

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве

Кафедра Технологические процессы и оборудование  
машиностроительного производства

**РАБОТА ПРОВЕРЕНА**

Рецензент,

Д.А. Красильщиков  
доцент  
28.09.2016

2016г.

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой  
профессор

С.В. Сертесев

2016г.

Участок механической обработки детали «Корпус 61.28-5»

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-151900.2016.065.000П3 ВКР**

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности,  
Х.Т.Н., доцент

Х.Т.Н. В.Г. Некрутов  
2016 г.

Строительный раздел,

Х.Т.Н., доцент

Х.Т.Н. Е.Н. Гордеев  
2016 г.

Руководитель работы,

Н.Т.Н., доцент

Н.Т.Н. В.Г. Некрутов  
2016г.

Автор работы

студент группы У-КФп-522

П.В. Холкин  
2016 г.

Нормоконтролер,

ст. преподаватель

А.В. Иранкин  
2016 г.

Усть-Катав 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Челябинске

Направление 151900 Конструкторско-технологическое обеспечение машино-  
строительных производств  
Кафедра Технологические процессы и оборудование машиностроительного  
производства

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
 С.В. Сергеев  
2016 г.

**ЗАДАНИЕ**  
на выпускную квалификационную работу студента  
Ходынина Павла Викторовича

Группа У-КФп-521

1 Текущая работы Участок механической обработки детали Корпус 61.28.50  
утверждена приказом по университету от 15 апреля 2016 г. № 661

2 Срок сдачи студентами защищенной работы 25.06.2016 г.

3 Исходные данные к работе

3.1 Чертеж детали

3.2 Чертеж узла

3.3 Существующий технологический процесс изготовления детали

3.4 Годовая программа выпуска детали – 500 шт

3.5 Материал курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения».

**4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)**

[Аннотация](#)

[Оглавление](#)

[Введение](#)

**4.1 Анализ исходных данных.** Описание узла изделия **Служебное назначение детали**. Анализ соответствия требований чертежа детали требованиям её назначения. Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений. Задачи проектирования.

**4.2 Технологический раздел.** Анализ технологичности детали и существующего технологического процесса. Разработка предлагаемого варианта технологического процесса. Размерный анализ разработанного технологического процесса. Расчет режимов резания и нормализование технологического процесса. Выводы.

**4.3 Конструкторский раздел.** Проектирование станочного приспособления для сверления отверстий. Расчет и проектирование рельбанарезной головки. Присоединение контрольного приспособления для замера торцевого бienia. Выводы.

**4.4 Структурный раздел.** Определение количества оборудования рабочих. Выбор типов и определение количества транспортных средств. Расчет погодилей для складирования заготовок и деталей. Выбор способа транспортирования стружки. Планировка оборудования. Выбор типа, формы и определение размеров зонов. Выводы.

**4.5 Безопасность жизнедеятельности.** Разработка мероприятий по снижению энергетических излучений на участке. Расчет устройства жалюзий защиты. Меры защиты при трогах и градобитиях. Выводы.

**4.6 Экономический раздел.** Ориентировочные расчеты себестоимости изложенных детали. Выводы.

[Заключение](#)

[Библиографический список](#)

**5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)**

1 Чертеж детали «Корпус б/28-5»	1,0 л
2 Чертеж заготовки	0,5 л
3 Риммерный анализ (размерная схема в 1-ой проекции)	2,0 л
4 Приспособление для сверления отверстий	1,0 л
5 Головка резьбонакрезная	1,0 л
6 Приспособление для контроля торцовочного бienia	1,0 л
7 Таблица сравнения технологий	1,0 л
8 Планировка участка	1,0 л

Всего 8,5 листов

**6 Консультанты по работе, с указанием относящихся к ним разделов работы**

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Безопасность жизнедеятельности	Некрутов В.Г.		
Строительный	Гордеев Е.Н.		

**7 Дата выдачи задания 05.06.2016 г**

Руководитель Некрутов Владимир Геннадьевич

  
(руководитель)

Задание принято к исполнению 06.06.2016г.

Студент-дипломник Холин Павел Викторович  
(ФИО)

  
(подпись)

## КАЛЕНДАРНЫЙ ИСХАН

Назначение этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Введение	10.06.2016	
Анализ исходных данных	13.06.2016	
Технологический раздел	16.06.2016	
Конструкторский раздел	18.06.2016	
Строительный раздел	19.06.2016	
Безопасность жизнедеятельности	20.06.2016	
Экологический раздел	23.06.2016	
Сформирование работы	27.06.2016	
Направление на рецензию		

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ /С.В. Сергеев/  
 Руководитель работы \_\_\_\_\_ /В.Г. Некрутов/  
 Студент \_\_\_\_\_ /П.В. Халин/

## Аннотация

Ходин, П.В. Участок механической обработки детали «Корпус 61.28-5» -Усть-Катав: филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ (НИУ) в г. Усть-Катаве; 2016, 161 с., 43 ил. Библиографический список – 11 лист., 90 листов чертежей технологического процесса, 8 листов чертежей ф. А1, 1 лист формата А2.

На основе анализа существующего технологического процесса в данной выпускной квалификационной работе спроектирован технологический процесс по обработке детали «Корпус 61.28-5» на базе станков с ЧПУ с применением многостоечного оборудования.

Для оснащения технологического процесса спроектированы специальные конструкции: позиционное присоединение для сверления отверстий; разъемная головка, приспособление для контроля торцового бieniaя. Выполнены рациональные планировка участки механической обработки и рассмотрены безопасные условия работы.

№	Лист	Но. документа	Ред. документа	Лист	Лист
Руководитель	Ходин П.В.	151001_2016_065.0001_13			
Проверка	Попугай В.Г.				
Ревизия	Ходин П.В.				
М. Рукопись	Приание А.В.				
Регистрация	Солдатова С.В.				
Участок Механической обработки детали «Корпус 61.28-5»					Лист.
					Лист.
					4
					161
					Актуален до 01.07.2018 г. Код документа: 151001_2016_065.0001_13

## СОДЕРЖАНИЕ:

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	9
1.1 Назначение и описание узла изделия.....	9
1.2 Служебное назначение детали.....	10
1.3 Анализ соответствия требований чертежа детали требованиям ее назначения.....	10
1.4 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений.....	11
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	14
2.1 Анализ технологичности детали.....	14
2.2 Анализ действующего технологического процесса.....	17
2.2.1 Анализ операционных эскизов и текстовых карт.....	18
2.2.2 Анализ применяемого оборудования, инструмента и оснастки.....	18
2.3 Разработка предлагаемого варианта технологического процесса.....	18
2.3.1 Выбор вида и метода получения заготовки.....	18
2.3.2 Выбор технологических баз и определение последовательности обработки поверхностей детали.....	20
2.3.3 Выбор методов и определение количества переходов для обработки поверхностей детали.....	20
2.3.4 Формирование операций.....	22
2.4 Размерный анализ разработанного технологического процесса.....	26
2.4.1 Формирование эскиза заготовки.....	36
2.5 Расчет режимов резания.....	37
2.6 Нормирование технологического процесса.....	38
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	41
3.1 Проектирование зажимного приспособления .....	41
3.2 Проектирование контрольного приспособления.....	44
3.2.1 Компоновка контрольного приспособления.....	44
3.2.2 Расчет приспособления на точность.....	45
3.3 Проектирование режущего инструмента.....	46
4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	49
4.1 Исходные данные для расчета .....	49
4.2 Выбор и определение количества оборудования.....	49
4.3 Определение количества производственных рабочих .....	51
4.4 Выбор типов и определение количества транспортных средств .....	53
4.5 Выбор и определение потребного количества мостовых кранов .....	53
4.6 Определение потребного количества электротележек .....	55
4.7 Расчет площадей для складирования заготовок и деталей.....	56
4.8 Выбор способа транспортирования стружки.....	56
4.9 Планировка оборудования и определение производственной площади	57

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

5

4.10 Выбор типов, формы и определение размеров здания.....	58
<b>5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....</b>	<b>63</b>
5.1Обеспечение электробезопасности на производственном участк.....	63
5.2 Расчет общего искусственного свечения.....	64
5.3 Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях на пожаро- взрывоопасных объектах .....	67
<b>6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....</b>	<b>70</b>
6.1 Ориентировочный расчет себестоимости изготовления детали.....	70
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>71</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</b>	<b>72</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>73</b>
Приложение А Режимы резания.....	73

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист  
6

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач современного машиностроения является обеспечение качества продукции. Показатели качества тесно связаны с технологичностью конструкции изделия. Правила обеспечения технологичности взаимосвязанных деталей определяют технологическую рациональность конструкторских решений. Одним из инструментов определения рациональности являются анализ и синтез размерных связей.

Прогрессивная технология является основой успешной работы предприятия. Роль технолога состоит в том, чтобы внедрять прогрессивную технологию на том участке, который ему поручен. Даже в условиях установившегося производства инженер-технолог не может работать по шаблону. Внимание технолога должно быть привлечено к тем операциям, где возникают затруднения (идет брак, низкая производительность, ручной труд, низкая стойкость инструмента и т.д.). Основательное знание теории технологии машиностроения, размерноточностного проектирования и обеспечение технологичности изделия оказывают существенную помощь технологу в выборе правильного направления в решении задачи.

В современных производствах, как в отечественных, так и зарубежных, основную роль имеет конкурентоспособность продукции и эффективность производства. Здесь главную роль играет технология производства, которая рассматривает все способы и приёмы переработки сырья для получения максимального количества и качества продукции при минимальных затратах. Технология как наука о способах и методах переработки сырья в готовое изделие (продукт или полуфабрикат) возникла в связи с развитием промышленного производства продукции в больших объёмах.

В настоящее время технология промышленного производства является самостоятельной отраслью знаний с накопленным обширным теоретическим и опытным материалом. Из описательной она превратилась в точную науку, использующую основные положения физики, химии, механики, теплотехники, кибернетики, экономики, организации и планирования производства, а также крупнейшие открытия, изобретения и передовой мировой опыт. Широкое использование научных достижений в технологии промышленного производства и внедрение достижений научно-технического прогресса позволяет создавать наиболее рациональные производственные процессы и совершенствовать организацию производства. Это обеспечивает сокращение затрат тяжёлого труда и повышение его производительности. Поэтому высокий уровень технологии производства обеспечивает высокое качество и низкую себестоимость продукции при достаточно большом объеме ее выпуска, что в конечном итоге оказывает решающее влияние на высокую конкурентоспособность и рентабельность продукции и производства. Технология промышленного производства играет также особо важную роль в ускорении научно-технического прогресса.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка участка механической обработки детали «Корпус». Основой для выполнения проектного варианта технологического процесса служит технологическая и конструкторская

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

7

документация на изделие, изготавливаемое в настоящее время на предприятии.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

1. Анализ действующего технологического процесса.
2. Составление плана производства и выбор исходной заготовки для разработки проектного варианта технологического процесса.
3. Проектирование и анализ режущего инструмента, станочных и контрольных приспособлений.
4. Оценка экономической перспективности и финансовой эффективности инвестиций, связанных с реализацией проекта.
5. Проектирование мероприятий по обеспечению безопасности производства.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

8

# 1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

## 1.1 Назначение и описание узла изделия

Планетарный редуктор, представленный на рисунке 1, служит для понижения частоты вращения и соответственно повышение вращающего момента ведомого вала по сравнению с валом ведущим. К корпусу крепят электродвигатель, который служит для передачи вращения шестеренок и для работы редуктора в целом. Входной вал, к которому приложен момент с электродвигателя, расположен в нижней части корпуса и передает путем зубчатого зацепления одного центрального – ведущего и двух ведомых колес крутящий момент.

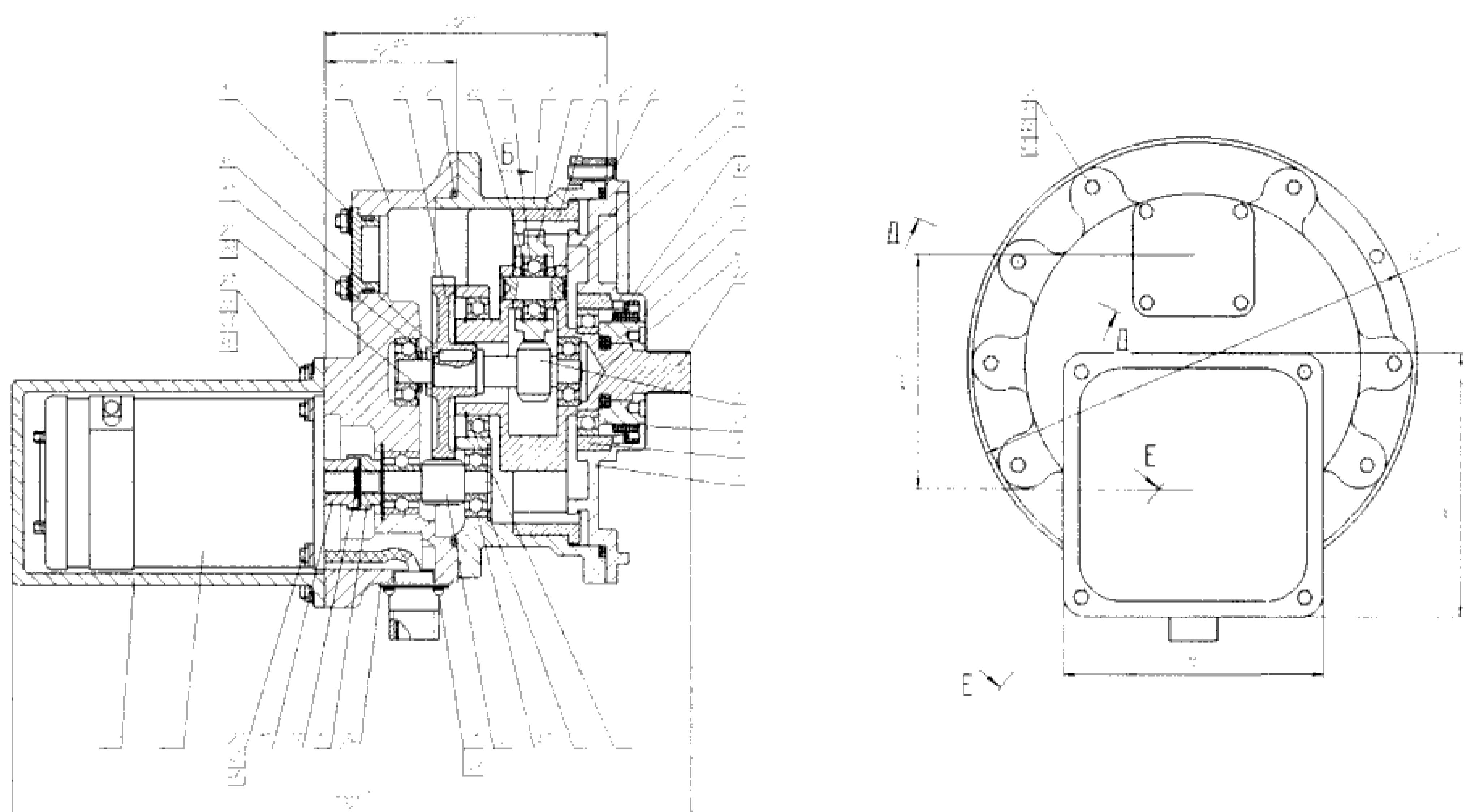


Рисунок 1—Планетарный редуктор

## 1.2 Служебное назначение детали

Рассматриваемая деталь «Корпус» входит в состав узла планетарного редуктора, который в свою очередь входит в транспортер, предназначенный для подачи боеприпасов к «САУ». Деталь необходима в узле для выполнения базирующих и закрепляющих функций, он должен обеспечивать удобство сборки, правильное расположение элементов узла (валов, подшипников, зубчатых колес) и красивый внешний вид изделия, в общем. Отчасти деталь выполняет и защитную функцию, предохраняя внутреннюю часть узла от попадания грязи и пыли.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист  
9

### 1.3 Анализ соответствия требований чертежа детали требованиям ее назначения

Все валы установлены в корпус на подшипниках шарикового радиального однорядного типа. В связи с этим в корпусе присутствуют 2 отверстия  $\phi 32H7$  из условия посадки подшипников этой серии.

В силу конструктивных особенностей узла и служебного назначения детали в нем, к самой детали предъявляются следующие требования:

- деталь является корпусной, следовательно, к ней происходит закрепление других деталей, для обеспечения требуемой жесткости конструкции деталь термообрабатывают на стадии получения заготовки;
- к соединительным поверхностям детали так же предъявляются требования перпендикулярности, класс шероховатости поверхностей Rz20;
- неуказанные поверхности на детали имеют класс шероховатости Rz80, остальные технические требования выполняются по ГОСТ 30893.2-мК., технические условия на отливку по ОСТ 3-4227-79, группа контроля 2.
- точность обработки отверстий в среднем по  $7 \div 10$  квалитетам;
- точность нарезания внутренней резьбы по среднему классу 6Н, так же недопустимость наличия раковин и сколов на первых двух витках резьбы;
- позиционный допуск взаимного расположения крепежных отверстий относительно центрального, в котором устанавливаются подшипники качения;
- шероховатость обработки поверхности основания Rz20 мкм, шероховатость резьбовых отверстий Rz20 мкм, шероховатость других поверхностей Rz80 мкм.

Деталь изготовлена из алюминиевого литьевого сплава АК7 (АЛ9) ГОСТ 1583-93, который применяется для изготовления фасонных отливок, поэтому конфигурация наружного контура и внутренних поверхностей не вызывает значительных трудностей при получении заготовки, сплав отличается высокой герметичностью. Алюминиевый литьевой сплав имеет состав и свойства, представленные в таблицах 1-5.

Таблица 1 – Химический состав в % материала АК7 (АЛ9)

Fe	Si	Mn	Al	Cu	Pb	Be	Mg	Zn	Sn	Примесей	-
до 1.5	6 – 8	до 0.5	89.6 – 93.8	до 0.2	до 0.05	до 0.1	0.2 – 0.4	до 0.3	до 0.01	всего 2	Ti+Zr<0.15

Таблица 2 – Механические свойства при  $T=20^{\circ}\text{C}$  материала АК7 (АЛ9)

Сортамент	Размер	Напр.	$\sigma_{\text{B}}$	$\sigma_{\text{T}}$	$\delta_5$	$\psi$	KСU	Термообр.
-	мм	-	Мпа	Мпа	%	%	кДж / м <sup>2</sup>	-
литье в песчаную форму			170	120	2			
литье в кокиль			230	140	4			

					151900.2016.049.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Таблица 3 – Твердость материала от типа заготовки

Твердость материала АК7 (АЛ9), литье в кокиль	НВ 10 <sup>-1</sup> = 70 МПа
Твердость материала АК7 (АЛ9), литье в песчаную форму	НВ 10 <sup>-1</sup> = 60 МПа

Таблица 4 – Физические свойства материала АК7 (АЛ9)

T	E 10 <sup>-5</sup>	$\alpha \cdot 10^6$	$\lambda$	$\rho$	C
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м <sup>3</sup>	Дж/(кг·град)
20	0.7			2660	
100		21.8	155		880

Литейно-технологические свойства материала АК7 (АЛ9):  
Линейная усадка – 1 %.

Сплавы алюминия с кремнием (силумины) Al-Si (АЛ2, АЛ4, АК7 (АЛ9)) отличаются высокими литейными свойствами, а отливки – большой плотностью. Силумины сравнительно легко обрабатываются резанием.

#### 1.4 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений

Глобализация мировой экономики – давно уже свершившийся факт, несущий с собой как большие преимущества, так и серьезные недостатки. Это в полной мере относится к машиностроению, в частности к станкостроению, и отражается на всех странах – производителях и потребителях станочной продукции, в том числе и на России. Происходивший с начала 90-х годов и вызванный целом рядом политических (в первую очередь распад Союза) и экономических причин обвал национального станкостроения привел к наплыву в страну большого числа зарубежных фирм-производителей станков, инструментов и комплектующих. Здесь сыграли свою роль 2 важнейших фактора: практическое отсутствие обновления станочного парка России в течение последних 10 ÷ 12 лет и относительно быстрый рост ряда отраслей промышленности, начиная с 1999 г., вызванный дефолтом и ростом цен на нефть и другое сырье. В числе таких отраслей можно назвать автомобильное строение, топливно-энергетический комплекс, авиационную (ее военная составляющая) и оборонную промышленность.

Российское станкостроение, подорванное в результате длительного спада, не могло выдерживать конкуренции с высококлассной продукцией таких стран, как Германия, Швейцария, Япония, Италия и ряда других. Значительную часть требуемого оборудования оно не производило и раньше, а фактическое прекращение выпуска комплектующих (в значительной мере из-за отсутствия стабильного спроса на них со стороны российских потребителей, не говоря об иностранных), привело к тому, что даже станки, изготовленные российскими фирмами, из-за необходимости сбыта в своей стране и за рубежом, чаще всего

оснащались немецкими, отчасти японскими, швейцарскими и итальянскими комплектующими.

Германия (в том числе бывшая ГДР) всегда была основным зарубежным поставщиком станков, КПО и комплектующих на советские, а в дальнейшем и на российские заводы. Она остается им в настоящее время, несмотря на рост конкуренции со стороны испанских, южнокорейских, тайваньских и отчасти американских фирм. Причины этого состоят прежде всего в традиционно высокой культуре производства, высоком техническом уровне, в том числе сервисного обслуживания и широком ассортименте выпускаемой продукции. Однако относительно высокие цены, характерные для германской продукции, дают немалые шансы, особенно в российских условиях, другим производителям, которые эти шансы нередко с успехом реализуют. На российском рынке немецкие фирмы часто действуют объединенными усилиями, организуя для знакомства со своей продукцией потенциальных потребителей из различных отраслей симпозиумы и семинары. Одним из таких симпозиумов стал состоявшийся 10-11 ноября 2004 г. симпозиум «Станки и технологии из Германии – компетентный партнер для российской автомобильной промышленности». В нем приняло участие 19 ведущих фирм-производителей обрабатывающих центров, зубообрабатывающих, протяжных и шлифовальных станков, а также гидравлических, штамповочных, гибочных, вырубных и лазерных прессов, которые продемонстрировали широкие возможности немецких станкостроителей. Немалый интерес специалистов вызвал и ноябрьский симпозиум фирмы DMG, посвященный использованию ее многоцелевых, лазерных и ультразвуковых станков в авиакосмической промышленности.

Однако Россия еще с советских времен имеет давние связи в области станкостроения не только с Германией, но также со Швейцарией, Италией, Японией, Великобританией, Францией, Болгарией и Чехией. Некоторые из этих стран (Швейцария, Италия, Япония) эти связи сохранили и расширили, другие (Великобритания, Франция, Болгария и Чехия) подрастаю и только начинают восстанавливать. Появились на российском рынке и третья страны (Южная Корея, Тайвань, Испания, Китай и др.) начавшие практически с чистого листа и уже добившиеся определенных успехов в сбыте своей продукции.

