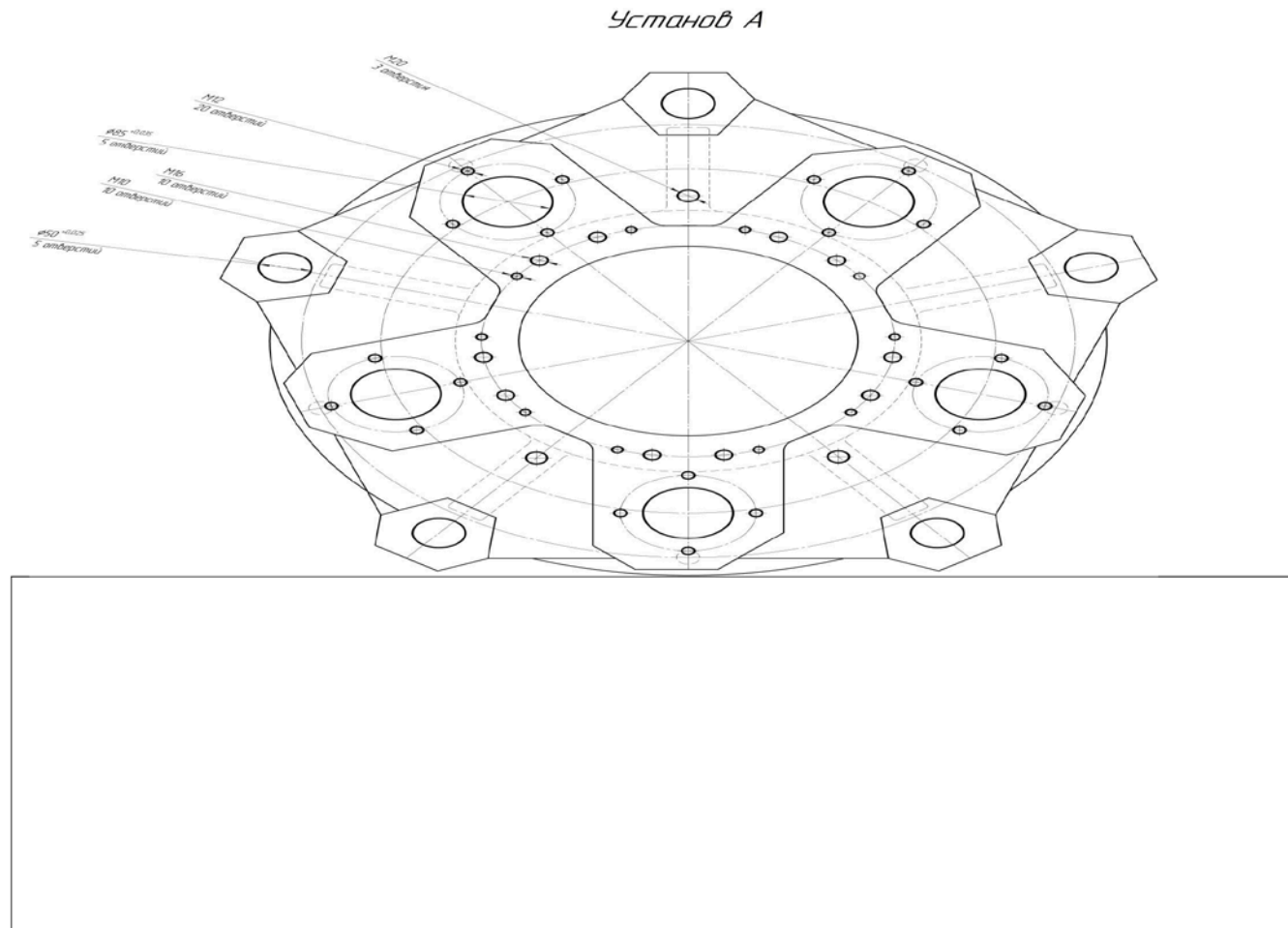


Рисунок Б.3