В итоге сегодня российских для потребителей станкоинструментальной продукции наибольший интерес представляет продукция следующих стран: Германии, Швейцарии, Италии, Испании, Японии, Кореи и Тайваня. Китайская продукция в парке российских станков занимает пока незначительное место (поставки инструментов более существенны), поскольку китайцы, выпуская в основном станки невысокого уровня и качества, играют сегодня на одном поле с российскими производителями. Однако серьезные зарубежные инвестиции в китайское станкостроение, несколько заводов ведущих западных и японских фирм, уже построенных в Китае и выпускающих высокотехнологичную продукцию (правда, пока в основном на китайский рынок) – все это заставляет предположить, что уже недалеко то время, когда на российском рынке появится

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

12

серьезный и опасный конкурент, которому, тем не менее, долго придется убеждать потенциальных потребителей в высоком качестве и надежности своей продукции. В дальнейшем планируется проанализировать динамику производства за последние годы станков в семи указанных выше странах, представляющих наибольший интерес для российских потребителей теперь и могущих стать серьезными партнерами в будущем.

### Задачи проектирования

- разработать технологический процесс, выполнить размерный анализ технологического процесса;
- разработать приспособление для комплексной операции;
- разработать комбинированный резец;
- разработать приспособление для контроля радиального бieniaя;
- выполнить планировку участка;
- выполнить ориентировочный расчет себестоимости изготовления детали

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

13

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Анализ технологичности детали

Технологичность важнейшая технологическая основа, обеспечивающая использование конструкторских и технологических резервов для выполнения задач по повышению технико-экономических показателей изготовления.

Требования, связанные с технологичностью устанавливаются ГОСТ 2.121-73, а также группой стандартов ГОСТ 14.201-83...14.204-73.

Технологичность конструкции детали обуславливается: рациональным выбором исходных заготовок и материалов, формой детали, грамотной простановкой размеров; назначением оптимальной точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, параметров шероховатости и технических требований.

Оценка технологичности конструкции детали может быть двух видов: количественная и качественная.

Рассмотрим качественную оценку технологичности. Деталь – корпус изготавливается из алюминия АК7 (АЛ9), поэтому конфигурация наружного контура и внутренних поверхностей не вызывает значительных трудностей при получении заготовки.

Корпус имеет сложный наружный профиль и внутренние ступенчатые отверстия в соответствии с рисунком 2. На чертеже указаны основные линейные и диаметральные размеры, однозначно определяющие конфигурацию детали. Деталь представляет собой тело вращения из сочетания множественных диаметров, максимальным из которых является размер равный  $\varnothing 196$  мм. Общая ширина корпуса равна  $62_{-0,46}$  мм и выполняется по 13 квалитету. Внешняя лицевая В сторона представляет собой сочетание двух прямоугольных поверхностей Ж и З. Одна из них (Ж) расположена в верхней части, центр которой расположен на расстоянии  $53,75^{+0,13}_{-0,03}$  мм относительно центра детали, и имеет 8 отверстий с резьбой М6-6Н.

Так же корпус имеет глухой паз Б размером  $20_{-0,84}$  мм и глубиной  $45 \pm 1,5$  мм. Внутренний контур данной поверхности (Ж) представляет собой ряд сочетаний ступенчатых диаметров выходящих в сквозное отверстие А диаметром  $\varnothing 32^{+0,025}$  мм, выполненное по 7 квалитету. Вторая поверхность З выполнена в нижней части детали на расстоянии  $48 \pm 0,3$  мм относительно центра и имеет 4 отверстия с аналогичной предыдущей резьбе. Внутренняя поверхность – сквозное отверстие Е диаметром  $\varnothing 37^{+0,01}$  мм.

Рабочая поверхность Д выполнена в виде плоскости диаметром  $\varnothing 196$  мм. Внутренний контур представлен в виде простого ступенчатого сочетания цилиндров диаметрами  $\varnothing 169^{+0,4}$  мм и  $\varnothing 158^{+0,063}$  мм, переходящих в два сквозных отверстия А и Е, имеющих каждую из них общую ось с двумя другими отверстиями соответственно, принадлежащих поверхностям лицевого профиля. Так же выполнено глухое отверстие диаметром  $\varnothing 27^{+0,52}$  мм, плавно переходящее за счет радиуса  $R = 3 \pm 0,125$  в отверстие Г диаметром  $\varnothing 32^{+0,025}$  мм,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	14
					151900.2016.049.000 ПЗ	

выполненное по 7 квалитету, имеющую общую ось с корпусом.

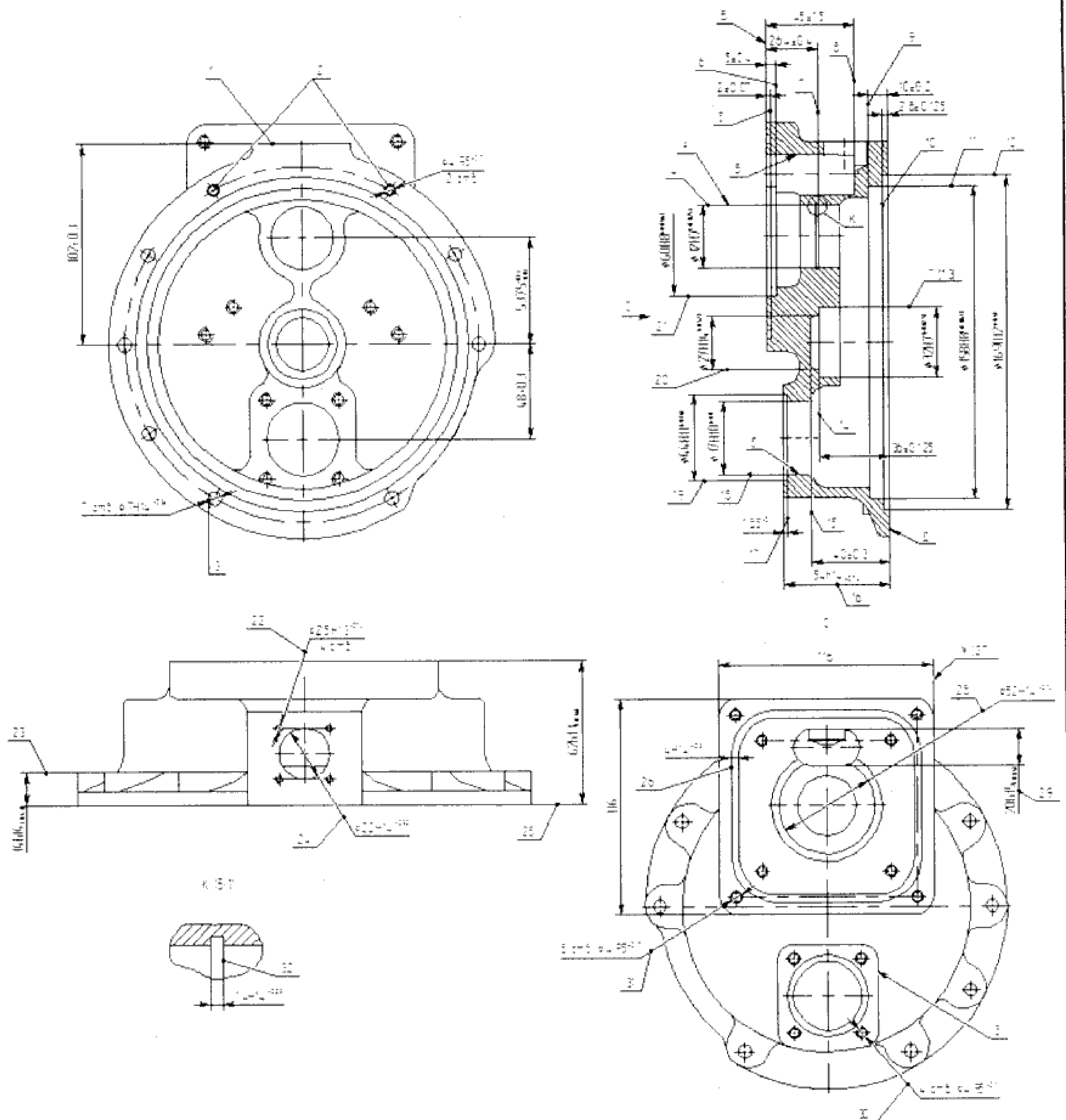


Рисунок 2 – Поверхности корпуса

Деталь имеет хорошие базовые поверхности для установки на станке. Взаимное расположение поверхностей детали не вызывает трудности при подводе режущего инструмента. Деталь позволяет применять высокопроизводительные режимы обработки.

Для корпусных деталей, подвергаемых обработке большим числом режущего инструмента, простановка размеров должна выполняться от единой технологической базы.

Анализ поверхностей корпуса приведен в таблице 5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таблица 5 – Анализ поверхностей детали

№ п/п	№ поверхности	Размер, мм	Квалитет	Шероховатость, мкм
1	1	102 $\pm 0,3$	H14	Ra6,3
2	2	$\varnothing 4,95^{+0,17}$	H13	Ra3,2
3	3	$\varnothing 7^{+0,36}$	H14	Ra6,3
4	4	$\varnothing 32^{+0,025}$	H7	Ra1,25
5	5	2 $\pm 0,07$	js13	Ra2,5
6	6	5 $\pm 0,4$	Js16	Ra12,5
7	7	26,4 $\pm 0,4$	Js15	Ra3,2
8	8	45 $\pm 1,5$	Js17	Ra12,5
9	9	10 $\pm 0,2$	Js14	Ra3,2
10	10	2,8 $\pm 0,125$	Js14	Ra12,5
11	11	$\varnothing 158^{+0,063}$	H8	Ra2,5
12	12	$\varnothing 169^{+0,4}$	H12	Ra3,2
13	13	$\varnothing 32^{+0,025}$	H7	Ra1,25
14	14	36 $\pm 0,125$	Js12	Ra2,5
15	15	40 $\pm 0,3$	Js14	Ra12,5
16	16	54 $_{-0,74}^{+}$	h14	Ra6,3 / Ra3,2
17	17	$\varnothing 1,85^{+0,1}$	H12	Ra2,5
18	18	$\varnothing 37^{+0,1}$	H10	Ra2,5
19	19	$\varnothing 44^{+0,16}$	H11	Ra12,5
20	20	$\varnothing 27^{+0,52}$	H14	Ra12,5
21	21	$\varnothing 60^{+0,046}$	H8	Ra2,5
22	22	$\varnothing 2,5^{+0,14}$	H13	Ra3,2
23	23	14 $_{-0,43}^{+}$	h14	Ra6,3
24	24	$\varnothing 22^{+0,52}$	H14	Ra6,3
25	25	62 $_{-0,46}^{+}$	H13	Ra3,2
26	26	4 $^{+0,3}$	H14	Ra3,2
27	27	116	Js15	Ra12,5
28	28	$\varnothing 52^{+0,74}$	H14	Ra6,3
29	29	20 $_{-0,84}^{+}$	H15	Ra12,5
30	30	$\varnothing 4,95^{+0,17}$	H13	Ra3,2
31	31	$\varnothing 4,95^{+0,17}$	H13	Ra3,2
32	32	1,4 $^{+0,25}$	H14	Ra3,2

Производя технологический контроль чертежа можно сделать вывод, что на чертеже достаточно видов, размеров, сечений, дающих полное представление о конструкции детали, а простановка размеров рациональна.

Точность обработки и шероховатость поверхностей оптимальны и экономически обоснованы.

Деталь достаточно технологична, все размеры детали принадлежат к ряду нормальных размеров, фаска имеет размер  $0,5 \times 45^0$  и  $1 \times 45^0$ , литейные радиусы R3 и R8.

Основные требования к параметрам шероховатости  $R_a$  2.5,  $R_a$  1.25. Жесткость «Корпуса» достаточна, поскольку отношение высоты к ширине равно 3,2, что не превышает рекомендованного для многорезцовой обработки, которое составляет 10.

Рассмотрим количественную оценку, определим коэффициент использования материала в формуле

$$K_{im} = \frac{M_d}{M_3},$$

где  $K_{im}$  - коэффициент использования материала;

$M_d$  - масса детали, кг;

$M_3$  - масса заготовки, кг.

$$K_{im} = \frac{1,41}{2,1} = 0,67$$

Вывод: Анализ показал, что деталь «Корпус» является технологичной.

## 2.2 Анализ существующего технологического процесса

Деталь корпус обрабатывается по технологическому процессу, приведенному в таблице 6, который предусматривает операции.

Таблица 6 – Операции действующего технологического процесса

№оп	Название операции	Оборудование
100	Вертикально-фрезерная	Вертикально-фрезерный 6Р13П
105	Горизонтально-расточная	Горизонтально-расточной 2Е656Р
110	Слесарная	Слесарный участок
115	Токарно-винторезная	Токарно-винторезный 1К62
120	Горизонтально-расточная	Горизонтально-расточной 2Е656Р
125	Горизонтально-расточная	Горизонтально-расточной 2Е656Р
130	Разметочная	Разметочная плита
135	Вертикально-фрезерная	Вертикально-фрезерный 6Р13П
140	Вертикально-фрезерная	Вертикально-фрезерный 6Р13П
145	Радиально-сверлильная	Радиально-сверлильный 2Н55
150	Радиально-сверлильная	Радиально-сверлильный 2Н55
155	Радиально-сверлильная	Радиально-сверлильный 2Н55
160	Радиально-сверлильная	Радиально-сверлильный 2Н55
165	Слесарная	Слесарный участок
170	Маркирование	Маркировочная плита
175	Контроль	Контрольная плита

## 2.2.1 Анализ операционных эскизов и текстовых карт

В маршрутном технологическом процессе произведено сокращенное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения, указаны оборудование, цех и участок. Указана марка алюминия, профиль и размеры заготовки. В маршрутной карте указаны код профессии, разряд рабочего, штучное время.

Не указаны масса заготовки, коэффициент использования металла.

Также к недостаткам относится отсутствие обозначения режущего, вспомогательного и измерительного инструментов, а также режимов резания.

## 2.2.2 Анализ применяемого оборудования, инструмента и оснастки

Деталь корпус обрабатывается на оборудовании, приведенному в таблице 7.

Из технологического анализа имеем: наружные поверхности детали обрабатываются путем фрезерования, внутренние поверхности обрабатываются с помощью осевых инструментов (операции сверления), так же используется комбинированный инструмент для растачивания внутренней ступенчатой цилиндрической поверхности. Обработка резьбы производится метчиком.

Внутренняя обработка производится на токарно-винторезном станке 1К162. Характерными особенностями данного станка являются значительная мощность, большое количество скоростных режимов и возможности больших подач, что обеспечивает высокую производительность.

Наружные поверхности обрабатываются на горизонтально-расточном станке 2Е656Р. Станок не обеспечивает точность обработки.

Операции сверления производятся на радиально-сверлильном станке 2Н55, где обеспечиваются все требования конструктора.

Предварительные операции обеспечиваются на вертикально-фрезерном станке 6Р13П. Данный станок так же обеспечивает заданную точность.

В действующем технологическом процессе обработка детали на горизонтально-расточном станке ведется инструментом с напайными пластинами.

Анализ инструмента и оснастки произвести не представляется возможным виду отсутствия их наименований в действующем ТП.

## 2.3 Разработка предлагаемого варианта технологического процесса

### 2.3.1 Выбор вида и метода получения заготовки

Одно из основных направлений современной технологии машиностроения – совершенствование заготовительных процессов с целью снижения припусков на механическую обработку, ограничения ее операциями окончательной отделки, а в ряде случаев полного исключения, т.е. обеспечения малоотходной и безотходной технологии.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	18
					151900.2016.049.000 ПЗ	

Необходимо выбрать способ получения заготовки корпуса из алюминиевого литьевого сплава АК7 (АЛ9) ГОСТ 1583-93 в условиях серийного производства.

Детали такой конструкции и массы, заготовка которых будет весить около 2,5 кг, изготовленная из алюминиевого сплава АК7 (АЛ9) ГОСТ 1583-93, могут получаться: литьем в землю при машинной формовке по деревянным и металлическим моделям; литье в полупостоянные (цементные, графитовые, асбесто- и графитоалебастровые формы); литье в кокиль.

Так как данная деталь относится к небольшим по размерам деталям несложной конфигурации и приливами, то целесообразнее использовать более прогрессивный метод литья - в кокиль. Производительность способа - до 30 отливок в 1 ч., можно получить отливки массой 0,5...7 т, имеющие точность 5...9-го квалитетов по СТ СЭВ 144-75 и параметр шероховатости поверхности  $Ra=8...16$ .

Кокиль – металлическая форма, которая заполняется расплавом под действием гравитационных сил. В отличие от разовой песчаной формы кокиль может быть использован многократно. Таким образом, сущность литья в кокиль состоит в применении металлических материалов для изготовления многократно используемых литейных форм, металлические части которых составляют их основу и формируют конфигурацию и свойства отливки.

Кокиль - металлическая форма, обладающая по сравнению с песчаной значительно большей теплопроводностью, теплоемкостью, прочностью, практически нулевой газопроницаемостью и газоотводностью.

Литье в кокиль является одним из наиболее широко применяемых видов литья в настоящее время. Из-за автоматизации технологического процесса, литье в кокиль становится наиболее экономически выгодным при изготовлении больших партий отливок или начале серийного производства конкретной детали.

Преимущества литья в кокиль:

- Повышение производительности труда в результате исключения трудоемких операций смесеприготовления, формовки, очистки отливок от пригара.

Поэтому использование литья в кокиль, по данным различных предприятий, позволяет в 2 - 3 раза повысить производительность труда в литейном цехе, снизить капитальные затраты при строительстве новых цехов и реконструкции существующих за счет сокращения требуемых производственных площадей, расходов на оборудование, очистные сооружения, увеличить съем отливок с 1 м<sup>2</sup> площади цеха.

- Повышение качества отливки, обусловленное использованием металлической формы, повышение стабильности показателей качества: механических свойств, структуры, плотности, шероховатости, точности размеров отливок.

- Устранение или уменьшение объема вредных для здоровья операций выбивки форм, очистки отливок от пригара, их обрубки, общее оздоровление и улучшение условий труда, меньшее загрязнение окружающей среды.

- Механизация и автоматизация процесса изготовления отливки, обусловленная многократностью использования кокиля. Для получения отливок заданного качества легче осуществить автоматическое регулирование

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	19
					151900.2016.049.000 ПЗ	

технологических  
улучшить качество  
характер труда  
комплексов.

параметров процесса. Автоматизация процесса позволяет отливок, повысить эффективность производства, изменить литьщика-оператора, управляющего работой таких

Недостатки литья в кокиль:

- Высокая стоимость кокиля, сложность и трудоемкость его изготовления.
- Ограниченнная стойкость кокиля, измеряемая числом годных отливок, которые можно получить в данном кокиле. От стойкости кокиля зависит экономическая эффективность процесса.
- Сложность получения отливок с поднутрениями, для выполнения которых необходимо усложнять конструкцию формы - делать дополнительные разъемы, использовать вставки, разъемные металлические или песчаные стержни.

Форма заготовки приведена в соответствии с рисунком 3.

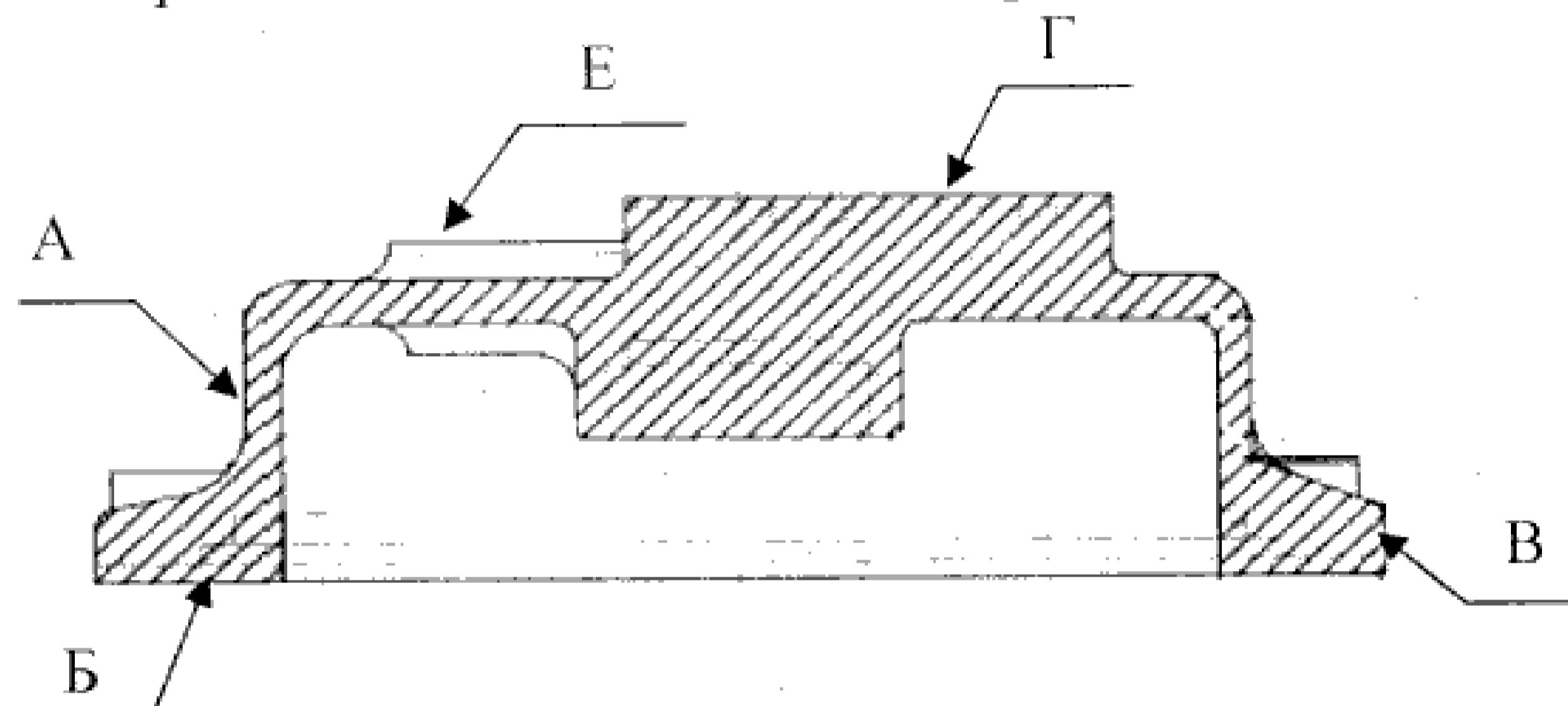


Рисунок 3 – Форма заготовки

### 2.3.2 Выбор технологических баз и определение последовательности обработки поверхностей детали

Основными базовыми поверхностями детали являются поверхность Е и Г и поверхность А ( $\varnothing 196$ ) (см. рис. 3). Все остальные поверхности являются вспомогательными. Базируемся за поверхность А, поверхность Г и обрабатываем торец Б, отверстие  $\varnothing 158$ ,  $\varnothing 169$ ,  $\varnothing 32$ ,  $\varnothing 27$  и нарезаем резьбу М6х1. После этого базируемся за поверхность В, торец Б и обрабатываем торец Е, Г,  $\varnothing 22$ ,  $\varnothing 44$ ,  $\varnothing 37$ , обрабатываем все линейные размеры. После обрабатываем поверхности под резьбу и нарезаем резьбу М6х1 и М3х1.

### 2.3.3 Выбор методов и определение количества переходов для обработки поверхностей детали

В качестве примера рассчитаем метод обработки одной самой точной поверхности, на остальные поверхности количество необходимых переходов определим по таблице.

Определим способы и количество переходов для обработки поверхности  $\varnothing 32^{+0,025}$ , Ra 1,25 расчетным методом.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

$$T_3 = 0,5 \quad R_a = 12,5 \\ T_d = 0,025 \quad R_a = 1,25$$

Сравниваем два уточнения

$$\varepsilon_p^\phi = \frac{T_3}{T_d} = \frac{0,5}{0,025} = 20;$$

$$\varepsilon_p^{R_a} = \frac{R_a}{R_a} = \frac{12,5}{1,25} = 10$$

где  $T_3$  – допуск заготовки;

$T_d$  – допуск детали;

Выбираем максимальное уточнение  $\phi = 20$

Принимаем в качестве окончательного метода обработки точение чистовое, номинальный припуск  $Z_{\text{ном}} = 0,1$

Данные параметры по точности и шероховатости обеспечиваются чистовым расставлением.

Определяем номинальный припуск под чистовое расставление:  
 $Z_{\text{н.шл}} = 0,1$  мм

Находим операцию предшествующую чистовому расставлению.

$$T_{i-1} = \frac{0,1}{2 \dots 4} = 0,05 \dots 0,025$$

Принимаем допуск предшествующей операции

$$T_{i-1} = 0,05.$$

Определяем величину уточнения

$$\varepsilon_i = \frac{T_{i-1}}{T_d} = \frac{0,05}{0,025} = 2$$

где  $T_{i-1}$  – предыдущий метод обработки.

Выбираем первый метод обработки – сверление (IT12, Ra 25)

Определяем величину уточнения:

$$\varepsilon_1 = \frac{T_3}{T_1} = \frac{0,5}{0,05} = 10$$

Проверка:

$$\varepsilon_i \cdot \varepsilon_1 \geq \varepsilon_p; \quad 10 \cdot 2 = 20$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

21

Т.к.  $20=20$  требование выполняется, поэтому для обработки поверхности  $\varnothing 32^{+0,025}$ , Ra 1,25 необходимо выполнить следующие методы и переходы:

- сверление IT12, Ra 25;
- расстачивание чистовое IT 9, Ra 1,25.

Табличный метод (для остальных поверхностей):

- 1) Обработка внутренней поверхности  $\varnothing 169$  IT12, Ra 3,2:
  - точение черновое IT12, Ra 25;
  - точение получистовое IT11, Ra 12,5;
  - точение чистовое IT8, Ra 3,2.
- 2) Обработка внутренней поверхности  $\varnothing 158$  IT8, Ra 2,5:
  - расстачивание черновое IT12, Ra 25;
  - расстачивание получистовое IT10, Ra 6,3;
  - расстачивание чистовое IT8, Ra 2,5.
- 3) Обработка линейного размера 54 IT14, торец Ra 6,3:
  - торцевое точение черновое IT14, Ra 50;
  - торцевое точение получистовое IT12, Ra 25;
  - торцевое точение чистовое IT9, Ra 6,3.
- 4) Обработка линейного размера 95 и 4 IT14, Ra 25:
  - фрезерование черновое IT13, Ra 25;
- 5) Обработка отверстия M3-6H:
  - сверление IT12, Ra 12,5;
  - нарезание резьбы M3-6H;
- 6) Обработка отверстия M6-6H:
  - сверление IT12, Ra 12,5;
  - нарезание резьбы M6-6H;
- 3) Обработка отверстий  $\varnothing 7$  IT14, Ra 6,3:
  - зацентровать отверстия
  - сверлить отверстия IT14, Ra 6,3

#### 2.3.4 Формирование операций

Маршрут проектного технологического процесса представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Маршрут проектного технологического процесса

Номер операции	Наименование операции	Наименование оборудования	Модель
005	Входной контроль	Стол контрольный	
010	Токарная с ЧПУ	Токарный с ЧПУ	Puma 2100LY
015	Слесарная	Верстак	

					Лист 151900.2016.049.000 ПЗ
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Продолжение таблицы 7

020	Комплексная с ЧПУ	Фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ	MCU630V-5X
025	Слесарная	Верстак	
030	Моечная	Моечная машина	Сивер 80 ВТ ВД
035	Контроль	Стол контрольный	

Оп. 005 Входной контроль

Оп. 010 Токарная с ЧПУ

Обработать деталь по программе, выдерживая размеры (рисунок 4, 5)

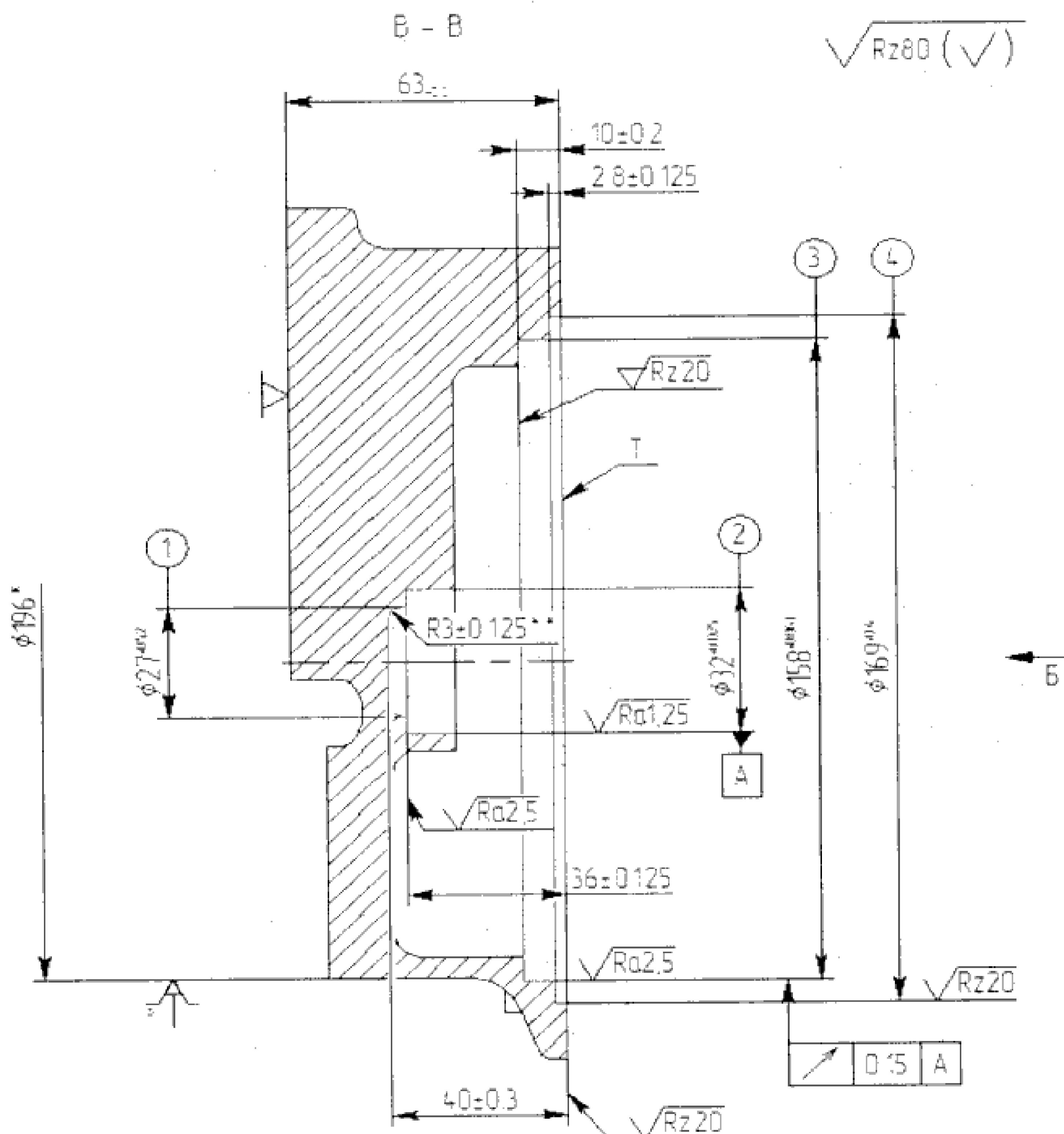


Рисунок 4– Эскиз к операции 010 (лист 1)

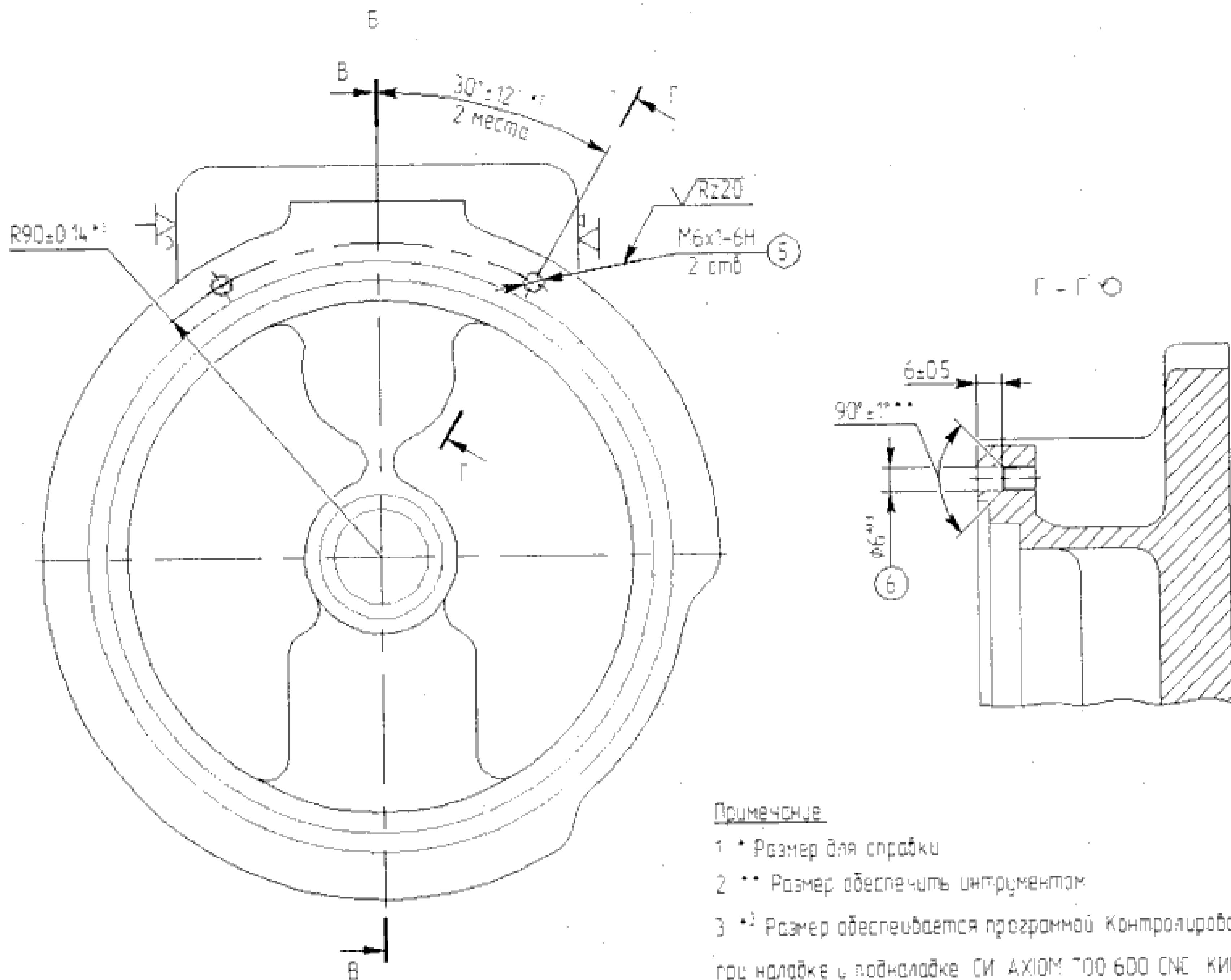


Рисунок 5 – Эскиз к операции 010 (лист 2)

## Оп. 015 Слесарная

## Оп. 020 Комплексная с ЧПУ

Обработать деталь по программе, выдерживая размеры (рисунок 6, 7, 8,9)

R2B0 (✓)

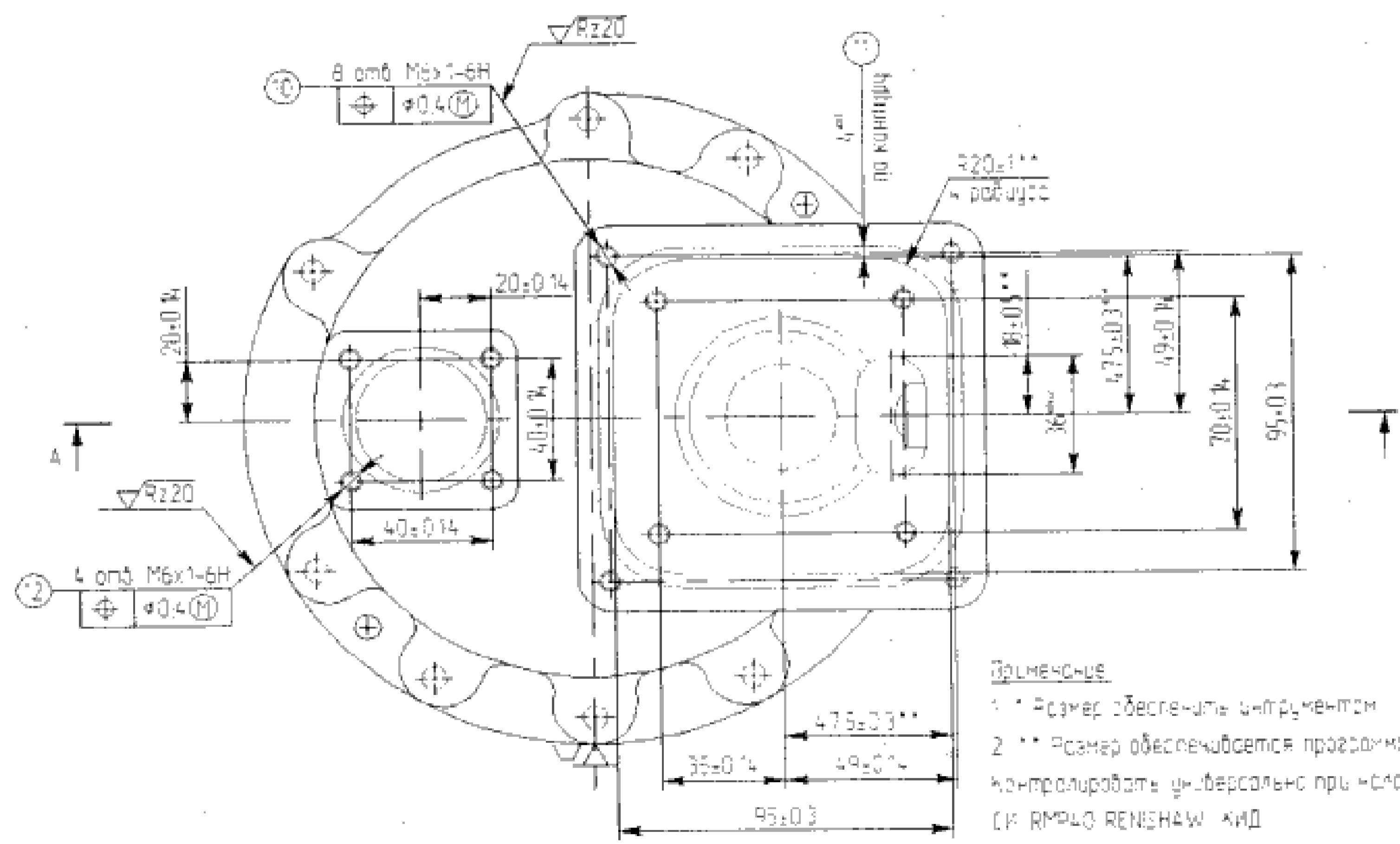


Рисунок 6 – Эскиз к операции 020 (лист 1)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Письм

24

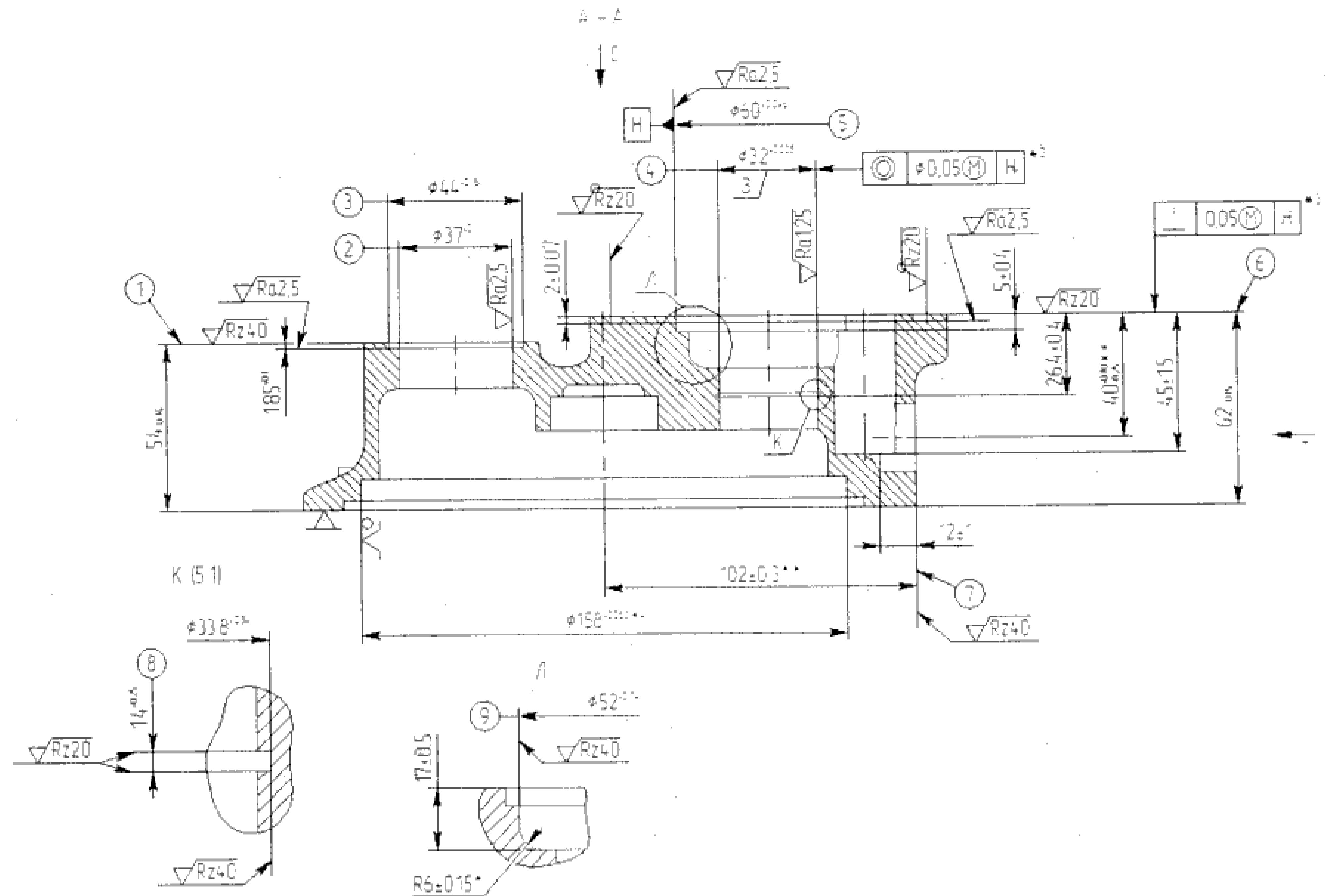


Рисунок 7 – Эскиз к операции 020 (лист 2)

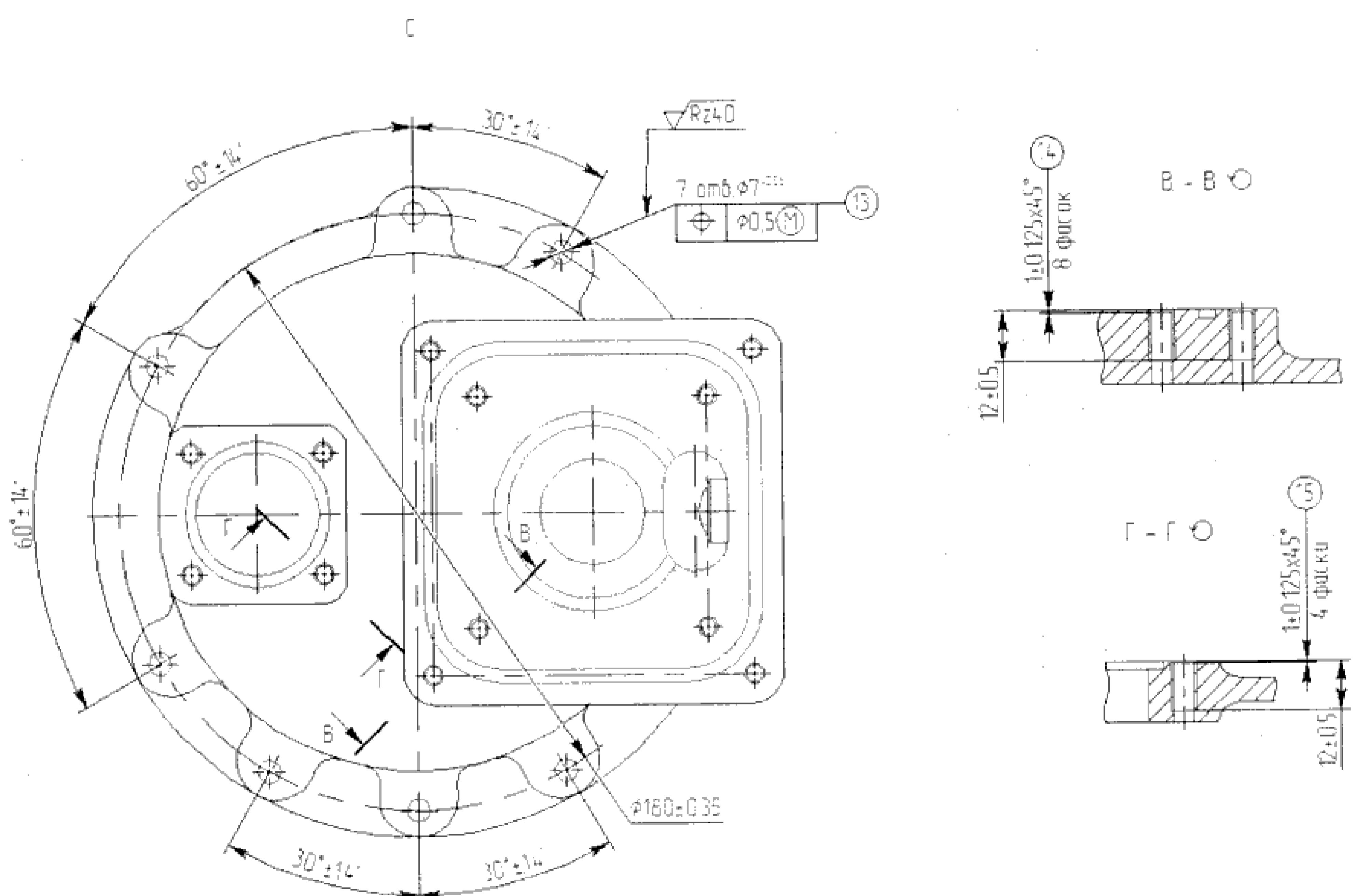


Рисунок 8 – Эскиз к операции 020 (лист 3)

							Лист
							151900.2016.049.000 ПЗ
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			25

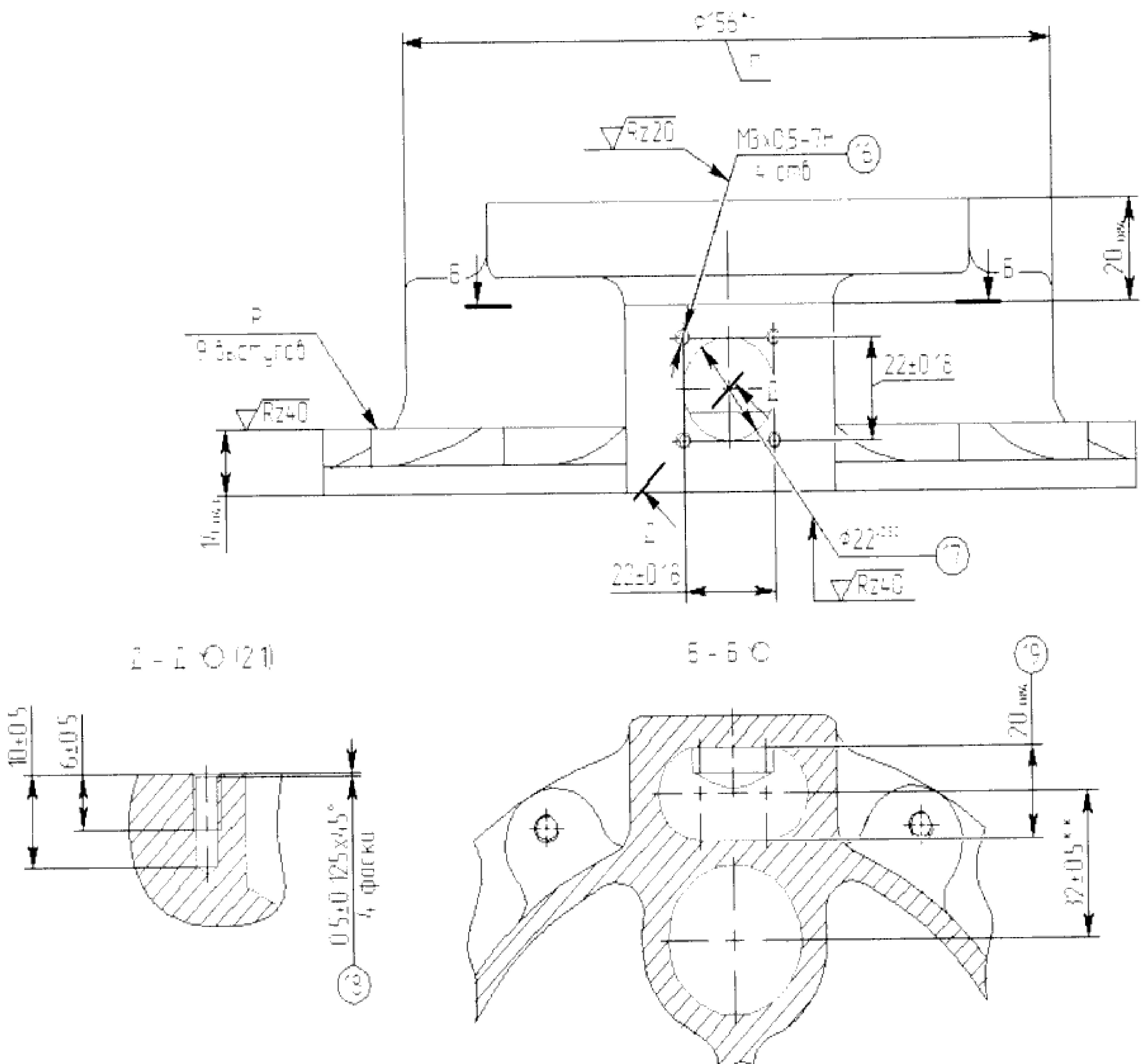


Рисунок 9 – Эскиз к операции 020 (лист 4)

Оп. 025 Слесарная

Оп. 030 Моечная

Оп. 035 Контроль

#### 2.4 Размерный анализ проектного технологического процесса

Рассмотрим линейную размерную цепь изображенную на рисунке 12. В зоне

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист  
26

замыкающих звеньев присутствует один размер  $22 \pm 0,26$  мм, который проверяется в дальнейших расчетах, а так же выполним проверку размера  $25 \pm 1$  мм, который в рассматриваемом ТП не обрабатывается.

Номинальный припуск рассчитывается по формуле [1]:

$$Z_{nom} = Z_{min}^{teor} + \frac{W}{2} - \Delta_0,$$

где  $Z_{min}^{teor}$  – минимальный теоретический припуск;

$W = \sum T_i$  – поле рассеяния;

$$\Delta_0 = \frac{\sum_{yb} (e + h) - \sum_{ym} (e + h)}{2}$$

Минимальный теоретический припуск рассчитывается по формуле [1]:

$$Z_{min}^{teor} = R_{zi} + D_{fi},$$

где:

$R_{zi}$  – величина шероховатости с предыдущей операции;

$D_{fi}$  – величина дефектного слоя необходимого удалить для получения новой поверхности (величина также берется с предыдущей операции).

Произведем расчет номинальных припусков:

$$z_1 = A^{000} - A^{010};$$

$$z_2 = A^{010} - 62;$$

$$z_3 = B^{000} - z_1 - B^{020};$$

$$z_4 = \Gamma^{000} - z_1 - \Gamma^{020};$$

$$B^{000} = z_1 + 25$$

$$z_2 = 0,5 + \frac{0,15 + 0,3}{2} - \frac{(0 + (-0,3)) - (0 + (-0,15))}{2} = 0,5 + 0,225 + 0,075 = 0,8 \\ \approx 1 \text{ мм};$$

$$z_1 = 0,5 + \frac{1,4 + 0,3}{2} - \frac{(0,7 + (-0,7)) - (0 + (-0,3))}{2} = 0,5 + 0,85 - 0,15 = 1,2 \approx 2 \text{ мм};$$

$$z_3 = 0,5 + \frac{1,2 + 0,74}{2} - \frac{(0,6 + (-0,6)) - (0 + (-0,74))}{2} = 0,5 + 0,97 - 0,37 = 1,1 \approx 2 \text{ мм};$$

$$z_4 = 0,5 + \frac{0,43 + 1,2}{2} - \frac{(0,6 + (-0,6)) - (0 + (-0,43))}{2} = 0,5 + 0,815 - 0,215 = 1,1 \\ \approx 2 \text{ мм};$$

Определим припуски и межоперационные размеры по схеме линейных размеров:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					151900.2016.049.000 ПЗ 27

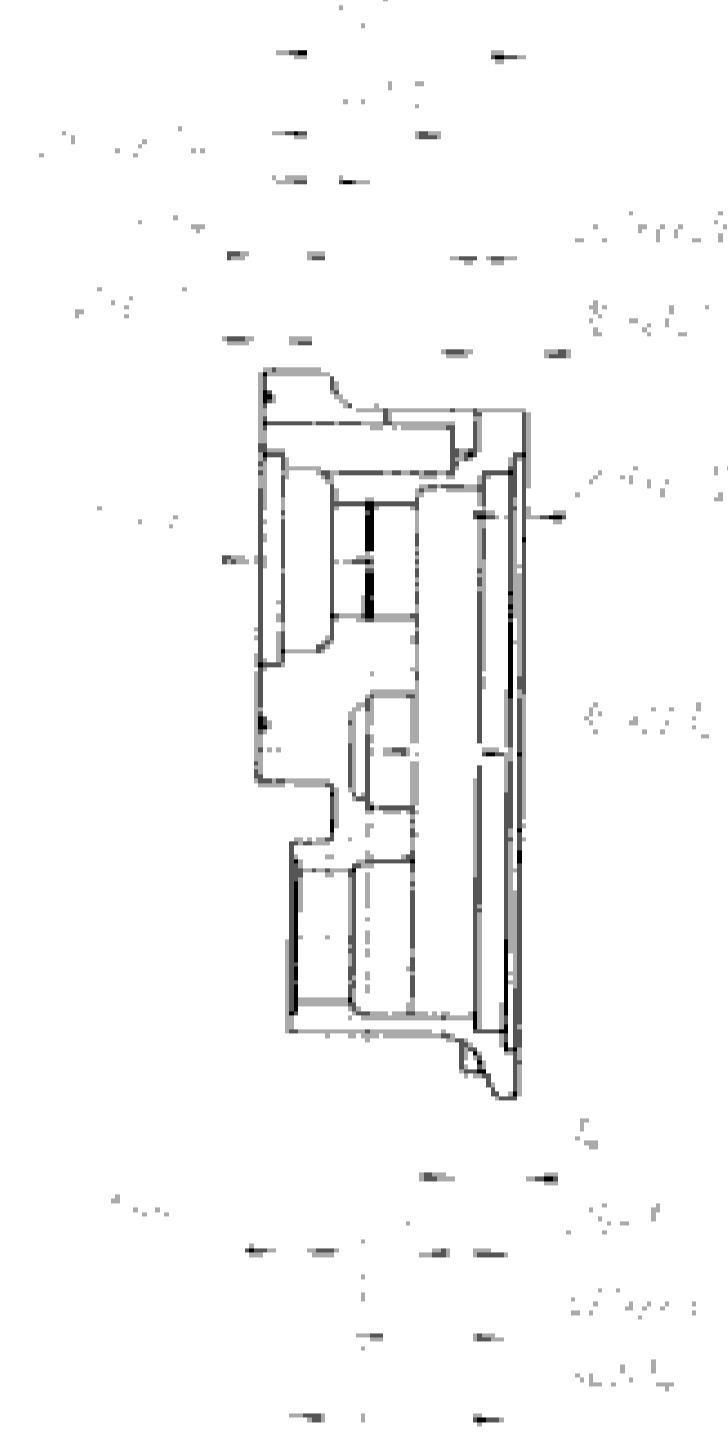
$$z_1^{010(1)} = A^{000} - A^{010}$$

Исходные данные:

$$z_{1\ min}^{010(1)} = 1,3; A^{010} = 63_{-0,3}; \Delta_B A^{000} = 0,7; \Delta_H A^{000} = -0,7;$$

$$A_{min}^{000} = A_{max}^{010} + z_{1\ min}^{010(1)} = 63 + 1,3 = 64,3$$

$$A^{000} = A_{min}^{000} + \Delta_H A^{000} = 64,3 + 0,7 = 65$$



333

020 Комплексная с ЧПУ

010 Токарная с ЧПУ

000 Заготовительная

Рисунок 12 – Размерная цепь проектного ТП

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

28

$$z_{1\ max}^{010(1)} = A_{max}^{000} - A_{min}^{010} = 65,7 - 62,7 = 3$$

$$A^{000} = 65 \pm 0,7; z_{1\ max}^{010(1)} = 3$$

$$\bar{B}^{010} = \bar{B}^{000} - z_{1\ max}^{010(1)} = 58 \pm 0,6 - 2^{+1,0}_{-0,7} = 56^{+1,3}_{-1,6}$$

Исходные данные:

$$z_{1\ min}^{010(2)} = 0,1; \bar{B}^{010} = 56^{+1,3}_{-1,6}; \Delta_B \bar{B}^{000} = 0,6; \Delta_H \bar{B}^{000} = -0,6;$$

$$\bar{B}_{max}^{010} = \bar{B}_{max}^{000} - z_{1\ min}^{010(1)} = 58,6 - 1,3 = 57,3$$

$$\bar{B}_{min}^{010} = \bar{B}_{min}^{000} - z_{1\ max}^{010(1)} = 57,4 - 3 = 54,4$$

$$z_{1\ max}^{010(2)} = \bar{B}_{max}^{000} - \bar{B}_{min}^{010} = 58,6 - 54,4 = 4,2$$

$$\bar{B}^{000} = 58 \pm 0,6; z_{1\ max}^{010(2)} = 4,2$$

Остальные размеры и припуски рассчитываются аналогично. Результаты расчётов приведены в соответствии с таблицей 9.

Таблица 9 – Результаты расчётов уравнений линейных размеров

Уравнения	Исходные данные	$A_i, z_{max}$
$z_1^{010(1)} = A^{000} - A^{010}$	$z_{1\ min}^{010(1)} = 1,3;$ $A^{010} = 63_{-0,3};$ $\Delta_B A^{000} = 0,7;$ $\Delta_H A^{000} = -0,7$	$A^{000} = 65 \pm 0,7;$ $z_{1\ max}^{010(1)} = 3$
$\bar{B}^{010} = \bar{B}^{000} - z_1^{010(1)}$	$z_{1\ min}^{010(2)} = 0,1;$ $\bar{B}^{010} = 56^{+1,3}_{-1,6};$ $\Delta_B \bar{B}^{000} = 0,6;$ $\Delta_H \bar{B}^{000} = -0,6$	$\bar{B}^{000} = 58 \pm 0,6;$ $z_{1\ max}^{010(2)} = 4,2$
$\Gamma^{010} = \Gamma^{000} - z_1^{010(1)}$	$z_{1\ min}^{010(3)} = 0,1;$ $\Gamma^{000} = 18 \pm 0,6;$ $\Delta_B \Gamma^{000} = 1,3;$ $\Delta_H \Gamma^{000} = -1,6$	$\Gamma^{010} = 16^{+1,3}_{-1,6};$ $z_{1\ max}^{010(3)} = 4,2$
$z_2^{020} = A^{010} - A^{020}$	$z_{2\ min}^{020} = 0,7;$ $A^{020} = 62_{-0,15};$ $\Delta_B A^{010} = 0;$ $\Delta_H A^{010} = -0,3$	$A^{010} = 63_{-0,3};$ $z_{2\ max}^{020} = 1,15$

*Продолжение таблицы 9*

$z_3 = B^{000} - z_1 - B^{020}$	$z_{3\ min}^{020} = 0,4;$ $B^{020} = 54_{-0,74};$ $\Delta_B B^{000} = 1,3;$ $\Delta_H B^{000} = -1,6$	$B^{010} = 56_{-1,6}^{+1,3};$ $z_{3\ max}^{020} = 4,04$
$z_4 = \Gamma^{000} - z_1 - \Gamma^{020}$	$z_{4\ min}^{020} = 0,4;$ $\Gamma^{020} = 14_{-0,43};$ $\Delta_B \Gamma^{000} = 1,3;$ $\Delta_H \Gamma^{000} = -1,6$	$\Gamma^{010} = 16_{-1,6}^{+1,3};$ $z_{4\ max}^{020} = 3,73$

Рассчитаем размеры заготовки:

$$\begin{aligned} A^{010} &= z_2 + 62 = 62,8 \approx 63 \text{ мм;} \\ A^{000} &= z_1 + 63 = 64,2 \approx 65 \text{ мм;} \\ B^{000} &= z_1 + z_3 + 54 = 55,1 \approx 58 \text{ мм;} \\ B^{000} &= z_1 + 25 = 26,2 \approx 27 \text{ мм;} \\ \Gamma^{000} &= z_4 + 14 = 15,1 \approx 16 \text{ мм;} \end{aligned}$$

Проверим присутствующий размер в зоне замыкающих звеньев (333) по формуле [1]:

$$\Delta_{n\Delta}^{v\Delta} = \sum vB - \sum nM,$$

где  $\Delta$  - неизвестное (замыкающее) звено.

Рассматриваемый размер  $22 \pm 0,26$  мм:

$$\begin{aligned} \Delta &= 62 - 40 = 22 \\ v\Delta &= 0 - (-0,25) = 0,25 \\ n\Delta &= -0,15 - (+0,1) = -0,25 \\ \Delta_{n\Delta}^{v\Delta} &= 22 \pm 0,25 - \text{чертежный размер выполнен.} \\ T_{\Delta 22} &= 0,25 + 0,25 = 0,5 \leq 0,52 \end{aligned}$$

Проверим необрабатываемый размер  $25 \pm 1$  мм на выполнение его в ТП:

$$\begin{aligned} \Delta &= 27 - z_1 = 27 - 2 = 25 \\ v\Delta &= 0,6 - (-0,3) = 0,9 \\ n\Delta &= -0,6 - 0 = -0,6 \\ \Delta_{n\Delta}^{v\Delta} &= 25_{-0,6}^{+0,9} - \text{чертежный размер выполнен.} \\ T_{\Delta 25} &= 0,9 + 0,6 = 1,5 \leq 2 \end{aligned}$$

Рассмотрим диаметральную размерную цепь, изображенную на рисунке 13. Номинальный припуск рассчитывается по формуле [1]:

$$Z_{nom} = Z_{min}^{teor} + \frac{W}{2} - \Delta_0,$$

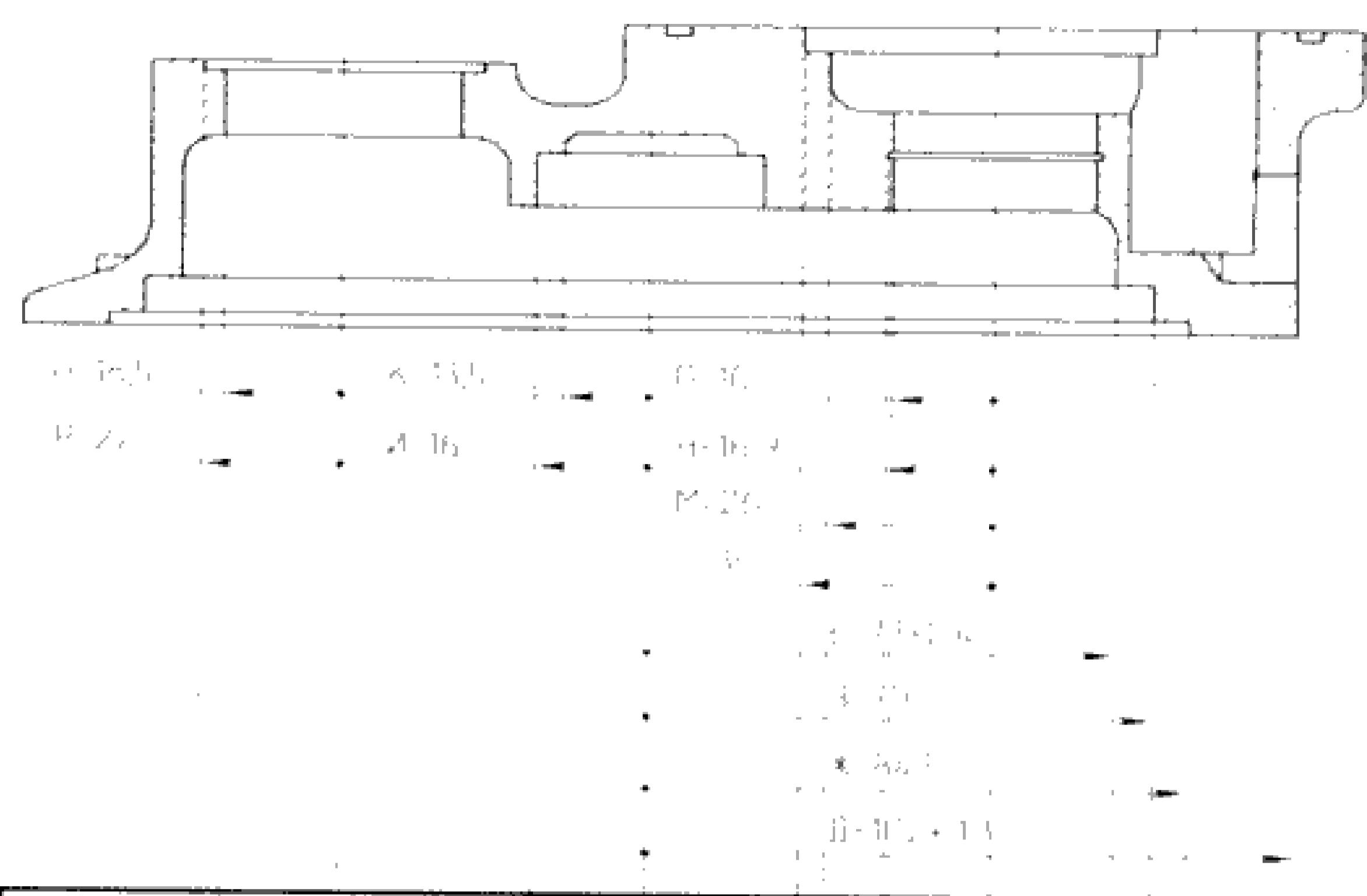
где  $Z_{min}^{teor}$  - минимальный теоретический припуск;

$$W = \sum T_i - \text{поле рассеяния;}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист  
31



---

333

---

020 Комплексная с ЧПЧ

---

010 Токарная с ЧПЧ

---

000 Заготовительная

Рисунок 13 – Диаметральная размерная цепь проектного ТП

$$\Delta_0 = \frac{\sum_{\text{лев}} (B + H) - \sum_{\text{прав}} (B + H)}{2} - \text{координата середины поля допуска.}$$

Минимальный теоретический припуск рассчитывается по формуле [1]:

$$z_{min}^{teop} = R_{zi} + D_{fi},$$

где  $R_{zi}$  – величина шероховатости с предыдущей операции;

$D_{fi}$  – величина дефектного слоя необходимого удалить для получения новой поверхности (величина также берется с предыдущей операции)

Произведем расчет номинальных припусков:

$$Z_1 \equiv \pi^{00} - \pi^{020}.$$

$$z_1 = 0,5 + \frac{1,6 + 0,6}{2} - \frac{(0,8 + (-0,8)) - (0,3 + (-0,3))}{2} = 0,5 + 1,1 = 1,6$$

$\approx 2 \text{ MU}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись Дата

151900.2016.049 000 ПЗ

Лист 1

Рассчитаем размер, необходимый в заготовке, для получения годной детали с учетом рассчитанного припуска  $z_1$ :

$$D^{000} = z_1 + 102 = 2 + 102 = 104 \text{ мм}$$

Определим припуски и межоперационные размеры по схеме диаметральных размеров:

$$z_1 = D^{000} - D^{020}$$

Исходные данные:

$$z_{1\ min} = 0,9; D^{020} = 102 \pm 0,3; \Delta_B D^{000} = 0,8; \Delta_H D^{000} = -0,8;$$

$$D_{min}^{000} = D_{max}^{020} + z_{1\ min} = 102,3 + 0,9 = 103,2$$

$$D^{000} = D_{min}^{000} + \Delta_H D^{000} = 103,2 + 0,8 = 104$$

$$z_{1\ max} = D_{max}^{000} - D_{min}^{020} = 104,8 - 101,7 = 3,1$$

$$D^{000} = 104 \pm 0,8; z_{1\ max} = 3,1$$

Результаты расчётов приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты расчётов уравнения диаметрального размера

Уравнения	Исходные данные	$A_i, z_{max}$
$z_1 = D^{000} - D^{020}$	$z_{1\ min} = 0,9;$ $D^{020} = 102 \pm 0,3;$ $\Delta_B D^{000} = 0,8;$ $\Delta_H D^{000} = -0,8$	$D^{000}$ $= 104 \pm 0,8;$ $z_{1\ max} = 3,1$

Расчеты показали, что все чертежные размеры в проектном ТП выполняются.

#### 2.4.1 Оформление эскиза заготовки

Конфигурация и размеры заготовки приведены в соответствии с рисунком 14.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

33

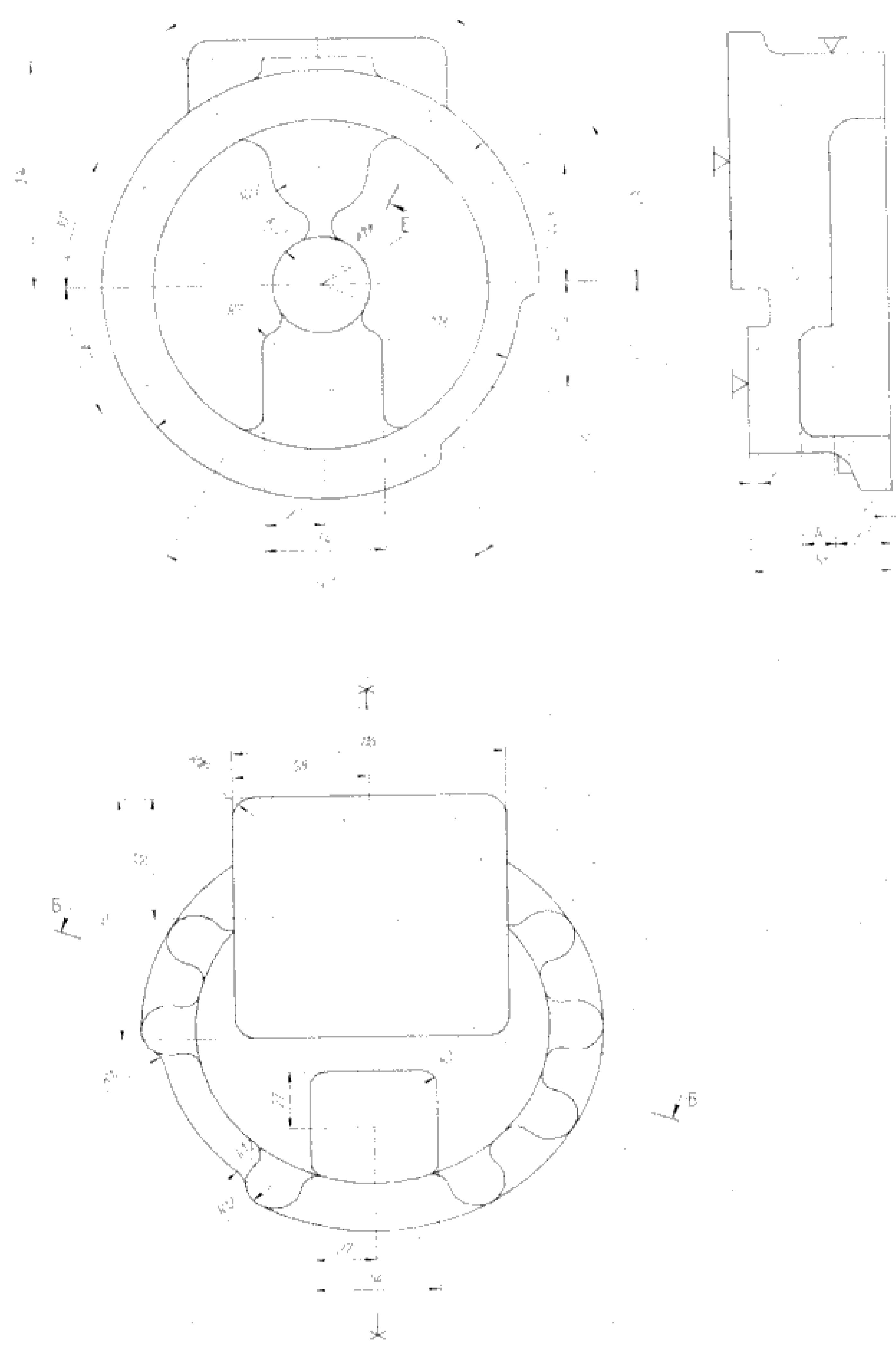


Рисунок 14 - Эскиз заготовки с размерами

## 2.5 Расчет режимов резания

Общемашиностроительные нормативы времени предназначаются для расчета технически обоснованных норм времени на работы, выполняемые на металорежущих станках.

Рассмотрим операцию 020 Комплексную с ЧПУ.

Расчет режимов резания выполняем с помощью онлайн – калькулятора фирмы ISCAR, размещенном на официальном сайте компании, по порядку

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					151900.2016.049.000 ПЗ

позиций расположения инструмента в инструментальном магазине. Результаты подсчетов приведены в Приложении А и в таблице 11.

## 2.6 Нормирование технологического процесса

Расчёт норм времени производим для операции 020. Норма штучного времени на операцию рассчитывается по формуле

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{обсл.} + T_{отд.},$$

где  $T_0$  – основное время;

$T_B$  – вспомогательное время;

$T_{обсл.}$  – время обслуживания рабочего места;

$T_{отд.}$  – время на отдых и личные потребности.

Вспомогательное время

$$T_B = T_{уст.} + T_{пер.} + T_{изм.},$$

где,  $T_{уст.}$  – время установки и снятия детали;

$T_{пер.}$  – время связанное с переходом;

$T_{изм.}$  – время на контроль размера.

$$T_B = 4,5 + 0,46 + 1,8 = 6,76 \text{ мин};$$

Рассчитаем основное время для двух первых переходов по порядку позиций расположения инструмента в инструментальном магазине.

Нормы времени, ПИ №2

$$t_{01} = \frac{L}{n \times z \times f_z} \times i = \frac{118}{1373 \times 8 \times 0.25} \times 4 = 0,17 \text{ мин};$$

$$t_{02} = \frac{L}{n \times z \times f_z} \times i = \frac{59}{1373 \times 8 \times 0.25} \times 2 = 0,04 \text{ мин.}$$

Нормы времени, ПИ №3

$$t_0 = \frac{L}{n \times z \times f_z} \times i = \frac{25}{10191 \times 8 \times 0.14} \times 18 = 0,04 \text{ мин.}$$

Время операции

$$T_{оп} = T_0 + T_B = 6,54 + 6,76 = 13,3 \text{ мин};$$

					Лист 151900.2016.049.000 ПЗ
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	38

Время обслуживания

$$Тобсл. = 4,5\% \cdot Топ = 13,3 \cdot 0,045 = 0,59 \text{ мин};$$

Время на отдых и личные потребности

$$\begin{aligned} \text{Тотд.} &= 4\% \cdot \text{Топ} = 0,04 \cdot 13,3 = 0,53 \text{ мин}; \\ \text{Тшт} &= 6,54 + 6,76 + 0,59 + 0,53 = 17,02 \text{ мин}. \end{aligned}$$

Общие данные соответствующих режимов резания и основное время на всех переходах каждой операции сведены в таблицу 11.

Таблица 11 – Режимы резания и основное время проектного ТП

№ операции/№ ГИ (позиция ин-та)	Длина рабочего хода L, мм	Глубина резания, t, мм	Количество проходов, i	Подача, S, мм/об (мм/зуб)	Частота вращения, n, об/мин	Скорость резания, м/мин	Основное время, t <sub>0</sub> , мин
010/1	27	1,5	2	0,21	1159	713	0,22
2	15	13	1	0,25	2755	225	0,02
3	10	1	12	0,17	424	225	2,74
4	8	0,5	1	0,14	453	225	0,13
5	12	0,5	6	0,14	2238	225	0,23
6	1,5	1,25	2	0,14	1270	10	0,02
7	7	3	2	0,25	2123	40	0,03
8	9	2,475	2	0,17	2592	40	0,04
9	9	-	4	1	265	5	0,14
Итого	-	-	-	-	-	-	3,57
020/2	118	1	4	(0,25)	1373	345	0,21
3	25	1	18	(0,14)	10191	800	0,04
4	1,5	1,25	21	0,14	1270	10	0,18
5	15	2,475	8	0,17	2592	40	0,37
6	15	3,5	7	0,25	8412	185	0,05
7	2	1	12	0,14	5732	180	0,03
8	13	-	24	1	540	8	0,6
9	371	1	2	(0,03)	12000	151	0,69
10	17	15	1	0,24	2387	225	0,1
11	130	2	4	(0,09)	12740	800	2,45
12	330	2	6	(0,2)	7962	800	0,25
13	21	1	1	0,06	4976	500	0,07

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			39

Продолжение таблицы 11

14	110	1,5	1	(0,08)	3651	180	0,13
15	52	1,5	2	(0,08)	1592	200	0,2
16	1,5	1,25	5	0,14	1270	10	0,04
17	11	1,25	4	0,08	10191	10	0,05
18	1,5	0,5	4	0,14	5732	180	0,01
19	7	-	8	0,5	640	6	0,18
20	13	11	1	0,2	2171	150	0,03
21	95	2	23	(0,05)	12740	800	0,86
Итого	-	-	-	-	-	-	6,54

Выводы по разделу два

В технологическом разделе произведен анализ технологичности детали, анализ действующего технологического процесса, а также применяемого оборудования, инструмента и оснастки. Произведен выбор заготовки. Разработан предлагаемый вариант технологического процесса с использованием станков с ЧПУ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					40

151900.2016.049.000 ПЗ

### 3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1 Проектирование станочного приспособления

Для обработки детали на станке было разработано приспособление для комплексной операции 020 проектного технологического процесса. При проектировании приспособления особое внимание уделялось автоматизации, т.е. заготовка должна зажиматься автоматически (или от кнопки), а не посредством затягивания человеком крепежных элементов. Поэтому было принято решение оснастить приспособление пневмоцилиндрами, соединённых между собой воздухопроводом, обеспечивающим одновременность подачи воздуха и работы пневмоцилиндров, которые питаются сжатым воздухом через цеховую сеть и управляются автоматизированными клапанами. Шток поршня имеет резьбу для установки крепёжных шпилек.

Штоки пневмоцилиндров расположены таким образом, чтобы обеспечить, возможно, большее число вариантов крепления заготовок. Пневмоцилиндры могут зажимать заготовки при движении поршня вверх и вниз. Число работающих пневмоцилиндров и направление усилия зажима зависят от компоновки приспособления.

Привод пневмоцилиндров осуществляется от пневмопреобразователя. Воздух подводится рукавами со шлангами высокого давления. Для подсоединения шланга необходимо снять колпачок и навернуть на штуцер накидную гайку шланга. Заполнение полостей цилиндров контролируют через пробку. В столе могут работать как все цилиндры, так и часть из них. Не участвующие в работе поршни следует застопорить, для чего необходимо в Т-образный паз ввести шпонку, установить её над стопорящимся штоком и закрепить винтами.

Для приспособления, используемого в комплексной операции с ЧПУ необходимо рассчитать силу зажима заготовки. Силовая схема представлена на рисунке 15. Расчет силы зажима позволит определить параметры пневмоцилиндра.

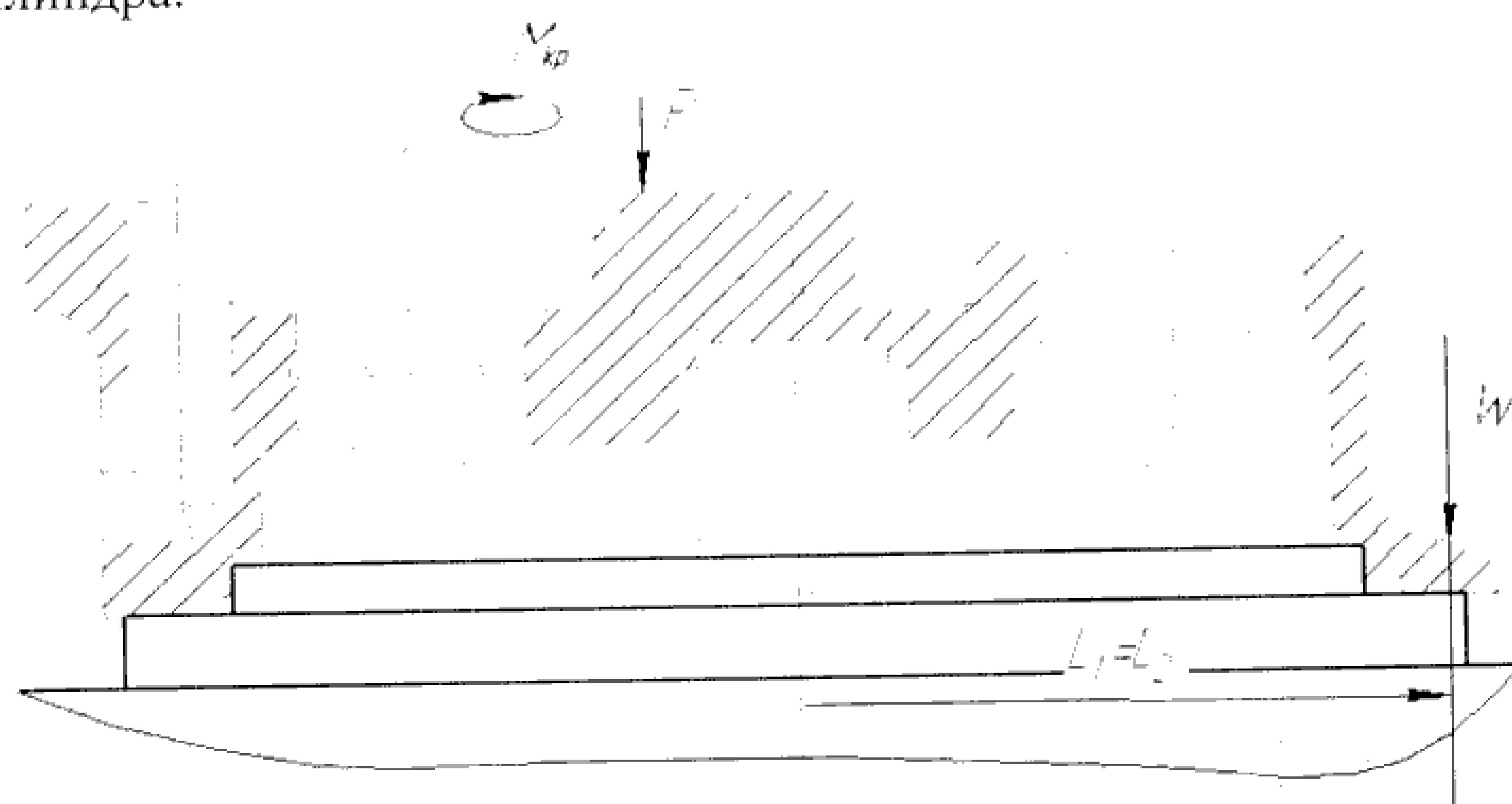


Рисунок 15 – Силовая схема

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

41

Обрабатываемая деталь устанавливается на направление и прижимается двумя прихватами. При обработке на деталь действуют сдвигающий момент  $M$  и окружная сила  $P$ . Обрабатываемая деталь удерживается от смещения силами трения, возникающими между поверхностями установочных и зажимных элементов приспособления. Силы трения между деталью и прихватами не учитываем. В этом случае силу зажима  $W$  определяем по формуле [8]

$$W = \frac{K \cdot M_{kp} - fP(L_1 + L_2)}{(L_1 + L_2)},$$

где  $K$  – коэффициент надежности закрепления;

$M_{kp} = 7,7$  (из расчётов режимов резания) – крутящий момент резания;

$P = 15,4 \text{Н}\cdot\text{м}$  – окружная сила;

$f = 0,1$  – коэффициент силы трения;

$L_1 = L_2 = 200 \text{мм}$  – плечо.

Коэффициент надежности закрепления  $K$  определяется по формуле

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

где  $K_0 = 1,5$  – учитывает гарантированный запас надежности закрепления;

$K_1 = 1,0$  – учитывает наличие случайных неровностей на заготовке;

$K_2 = 1,0$  – учитывает увеличение сил резания от прогрессирующего затупления режущего инструмента;

$K_3 = 1,0$  – учитывает увеличение сил резания при прерывистой обработке;

$K_4 = 1,3$  – учитывает возможность изменения зажимного усилия при ручном закреплении;

$K_5 = 1,0$  – учитывает удобство расположения рукояток в зажимных устройствах;

$K_6 = 1,5$  – учитывает неопределенность контакта плоских базовых поверхностей с плоскими поверхностями установочных элементов.

В результате расчетов получаем:

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,925$$

Расчетное значение теоретической силы  $W$ :

$$W = \frac{2,925 \cdot 7,7 - 0,1 \cdot 15,4(0,2 + 0,2)}{(0,2 + 0,2)} = 547,7 \text{Н}$$

Далее определим параметры пневмоцилиндров.

Определяемыми параметрами зажимного устройства являются тяговое усилие  $Q$ , развиваемое пневмоцилиндром, и его диаметр  $D$ .

Уравнение силового замыкания имеет вид:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					151900.2016.049.000 ПЗ

$$Q = \frac{W}{i \cdot \eta}$$

С другой стороны пневмоцилиндр должен развить тяговое усилие  $Q$ , равное:

$$Q = q_B \cdot S,$$

где  $q_B$  – давление воздуха;

$S$  – площадь пневмоцилиндра.

$$S = 0,785(D^2 + d^2),$$

где  $d$  – диаметр штока, мм.

$$\frac{W}{i \cdot \eta} = 0,785(D^2 + d^2) \cdot q_B$$

Получаем формулу для расчета диаметра пневмоцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{W}{0,785 \cdot q_B \cdot i \cdot \eta}} + d^2,$$

где  $q_B = 0,4$  Мпа – параметр рабочей среды силового привода;

$i = 1$  – передаточное отношение силового механизма;

$\eta = 0,95$  – коэффициент полезного действия.

При определении диаметра пневмоцилиндра  $D$  неизвестен диаметр штока  $d$ . Вначале определим приближенное значение диаметра  $D$ , приняв  $d=0$ :

$$D = \sqrt{\frac{547,7}{0,785 \cdot 0,4 \cdot 0,95}} = 43 \text{ мм}$$

Учитывая, что диаметр  $D$  пневмоцилиндра должен увеличиться из-за уменьшения рабочей площади под диаметр штока  $d$ , примем стандартное значение диаметра  $D = 60$  мм и для диаметр штока  $d = 28$  мм.

Уточняем диаметр пневмоцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{547,7}{0,785 \cdot 0,4 \cdot 0,95} + 28^2} = 51 \text{ мм}$$

Расчет показал, что для обеспечения необходимых зажимных усилий необходим пневмоцилиндр диаметром 60 мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

43

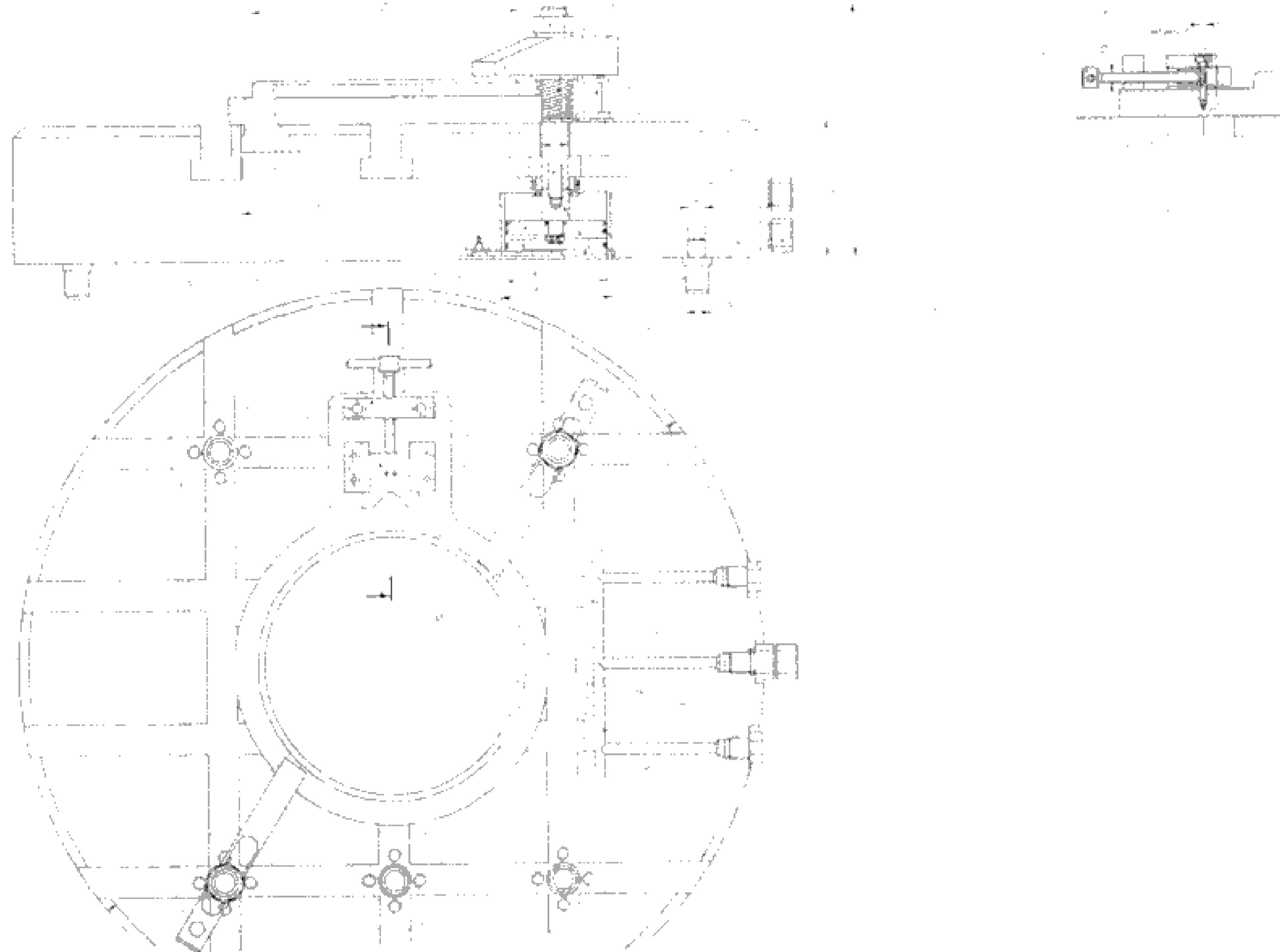


Рисунок 16 – Эскиз приспособления для зажима детали

### 3.2 Проектирование контрольного приспособления

#### 3.2.1 Компоновка контрольного приспособления

Контрольное приспособление приведено в соответствие с рисунком 3.10. Оно состоит из корпуса 1 на котором закрепляются все элементы приспособления, он выполняется методом отливки из стали 35 Л ГОСТ977-88. Внутренняя поверхность в корпусе 2 образует пневмокамеру, разделенную диафрагмой 3 на 2 полости. Установка контролируемой детали непосредственно в приспособлении производится на рожковой мемbrane 4 по наружной цилиндрической поверхности Ø 32. Для установки детали необходимо предварительно разжать рожки (кулачки) мембранны 4. Для этого сжатый воздух под давлением поступает из пневмополости через штуцер 5 в рабочую полость пневмокамеры одностороннего действия, шток 6 под действием воздуха движется вверх вместе с гайкой 7. При этом гайка 7, нажимая на рожковую мембрану 4 прогибает ее, и рожки мембранны разжимаются (расходятся). После установки контролируемой детали пружина 8 возвращает шток 6 в исходное положение после стравливания воздуха из рабочей полости пневмокамеры, то есть шток 6 отходит от рабочей мембранны 4. Мембрана под действием внутренних упругих сил выпрямляется, рожки (кулачки) мембранны сходятся и зажимают контролируемую деталь по наружной цилиндрической поверхности. Затем планка 9 из откинутого положения устанавливается в рабочее положение до упора в кронштейн 10 и фиксируется

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

винтом 11. Затем подводится индикатор 12 к проверяемой поверхности детали, обеспечив натяг измерительного стержня индикатора 12 с наконечником 13- 2÷3 мм при помощи винта 14. Посредством ободка, производится настройка на «0» индикатора, совместив стрелку с нулевым делением шкалы индикатора и с помощью рукояток произвести вращение контролируемой детали по часовой стрелке на 360°, в это время фиксируется отклонения стрелки от нулевого значения, которые не должны превышать величины допуска, заданного чертежом контролируемой детали.

### 3.2.2 Расчет приспособления на точность

Любому чертежу контроля свойственны определенные погрешности измерения. Систематические погрешности вызываются конструктивными особенностями самого контрольного приспособления и метода измерения.

Расчет погрешности измерения считается по формуле:

$$\Delta_{\text{сум}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}.$$

В данном случае при измерении радиального бienia методом вращения составляющими поверхностями являются:

1) погрешность бienia базовой поверхности рожковой мембранны ( $\varnothing 18f9$ ), относительно оси, заданная конструкцией приспособления;

$$\Delta_1 = 0,01 \text{ мм.}$$

2) основная погрешность показаний индикатора ИЧ-10кл. О ГОСТ577-68 на любом участке шкалы в пределах 0,1 мм;

$$\Delta_2 = 0,004 \text{ мм.}$$

3) погрешность изготовления подшипника ГОСТ 4722-81 равна.

$$\Delta_3 = 0,01 \text{ мм.}$$

Определение погрешности измерения:

$$\Delta_{\text{сум}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,004^2 + 0,041} = 0,015 \text{ мм.}$$

Решающее значение о правильности выбора конструкции приспособления имеет относительная погрешность измерения, то есть погрешность, выраженная в долях или процентах к допуску проверяемого элемента детали, равного 0,15 мм. Она должна быть не более 30-40% от контролируемого параметра.

$$\Delta_{\text{отн}} = \frac{\Delta_{\text{сум}}}{0,05} \cdot 100\% = \frac{0,015}{0,15} \cdot 100\% = 10\%.$$

Погрешность замера, обеспечиваемая приспособлением незначительна.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист  
45

### 3.3 Проектирование режущего инструмента

Использование комбинированного резца заметно уменьшит экономические затраты, упростит технологический процесс, а следовательно и уменьшится время производства детали и тakt выпуска.

Для одного из переходов технологического процесса механической обработки детали корпус используем комбинированный резец, изображенный на рисунке 17, представляющий собой сочетание зенкера и чистового резца. Зенкер используем для чистового растачивания глухого отверстия  $\varnothing 27^{+0,52}$ . Чистовой резец используем для обработки поверхности  $\varnothing 158^{+0,063}$  мм.

Из чертежа детали определяется профиль комбинированного резца и его размеры. Все геометрические параметры и размеры резца сведем в таблицу 12.

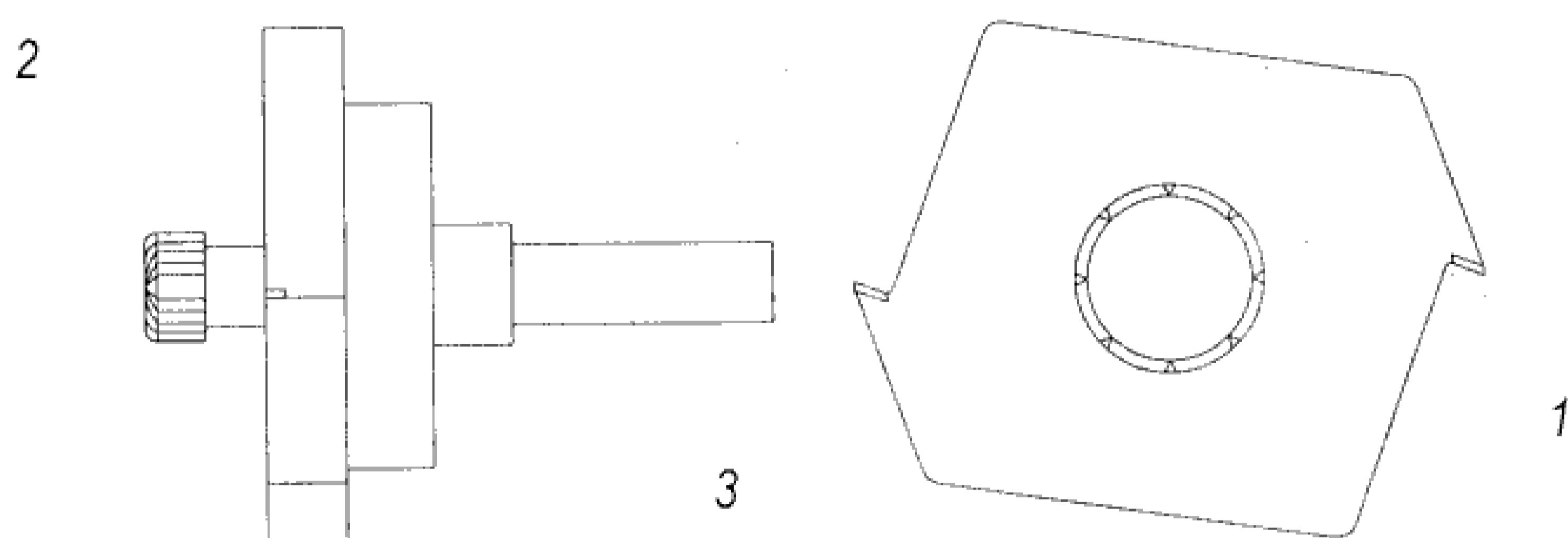


Рисунок 17 – Эскиз комбинированного резца: 1 – режущая пластина резца; 2 – Рабочая часть зенкера; 3– державка комбинированного резца

Таблица 12 – Размеры комбинированного резца

Наименование параметра	Значение
Общая длина резца L, мм	$160 \pm 0,3$
Длина рабочей части чистового резца $l_1$ , мм	20
Длина рабочей части зенкера $l_2$ , мм	$15 \pm 0,3$
Длина державки резца, мм	65
Сечение резца $h \times b$ , мм	20x20
Расстояние между режущими кромками зенкера и резца, мм	$30 \pm 0,2$
Угол врезки пластины резца, град	10
Главный задний угол резца $\alpha$ , град	10
Главный передний угол резца $\gamma$ , град	10
Главный угол в плане $\varphi$ , град	90
Главный задний угол зенкера, град	10
Главный передний угол зенкера, град	10
Длина калибрующего участка, мм	12
Длина шейки зенкера, мм	15
Диаметр зенкера, мм	$\varnothing 27^{+0,52}$

Данный комбинированный резец так же отвечает особым техническим требованиям. Материал державки резца Сталь 45 ГОСТ 1050-88. Исходя из свойств данной стали, резец можно использовать под высокими нагрузками.

Материал режущей пластины чистового резца Т15К6 ГОСТ 3882-74. Пластины паяем припоем Л63 ГОСТ 15527-70. Материал рабочей части зенкера Р6М5 ГОСТ 19265-73. Сталь является инструментальной быстрорежущей. Данный вид стали имеет очень высокую стойкость к износу и твердость. Присоединение рабочей части зенкера к шейки зенкера осуществляется по средствам контактной сварки. В связи с достаточной прочностью зенкера, проверка на прочность инструмента не требуется.

Исходя из того, что производство детали является серийным, данный комбинированный резец является выгодным. Производство резца является не сложным и экономически выгодным.

При проектировании комбинированных резцов необходимо учитывать силы и нагрузку на режущие пластины, для этого проведем расчет на прочность комбинированного резца. Расчет на прочность режущей пластины токарного резца проведем аналогично предыдущим расчетам на прочность.

Определим максимальную нагрузку, допустимую прочность резца при известных размерах сечения корпуса резца по формуле [3]:

$$P_{z\text{доп}} = \frac{bh^2\sigma_{\text{ид}}}{6l} = \frac{20 \cdot 20^2 \cdot 300}{6 \cdot 30} = 13,3 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

где  $b$ ,  $h$  – сечение державки резца, мм;

$\sigma_{\text{ид}}$  – допустимое напряжение на изгиб, МПа;

$l$  – вылет резца, мм.

Максимальная нагрузка, допустимая жесткость резца, определяется с учетом допустимой стрелы прогиба резца по формуле :

$$P_{z\text{жест}} = \frac{3fEJ}{l^3}$$

$$P_{z\text{жест}} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 13333,3}{30^3} = 29,6 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

где  $f$  – допускаемая стрела прогиба;

$E$  – модуль упругости материала резца (для углеродистой стали  $E = 2 \cdot 10^5$  Па);

$J$  – момент инерции сечения державки (для прямоугольного сечения:

$J = b \cdot h^3 / 12$ ,  $\text{мм}^4$ );

Исходя из расчетов максимальных нагрузок, можно сделать вывод, что условия для чистового токарного резца выполняются.

Рабочая часть зенкера присоединяется к шейки по средствам контактной сварки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

47

### *Выводы по разделу три*

В конструкторском разделе было спроектировано зажимное приспособление для комплексной операции. Рассчитан и спроектирован комбинированный резец для зенкерования глухого отверстия  $\phi 27^{+0,52}$  и обработки поверхности  $\phi 158^{+0,63}$ . Спроектировано приспособление для контроля биения поверхности  $\phi 158^{+0,63}$  относительно  $\phi 32^{+0,025}$ .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	48
					15.1900.2016.049.000 ПЗ	

## 4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1 Исходные данные для расчета участка механической обработки

Деталь – корпус

Масса детали – 1,41 кг

Наибольший размер детали – 204 мм

Годовая программа выпуска, Нпр – 15 000 шт.

Таблица 13 – Исходные данные

№ опер.	Наименование операции	Модель станка	Нормы времени		
			To	Tв	Tшт
010	Токарная с ЧПУ	Puma 2100LY	3,57	2,22	7,41
015	Слесарная	Верстак	5,73	2,01	8,2
020	Комплексная с ЧПУ	MCU630V-5X	10,7	2,07	13,3
025	Слесарная	Верстак	9,65	1,91	11,2

### 4.2 Выбор и определение количества оборудования

Произведем расчет количества станков согласно рекомендациям на примере операции токарной с ЧПУ (операция 010).

Число станков для каждой операции определяют по формуле

$$C'p = t_{шт} / \tau,$$

где  $t_{шт}$  – штучное время выполнения операции, мин;

$\tau$  - тakt выпуска деталей, который определяется по формуле

$$\tau = \Phi_0 \cdot 60 / N_{пр},$$

где  $\Phi_0$  – эффективный годовой фонд времени работы оборудования,  $\Phi_0=4060\text{ч}$ ( по табл.2.1)

$$\tau = 4060 \cdot 60 / 15000 = 16,24 \text{ ч}$$

Подставляя полученное значение в формулу , получаем:

$$C'p = 7,41 / 16,24 = 0,46$$

					151900.2016.049.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Принятое количество станков на данной операции определяют с учетом коэффициента использования оборудования , учитывающего наложенные потери во времени по формуле

$$C_p = C_p^l / K_i,$$

где  $K_i$  – коэффициент использования оборудования,  $K_i = 0,85$ .

$$C_p = 0,46 / 0,85 = 0,54$$

Полученное значение  $C_p$  округляем до ближайшего большего числа и получаем расчетное количество станков  $C_n$ .

В нашем случае  $C_n = 1$

После этого определяем коэффициент загрузки станков на данной операции, который определяется по формуле

$$K_z = C_p / C_n$$

$$K_z = 0,54 / 1 = 0,54$$

Для остальных операций расчет количества оборудования приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет количества потребного оборудования.

№ опер	Тип и модель станка	Nпр шт	Tшт мин	Cp шт	Cn шт	Kz
010	Токарная с ЧПУ	15000	7,41	0,54	1	0,54
015	Слесарная		8,2	0,59	1	0,59
020	Комплексная с ЧПУ		13,3	0,96	1	0,96
025	Слесарная		11,2	0,81	1	0,81

$$\text{Итого: } \sum C_{pi} = 2,9 \quad \sum C_{ni} = 4$$

Средний коэффициент загрузки станков проектируемого участка определяется по формуле

$$K_{zср} = \sum C_{pi} / \sum C_{ni} = 2,9 / 4 = 0,72$$

Результаты расчетов признаются удовлетворительными, т.к.

$$K_{zср} \geq 0,65 \dots 0,75$$

Для наглядного представления о степени использования оборудования составляется график загрузки станков, который представлен на рисунке 18.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					151900.2016.049.000 ПЗ

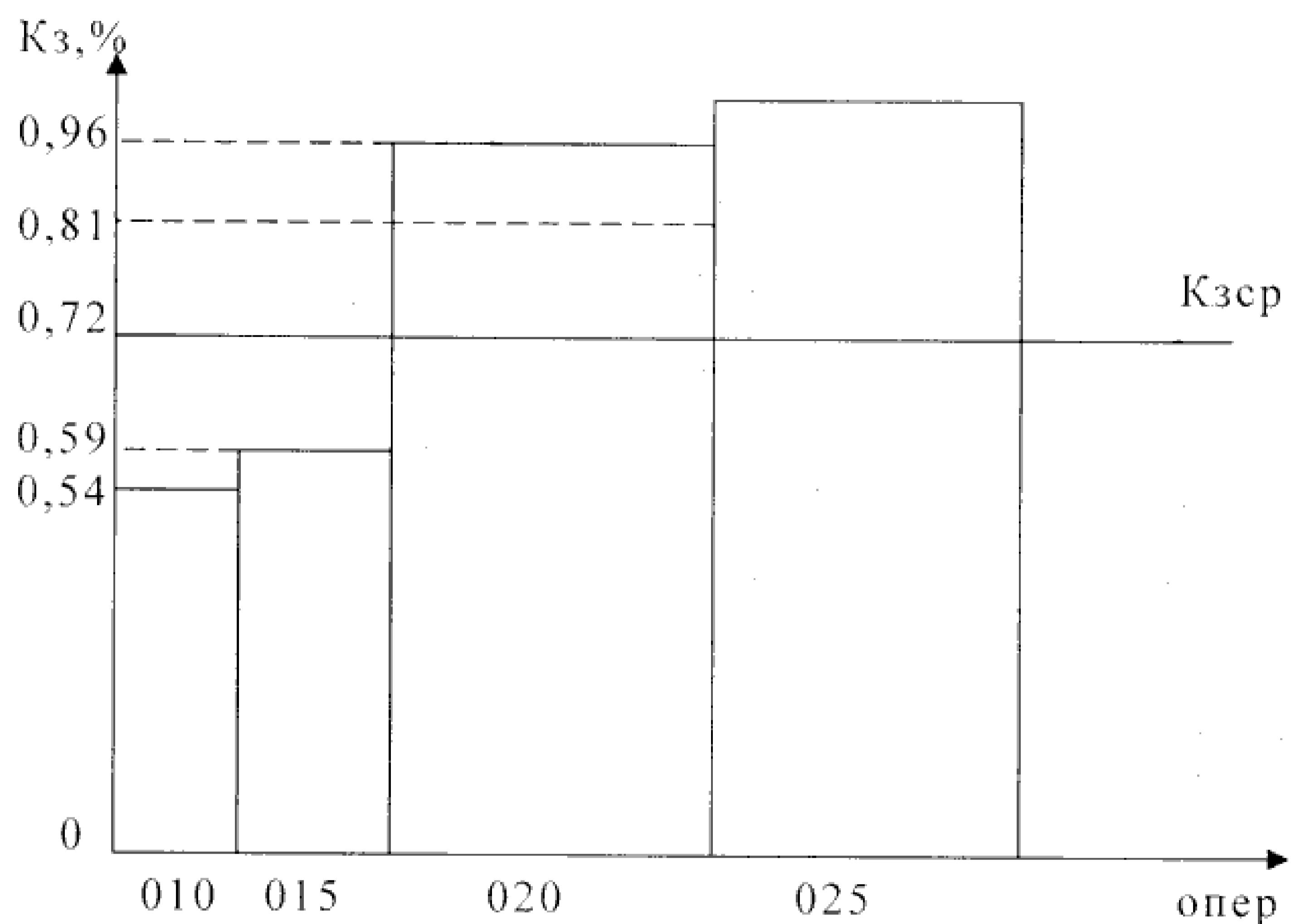


Рисунок 18 – График загрузки станков

#### 4.3 Определение количества производственных рабочих

Расчет численности производственных рабочих  $R_p$  производится по каждой профессии и разряду (по операциям), исходя из трудоемкости работ за год по формуле

$$R_{p, \text{расч}} = \frac{C_{np} \times \Phi_o \times K_3 \times K_n}{\Phi_p \times K_m},$$

где  $\Phi_o$  – эффективный годовой фонд времени работы оборудования,

$\Phi_o = 3900$  ч;

$\Phi_r$  – фонд времени работы рабочих,  $\Phi_r = 1820$  ч;

$K_m$  – коэффициент многостаночности.

Т.к. в проектируемом технологическом оборудовании используется оборудование с ЧПУ, то возникает необходимость в расчете коэффициента многостаночности, потому что при определенных условиях рабочий может обслуживать несколько единиц оборудования. Количество одновременно обслуживаемых станков, при многостаночном обслуживании (выполнение операций 010 и 020) рассчитывается по формуле:

$$m \leq \frac{t_{op}(\max)}{t_r + t_{per}},$$

где  $t_{op}(\max)$  – максимальное оперативное время, на операциях, которые подвергаются расчету,  $t_{op}(\max) = 15,1$  мин;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

$t_r$  – суммарное время обслуживания станков и активного наблюдения,  $t_r = 5$  мин;

$t_{per}$  – время перехода от станка к станку,  $t_{per} = 0,76$  мин;

$$m \leq \frac{15,1}{5 + 0,75} = 2,1$$

Таким образом существует целесообразность применения многостаночного обслуживания при выполнении операций 010 и 020, т.е. один рабочий будет обслуживать два станка и тогда коэффициент многостаночного обслуживания для данных операций  $K_m = 2$ . Тогда расчет численности производственных рабочих для выполнения 005 и 010 операций будет выглядеть следующим образом:

$$R_{n,расч}^{(010)} = \frac{1 \times 3900 \times 0,81 \times 0,85}{1820 \times 2} = 0,7 \approx 1$$

$$R_{n,расч}^{(020)} = \frac{1 \times 3900 \times 0,67 \times 0,85}{1820 \times 2} = 0,61 \approx 1$$

В результате проведенных расчетов можно сделать вывод, что один рабочий сможет обслуживать два станка, при выполнении операций 010 и 020.

В результате чего можно сделать вывод, что при выполнении 015 операции потребуется два производственных рабочих, но каждый рабочий будет обслуживать две станка-дублера и работать они будут в две смены

Результаты расчёта сведены в таблицу 15

Таблица 15 – Расчет численности производственных рабочих

№ операции	Спр, шт	Rп.расч ,чел	Численность рабочих, чел	
			1-я смена	2-я смена
010,020	2	2	1	1
015	1	2	1	1
025	1	2	1	1
Всего		6		

Количество вспомогательных рабочих принимается 20% от основных рабочих. Основных рабочих 3 человека, следовательно:

$$K_{всп.} = K_{осн} \times 20\%$$

$$K_{всп.} = 6 \times 20\% = 1,2 \approx 2$$

Количество ИТР принимается 20% от количества основных станков:

$$ITP = 4 \times 20\% = 0,8 \approx 1$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	151900.2016.049.000 ПЗ	52

#### 4.4 Выбор типов и определение количества транспортных средств

Межоперационное транспортирование мелких и средних деталей в данном случае (вес обрабатываемой детали 1,41 кг, деталь – корпус) может осуществляться в тележках, движущихся по узким путям, которые проходят перед рабочим. С помощью тележек можно обслуживать станки с разной высотой загрузки. Для удобства обслуживания станков путь оборудуют поворотными и откидными секциями для прохода рабочих.

Изготовленные на механическом участке детали предварительно укладываются в межоперационную тару, а затем на складе готовой продукции участка в контейнеры весом 400 кг. Контейнеры транспортируются краном на склад сборочного цеха или на склад завода.

Перевозка заготовок со склада завода осуществляется электротележками.

#### 4.5 Выбор и определение потребного количества мостовых кранов

Мостовые краны применяются для установки, кантования и межоперационного транспортирования деталей. Достоинство мостовых кранов в том, что они обслуживаются всю площадь цеха. Принимаем кран мостовой подвесной однобалочный, изображенный на рисунке 19.

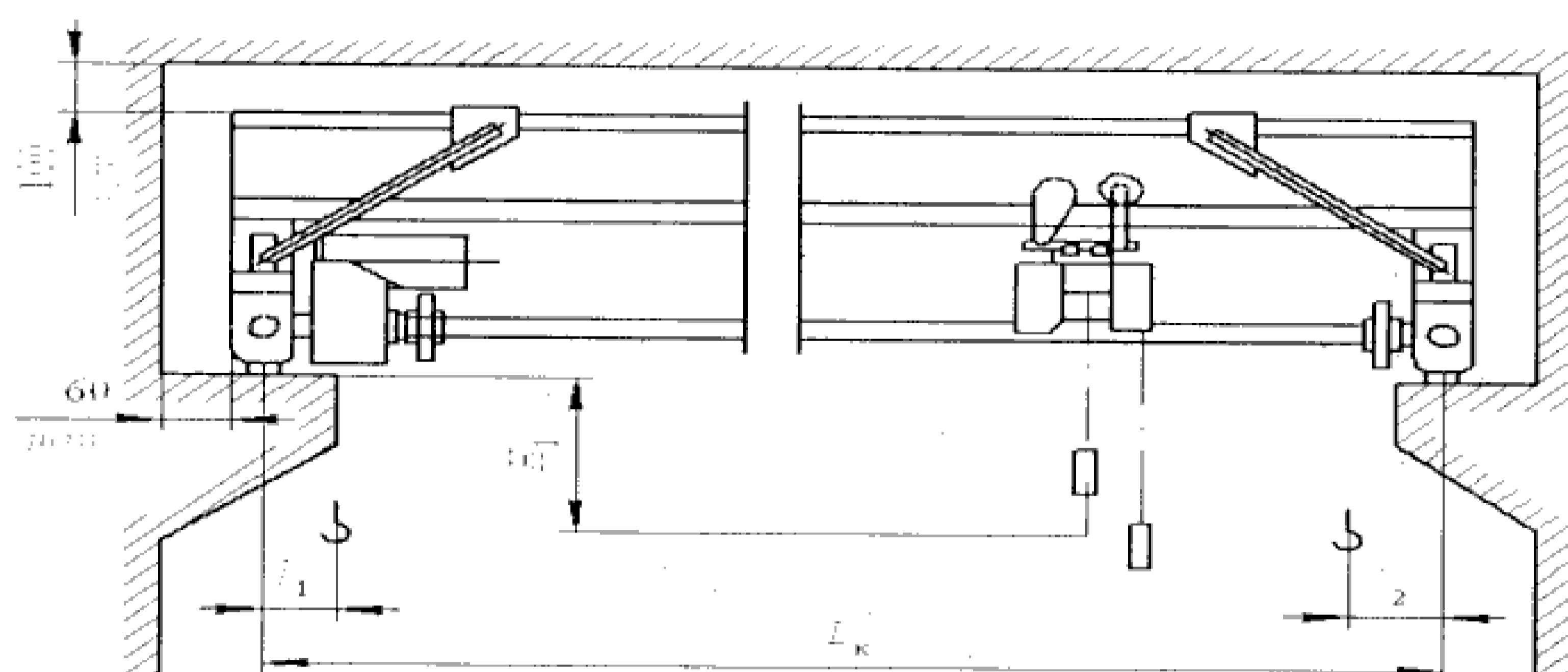


Рисунок 19 - Схема установки однобалочного мостового крана с электроталом

#### Техническая характеристика крана

Краны мостовые подвесные однобалочные грузоподъемностью 1–5т с электроталом (ГОСТ 7890 - 84):

- длина моста  $L_M = 3,6 - 18$  м;
- ширина подкранового пути  $L_K = 3,6 - 15$  м;
- длина консоли моста  $l = 0,3 - 1,5$  м;
- высота подъема грузов 6 – 18 м;
- недоход крюка  $l_1 = 660 - 900$  мм;
- скорость передвижения 0,5 – 0,8 м/с;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист  
53

- крановый путь – двутавровые балки профиля № 24М – № 45М ГОСТ 19425 -74
- управление с пола подвесной кнопочной станцией;
- крепление кранового пути к железобетонным фермам с помощью металлической обвязки фермы в двух местах, при  $L_m > 7,5$  м обвязка фермы в трёх местах;
- крепление кранового пути к стальным фермам болтами и сваркой в двух или трех местах.

Потребное количество кранов определяют по формуле

$$K = \frac{D \cdot i}{\Phi \cdot m} \cdot \frac{\left( \frac{l_{cp}}{V_{cp}} + t_3 + t_p \right)}{\Phi_n \cdot K_i},$$

где  $D$  – количество перевезенных грузов (контейнеров с деталями) на годовую программу выпуска  $N$  деталей.

$$D = \frac{N \cdot G_i}{G_k},$$

где  $G_i = 1,41$  кг. – вес одной детали;

$G_k = 400$  кг. – вес контейнера с деталями;

$m = 2$  – количество рабочих смен в сутки;

$\Phi = 240$  – количество рабочих дней в году;

$i = 5$  – количество крановых операций на один перевезенный груз;

$l_{cp} = 15$  м – средняя длина пути на одну крановую операцию;

$V_{cp} = 0,65$  м/с – средняя скорость движения крана;

$t_3, t_p = 2$  мин. время на одну загрузку и одну разгрузку;

$\Phi_n = 480$  мин. номинальный фонд работы крана;

$K_i = 0,85$  – коэффициент, учитывающий простой крана.

$$D = \frac{15000 \cdot 1,41}{400} = 52,9$$

$$K = 0,34$$

Получаем  $K_n = 1$

Коэффициент загрузки крана  $K_{заг}$  по времени

$$K_{заг} = \frac{K}{K_n}; \quad \hat{E}_{заг} = \frac{0,34}{1} = 0,34$$

Принимаем 1 мостовой кран.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					151900.2016.049.000 ПЗ

## 4.6 Определение потребного количества электротележек

Электротележки могут использоваться для транспортирования заготовок со склада завода или цеха на склад участка и для перевозки деталей в сборочный цех. Заготовки могут транспортироваться навалом на платформе тележки, а детали после обработки в таре.

Потребное количество электротележек определяется по формуле:

$$T = \frac{Q \cdot i}{q \cdot 60 \cdot \Phi_n \cdot m \cdot K_i} \cdot \left( \frac{l_{cp}}{V_{cp}} + t_3 + t_p \right) ,$$

где  $Q = 15000$  шт. – годовой грузопоток заготовок;

$q = 100$  шт. – заполнение электротележки за один рейс;

$i = 10$  количество транспортных операций с грузом на один рейс;

$\Phi_n = 2070$  часов – номинальный годовой фонд времени электротележки в одну смену;

$K_i = 0.85$  – коэффициент, учитывающий простой электротележки;

$l_{cp} = 100$  м – средний пробег электротележки за один рейс туда и обратно;

$V_{cp} = 9$  км/ч – средняя скорость электротележки;

$m = 2$  – количество рабочих смен в сутки;

$t_3, t_p = 10$  мин. – время одной загрузки и одной разгрузки тележки, мин.

$$\dot{O} = \frac{15000 \cdot 10}{150 \cdot 60 \cdot 2070 \cdot 2 \cdot 0.85} \cdot \left( \frac{100}{9} + 10 + 10 \right) = 0,54 \approx 1$$

Принимаем 1 электротележку ЭТМ.

Технические характеристики электротележки ЭТМ представлены в таблице 16.

Таблица 16 - Техническая характеристика электротележек ЭТМ

Грузоподъемность, т	1	
Размеры грузовой платформы, мм	Длина	1100
	Ширина	700
Скорость передвижения, км/ч	с грузом	7–8
	без груза	10–11
Наименьший радиус поворота, мм	2100	
Наименьшая ширина проездов, пересекающихся под углом 90°	-	
Изготовитель	СНГ	

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
					151900.2016.049.000 ПЗ
					55

#### 4.7 Расчет площадей для складирования заготовок и деталей

При большом объеме выпуска изделий целесообразно, чтобы склады металла находились при соответствующих цехах – потребителях. Цеховой склад заготовок предназначен для обеспечения бесперебойного снабжения станков и поточных линий материалами и заготовками.

Площадь цехового склада материалов и заготовок определяются по формуле:

$$F_{cz} = Q \cdot t / (260 \cdot q \cdot K_i),$$

где  $Q$  – масса заготовок годового объема выпуска,  $Q=31,5$  т;

$q$  – средняя допустимая нагрузка на 1 квадратный метр,  $q=10$  кН/м<sup>2</sup>;

$t$  – среднее количество рабочих дней, в течении которых заготовки хранятся на складе до поступления на обработку,  $t=6$  дней;

$K_i$  – коэффициент использования площади,  $K_i=0,3$ .

$$F_{cz} = 31,5 \cdot 6 / 260 \cdot 10 \cdot 0,3 = 0,242 \text{ м}^2$$

Принимаем  $F_{cz}=1$  м<sup>2</sup>.

Местом накопления и хранение окончательно обработанных деталей, ожидающих поступления на сборку, является промежуточный склад.

Потребную площадь для промежуточного склада рассчитывают по формуле:

$$F_{cd} = Q \cdot t_1 / (260 \cdot q_1 \cdot K_i),$$

где  $Q$  – масса деталей годового объема выпуска,  $Q=31,5$  т;

$q_1$  – средняя допустимая нагрузка на 1 квадратный метр,  $q_1=30$  кН/м<sup>2</sup>;

$t_1$  – число рабочих запаса,  $t_1=12$  дней;

$K_i$  – коэффициент использования площади,  $K_i=0,3$

$$F_{cd} = 31,5 \cdot 12 / 260 \cdot 30 \cdot 0,3 = 0,162 \text{ м}^2$$

Принимаем  $F_{cd}=1$  м<sup>2</sup>.

#### 4.8 Выбор способа транспортирования стружки

В результате механической обработки металлов резанием образуется значительное количество стружки, которое можно определить как разность масс заготовки и детали из расчета годового объема выпуска. При укрупненных расчетах массу стружки можно принимать равной 10...15% массы готовых деталей.

Техническое решение по организации сбора и транспортирования стружки зависит от годового количества стружки, образованного на 1 м<sup>2</sup> цеха.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

56

Существует три системы уборки стружки от станков: М – механизированная с использованием ручного труда, средств малой механизации; К – комбинированная, когда предусматривают линейные конвейеры вдоль станочных линий со специальной тарой в конце конвейера; А – автоматизированная с применением средств непрерывного транспорта.

Площадь участка определяется по формуле:

$$F = n_1 \cdot q_1 + n_2 \cdot q_2 + n_3 \cdot q_3,$$

где  $n_1, n_2, n_3$  – количество станков соответственно мелких, средних и крупных,

$$n_1=0, n_2=0, n_3=2$$

$q_1, q_2, q_3$  – удельная площадь, приходящая соответственно на один мелкий, средний и крупный станок,

$$q_3=35 \text{ м}^2$$

$$F=2 \cdot 35=70 \text{ м}^2$$

Количество стружки на 1  $\text{м}^2$  цеха по формуле:

$$Q=(M_z - M_d) \cdot N_{\text{пр}} / F \cdot 1000$$

$$Q=(2,1 - 1,41) \cdot 15000 / 70 \cdot 1000 = 0,1478$$

Так как  $Q=0,1478$  принимаем механизированную систему транспортирования стружки (система М до 0,3), предусматривается ручной сбор стружки в специальные емкости, которые транспортируют на накопительную площадку.

#### 4.9 Планировка оборудования и определение производственной площади

Планировку оборудования выполняют 1:100 для малых и средних цехов. При планировке оборудования учитывают все факторы, которые оказывают влияние на рабочих. Основные из них следующие: доступ к рабочим местам, близость комнат курения и туалетов, хорошее освещение, достаточный обмен воздуха.

Планировка участка, выполненная в масштабе 1:100 представлена на рисунке 20

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист  
57

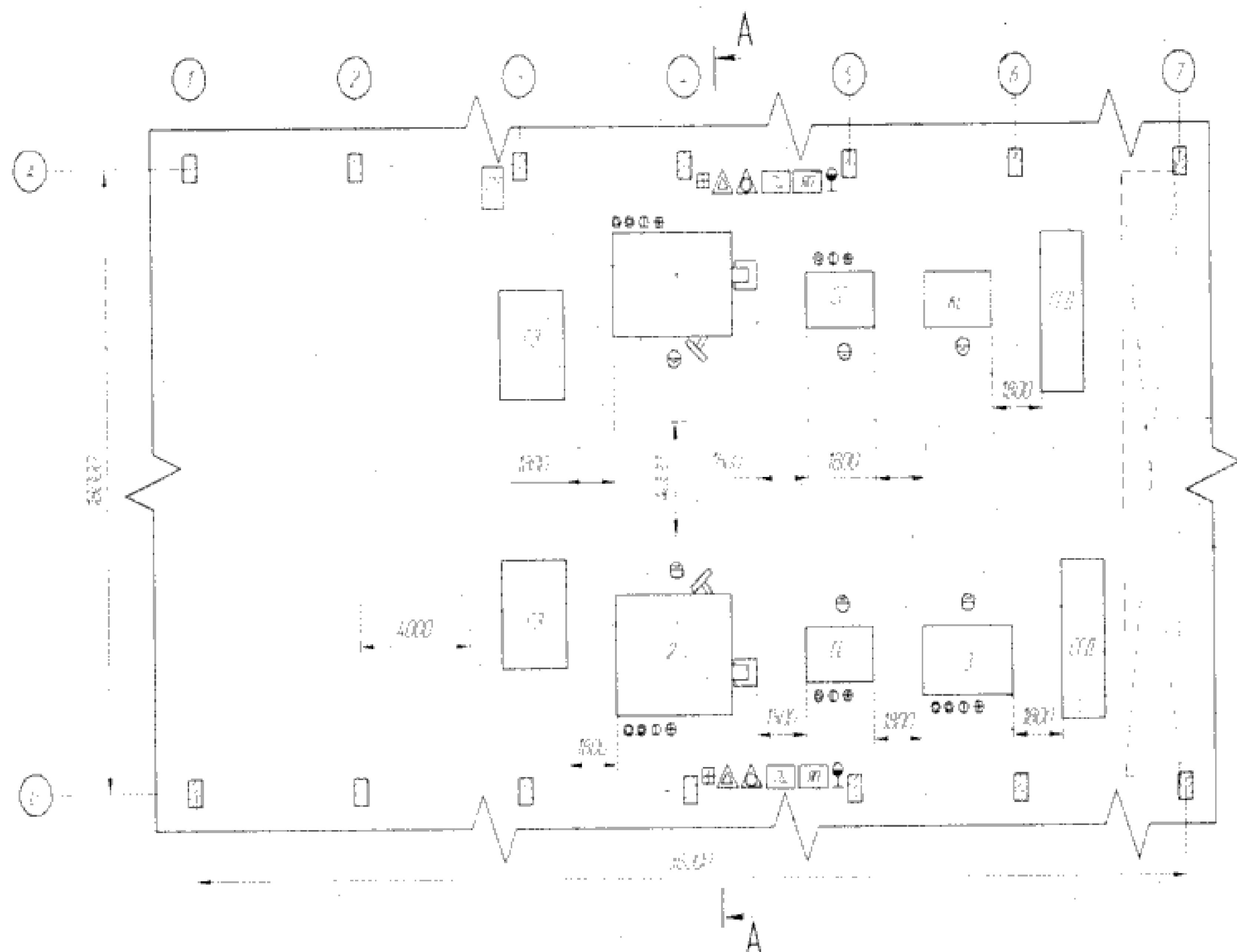


Рисунок 20 – Планировка участка

После расстановки оборудования получили фактическую площадь:  
длина участка  $L=36$  м, ширина участка  $l=18$  м,  
Фактическая площадь определяется по формуле:

$$F=L \cdot l = 36 \cdot 18 = 648 \text{ м}^2$$

Расчетная площадь равна  $F_{\text{расч}}=70 \text{ м}^2$

Расхождение расчетной площади от фактической в процентном отношении определяем по формуле

$$\delta = (F - F_{\text{расч}}) / F \cdot 100\% = (648 - 70) / 648 \cdot 100\% = 89,2\%$$

#### 4.10 Выбор типов, формы и определение размеров здания

Механосборочное производство обычно размещают в зданиях, имеющих один или несколько параллельных пролетов. Основными строительными параметрами такого здания являются:

- 1) ширина пролета  $L$  – расстояние между продольными осями колонн
- 2) шаг колонн  $t$  – расстояние между их поперечными осями
- 3) высота пролета  $H$  – расстояние от уровня пола до нижней части несущей конструкций.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					151900.2016.049.000 ПЗ

Выбор основных параметров здания определяются технологическим процессом и рациональным размещением производства.

Сетку колонн ( $L_{xt}$ ) и высоту  $H$  выбирают из унифицированного ряда величин.

Исходя из максимальной высоты  $h_1=3,6$  м оборудования, минимального расстояния  $h_2=0,9$  м между оборудованием и перемещаемым грузом, а также высоты транспортируемых грузов  $h_3=1$  м, крана  $h_4=1$  м, определяют высоту до головки подкранового рельса  $H_k$ :

$$H_k = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 3,6 + 0,9 + 1 + 1 = 6,5 \text{ м}$$

Принимаем  $H_k = 6,95$  м. Тогда высота цеха  $H=9,6$  м.

Колонны одноэтажных промышленных зданий преимущественно делают железобетонными прямоугольного сечения. При высоте пролетов 8,4...10,8 м, оборудованных мостовыми кранами с грузоподъемностью 10,0 т, ставят колонны прямоугольного сечения (500x800 мм) серии КЭ-01-49.

Основные размеры колонн приведены на рисунке 21.

К несущей конструкции одноэтажных промышленных зданий относятся фермы, которые изготавливаются сборными железобетонными или стальными.

Для естественного освещения применяем световые плафоны.

Габаритные размеры железобетонных ферм приведены на рисунке 22.

Фундаменты под колонны зданий представляют собой отдельно стоящие железобетонные стоящие конструкции, на которые устанавливают также железобетонные фундаментные балки под стены. Верхняя плоскость фундамента располагается на 150 мм ниже уровня пола, отметка подошвы фундамента  $-1,95$  м. Размеры фундаментов приведены на рисунке 23.

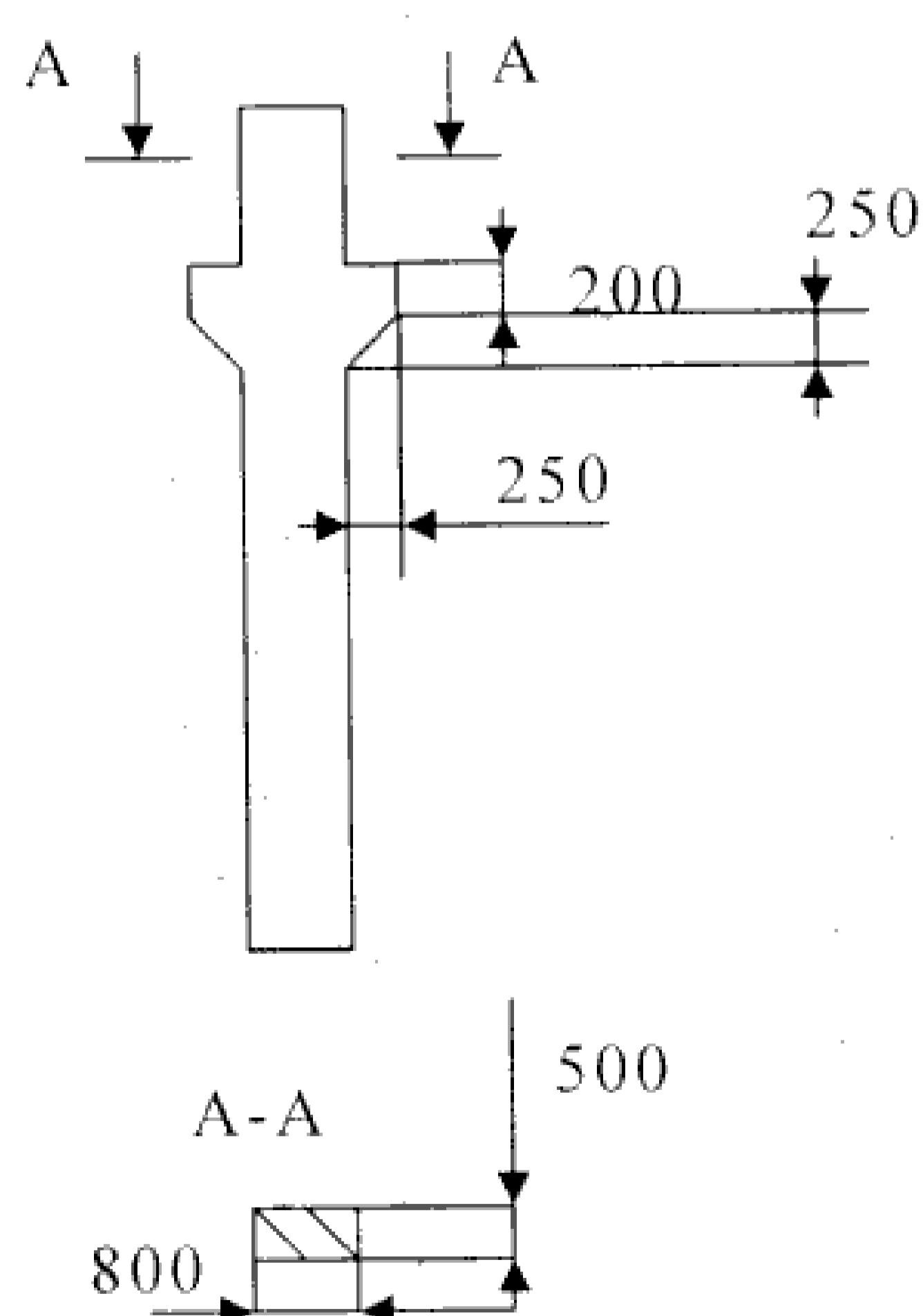


Рисунок 21 – Колонны для зданий.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

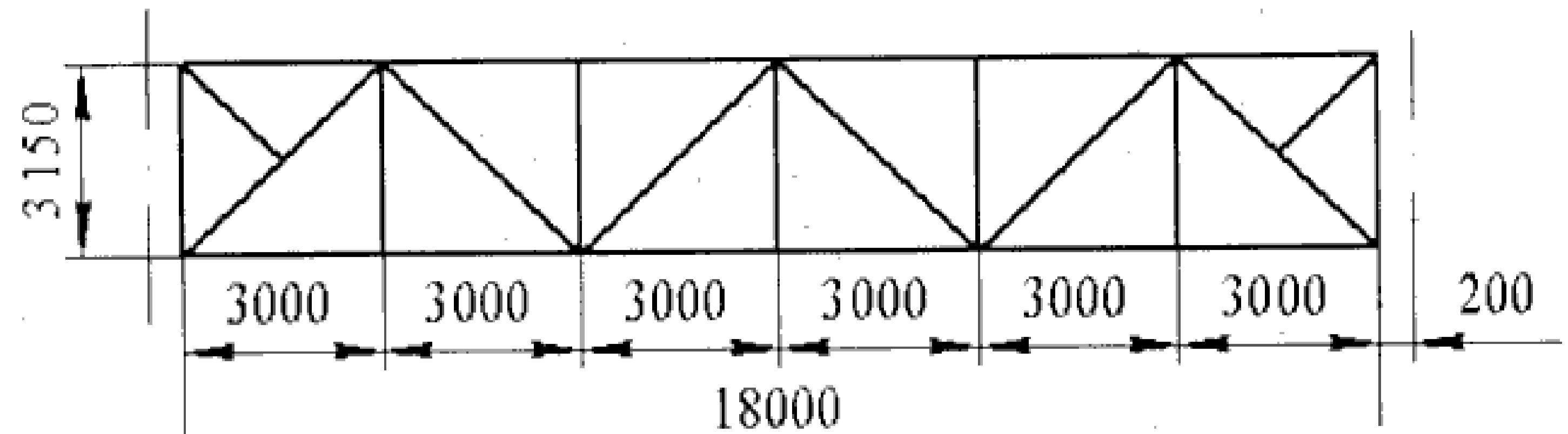


Рисунок 22 – Габаритные размеры железобетонных ферм

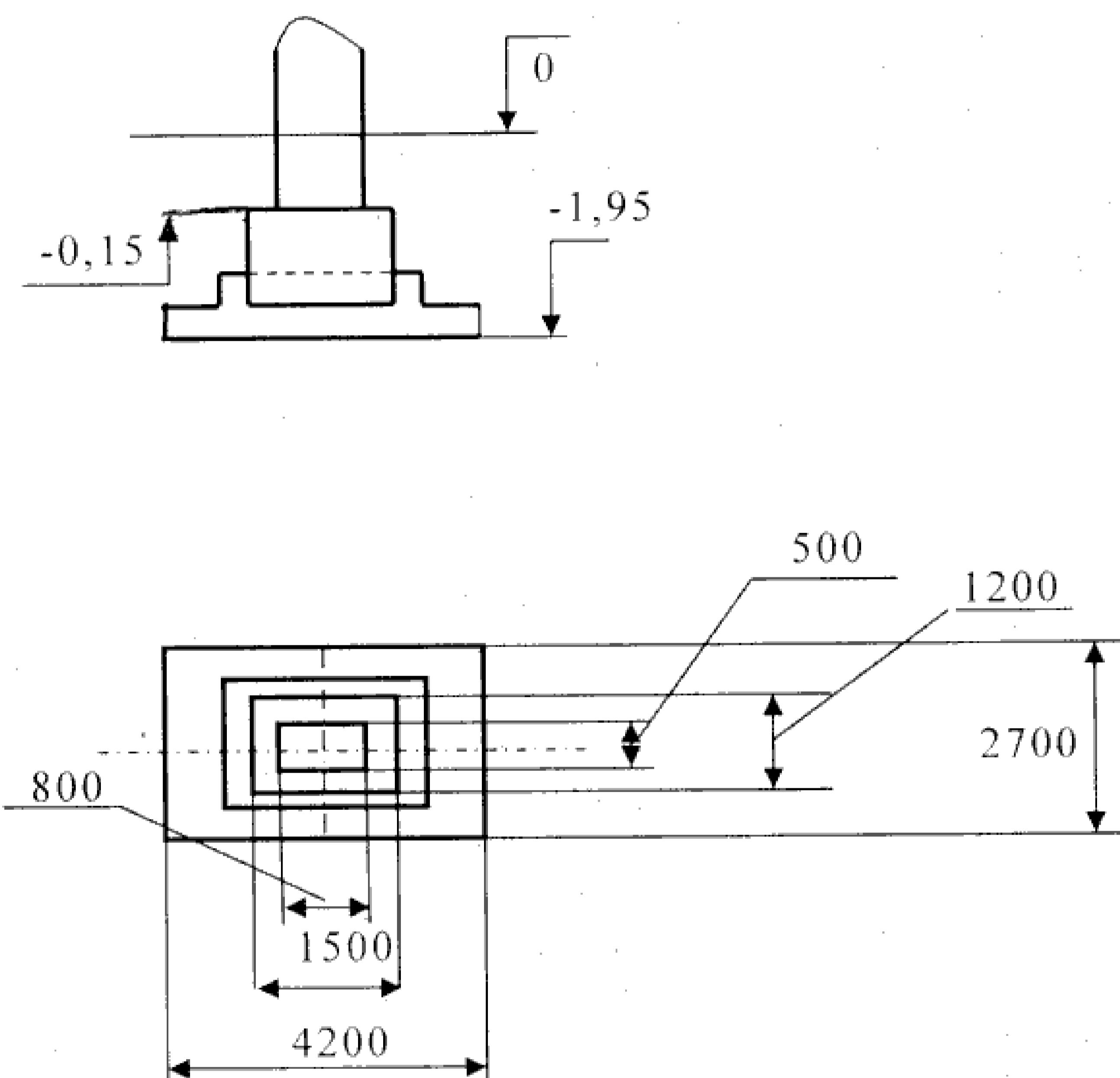


Рисунок 23 – Фундамент под колонны серии КЭ-01-49

При оформлении поперечного разреза необходимо выбрать конструкцию пола и кровли. Оборудование участка в основном устанавливается непосредственно на полу. Поэтому полы представляют собой многослойную конструкцию, заключающую утрамбованный грунт, надежную бетонную подготовку толщиной 200...300 м, песчано-цементную стяжку для выравнивания, слой гидроизоляции, а также покрытие пола. В качестве верхнего покрытия пола выбираем тротуарную плитку.

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	151900.2016.049.000 ПЗ

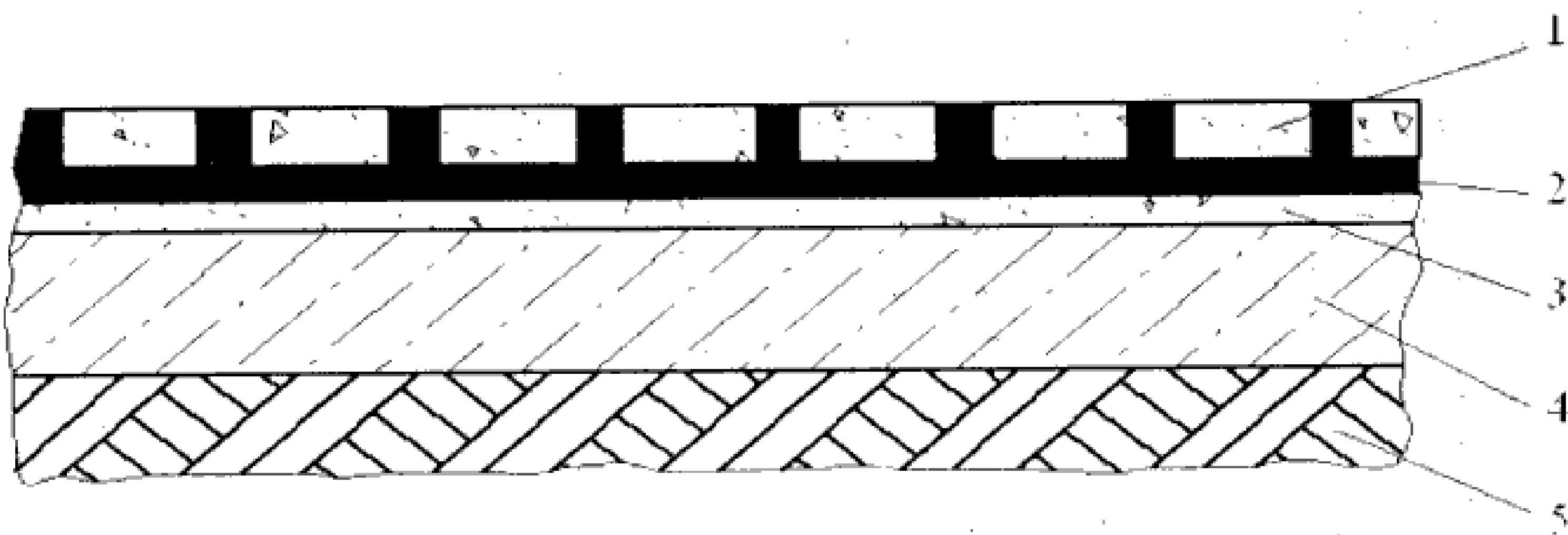


Рисунок 24 - Конструкция полов одноэтажных зданий:

- 1 – верхнее покрытие пола;
- 2 – гидроизоляция;
- 3 – стяжка;
- 4 – бетонная подготовка;
- 5 – трамбованный грунт

Кровля является ограждающим покрытием строений и для машиностроительных цехов является утепленной и многослойной. Кровля производственных зданий состоит из сборных настилов, укладываемых по балкам или фермам. Наибольшее распространение получили железобетонные плиты, применяемые как в не отапливаемых, так и в отапливаемых помещениях. Несущий настил выполняется из унифицированных железобетонных плит. В качестве первого слоя применяется песчано-цементная стяжка, она покрывается пароизоляцией из пергамента или алюминиевых листов. Затем укладывается утеплитель (газобетон). Чтобы создать достаточно ровное и жесткое основание для гидроизоляционного ковра накладывают песчано-цементную стяжку. Гидроизоляция выполняется из 3-4 слоев рулонных гидроизоляционных материалов.

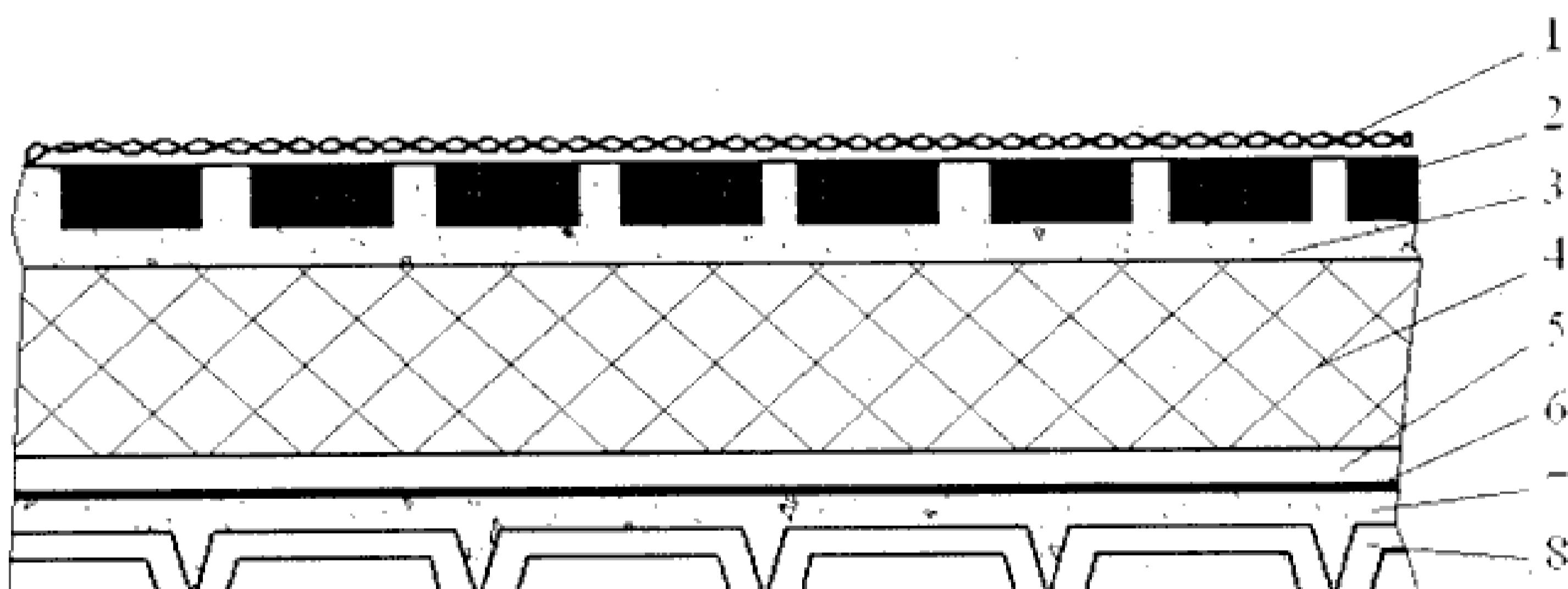


Рисунок 25 - Схема конструкции кровли:

- 1 – защитный слой гравия;
- 2 – гидроизоляционный ковёр;
- 3 – песчано-цементная стяжка;
- 4 – теплоизоляция;
- 5 – пароизоляция;
- 6 – битумная грунтовка;
- 7 – песчано-цементная стяжка;
- 8 – железобетонные плиты

Поперечный разрез здания у самого высокого станка изображен на рисунке 26.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

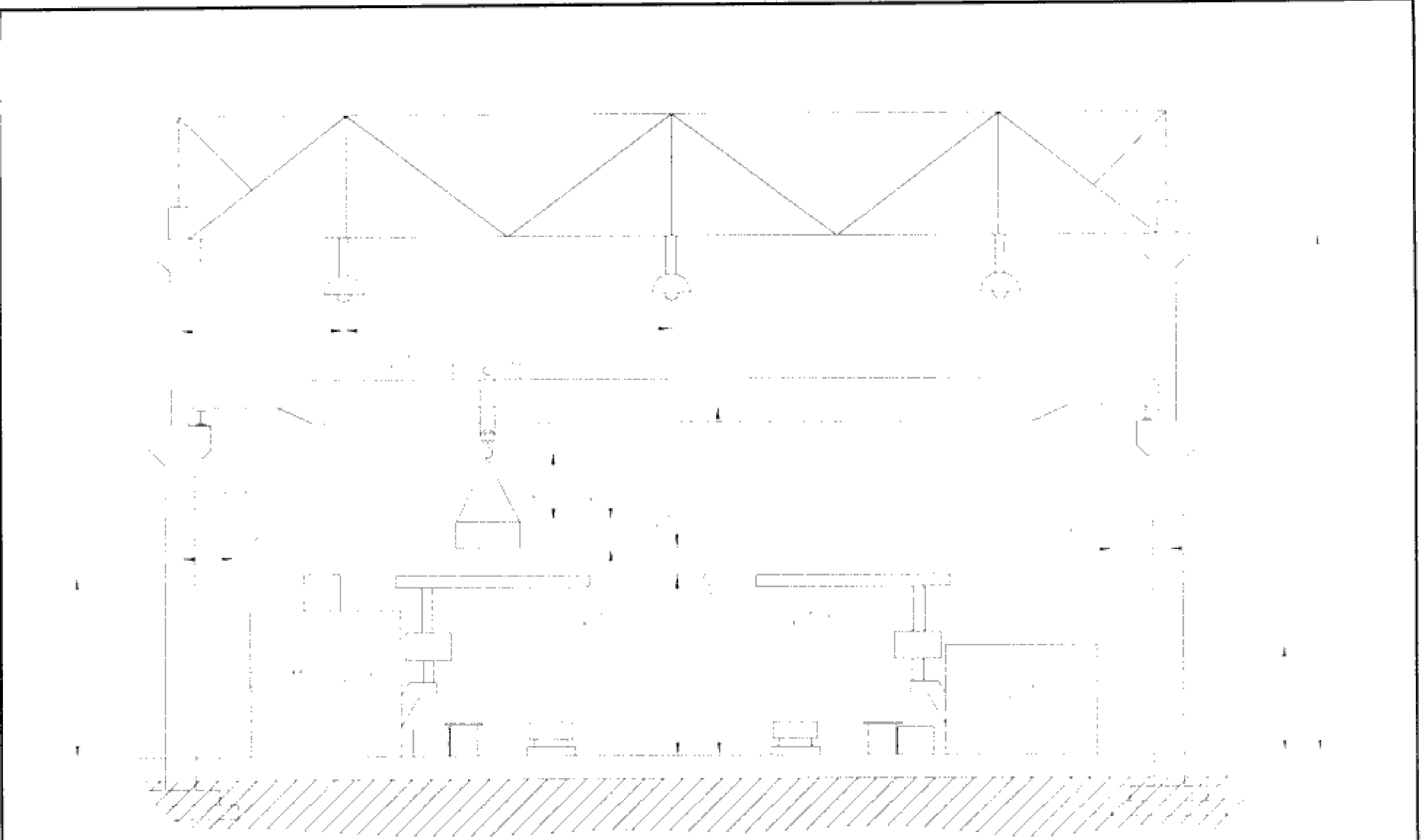


Рисунок 26 – Поперечный разрез здания

Выводы по разделу четыре

В строительном разделе произведен расчет оборудования и рабочих, выбраны транспортные средства и их количество. Произвели расчет площади для складирования заготовок и деталей. Определены тип, форма и размеры здания.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

62

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1 Обеспечение электробезопасности на производственном участке

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает электролитическое, термическое и биологическое действие, вызывая местные и общие травмы. Характер действия электрического тока на организм человека в зависимости от его величины приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Характер действия электротока

Действие тока	Величина тока, мА		Характер воздействия
	Перемен.	Постоян.	
Пороговый, Ощутимый	0,6 – 1,5	6 – 7	Вызывает ощутимое раздражение организма
Пороговый, Неотпускной	10 – 15	50 – 70	Сильные судороги мышц рук, которые человек преодолеть не в состоянии
Пороговый, фибрилляционный	100	300	Воздействие на мышцу сердца, возможна его остановка

Согласно “Правилам устройства электроустановок” помещение участка относится к особоопасному с точки зрения электробезопасности.

- Основные причины несчастных случаев от воздействия электрического тока:

- случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования – кожухах, корпусах и т.д. – в результате повреждения изоляции и других причин;
- появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;
- возникновение шагового напряжения на поверхности земли в результате замыкания провода на землю.

В сетях с глухозаземлённой нейтралью, в качестве защитной меры, применяют соединение корпусов электрооборудования с нейтралью источника питания (зануление), что обеспечивает быстрое отключение повреждённой установки и участка сети.

- Основные технические мероприятия и средства защиты от поражения электрическим током:

- изоляция токоведущих частей;
- недоступность токоведущих частей;
- размещение электрических проводов в трубах;
- применение малого напряжения (не более 42 В);
- применение защитного зануления;
- применение деревянных трапов у станков.

- Основные организационные мероприятия:

- обязательный контроль наличия исправности зануления оборудования и изолирующего трапа у станка (рисунок 27);
- запрещение ремонта электрооборудования и вскрытие электрошкафов не аттестованными работниками;
- привлечение к ремонту электрооборудования аттестованных специалистов-электриков;
- инструктаж рабочих.

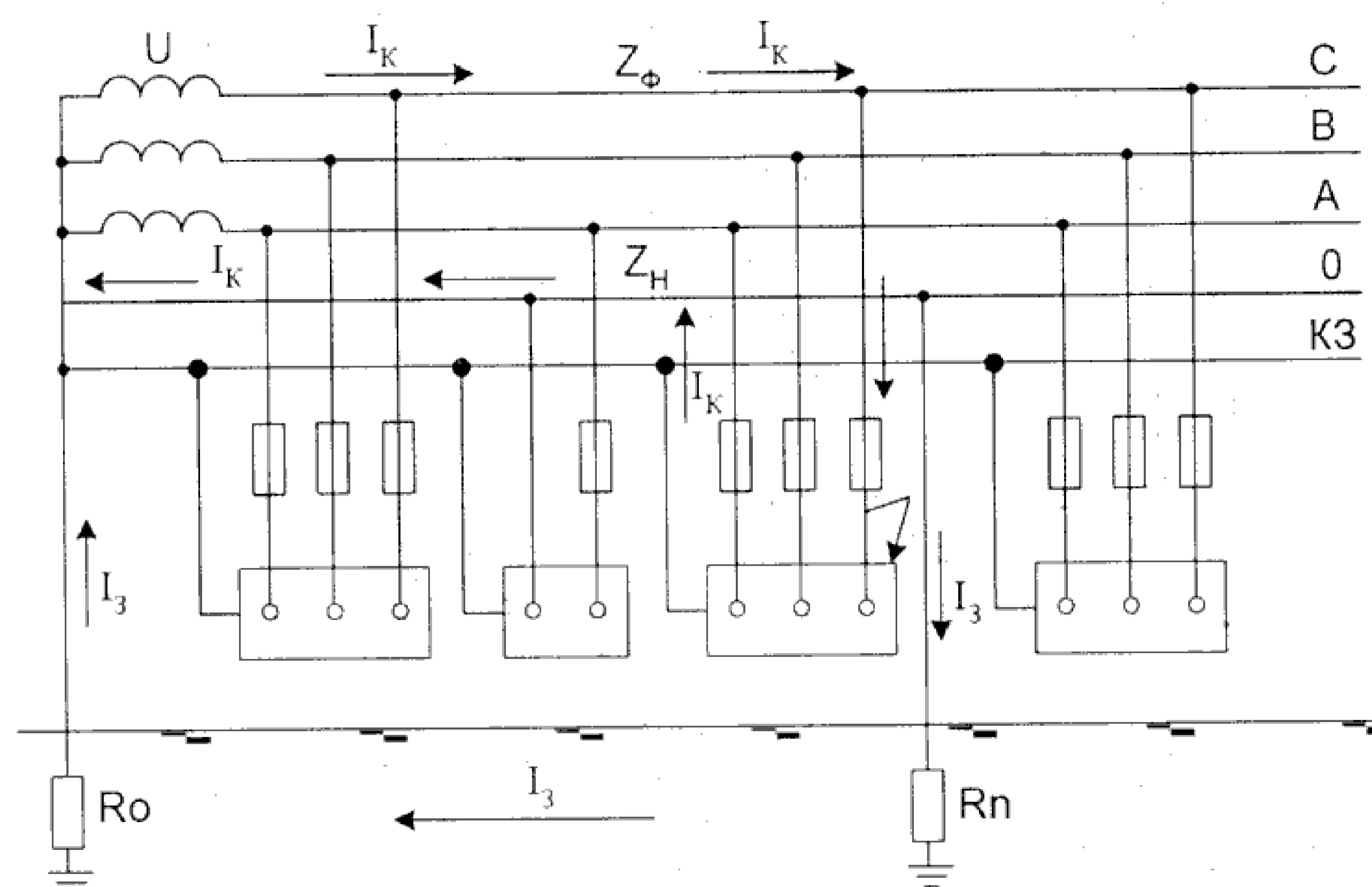


Рисунок 27 – Принципиальная схема зануления

## 5.2 Расчет общего искусственного освещения

При проектировании искусственного освещения участка выбор типа источников света общего назначения механических цехов с нормальными условиями труда зависит от спроектированного помещения. Неудовлетворительное освещение может привести к ухудшению зрения.

На данном участке происходит обработка деталей, связанная с контролем предельными калибрами это относится к III категории зрительных работ, фоновая характеристика – средняя, контрастность – средняя. Коэффициенты отражения : потолка  $r_p = 30 \%$ , стен  $r_i = 10 \%$ .

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					151900.2016.049.000 ПЗ

Размеры помещения : длина А = 36 м, ширина В = 18 м, высота Н = 9,6 м.

1. Определение площади помещения производим по формуле [11]:

$$S = A \cdot B$$

$$S = 36 \cdot 18 = 648 \text{ м}^2$$

2. По СНиП 23-05-95 назначается норма минимальной освещенности в помещении  $E_n = 300 \text{ лк}$ .

3. Выбирается тип лампы:

Для высоты помещения Н = 9,6 м наиболее целесообразной является лампа ДРЛ- 400. Ее характеристики: мощность W = 400 Вт, световой поток Ф = 23000 лм.

4. Выбирается тип светильника РСП 05-400 (сокращенное обозначение – светильник с одной лампой ДРЛ мощностью 400 Вт, подвесной для промышленных предприятий, серия 05).

5. По ширине помещения В = 18 м принимается схема размещения светильников: 8 рядов светильников по три лампы в ряд, расположенных по длине помещения. Размеры для схемы (см. рисунок 26): а = 3 м; b = 3 м; c = 3,5 м; l = 6 м. Число светильников получаем N = 24 штуки.

6. Задается высота подвеса светильников над рабочей поверхностью по формуле

$$H_p = H - H_1 - H_2$$

где Н – высота помещения от потолка до пола;

Н<sub>1</sub> – расстояние от светильника до потолка Н<sub>1</sub> = 0,7 м;

Н<sub>2</sub> – высота рабочей поверхности от пола Н<sub>2</sub> = 0,8 м.

$$H_p = 9,6 - 0,7 - 0,8 = 8,1 \text{ м},$$

7. По формуле определяется индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p(A + B)}$$

$$i = \frac{36 \cdot 18}{8,1 \cdot (36 + 18)} = 1,48.$$

8. По формуле определяется величина светового потока для одной лампы:

$$\Phi = \frac{100 \cdot E_n \cdot S \cdot Z \cdot k}{N \cdot n \cdot \eta},$$

где Φ – световой поток одной лампы, лм;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

65

$E_n$  – нормируемая минимальная освещенность, лк;  
 $S$  – площадь освещаемого помещения,  $m^2$ ;  
 $Z$  – коэффициент минимальной освещенности,  $Z=1,15$ ;  
 $K$  – коэффициент запаса,  $K=1,5$ ;  
 $N$  – число светильников в помещении;  
 $n$  – число ламп в светильнике;  
 $\eta$  – коэффициент использования светового потока лампы,  $\eta=65\%$ .

$$\Phi = \frac{100 \cdot 300 \cdot 648 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{24 \cdot 1 \cdot 65} = 21496 \text{ лм}$$

9. Допустимое отклонение расчетного значения светового потока от табличного установлено от  $-10$  до  $+20\%$ . Проверим выполнение данного условия по формуле

$$\Delta = \frac{\Phi_{\text{табл}} - \Phi}{\Phi_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

$$\Delta = \frac{23000 - 21496}{23000} \cdot 100\% = 6,54\%.$$

Следовательно, условие выполняется.

10. Эскиз спроектированной системы освещения показан на рисунке 28.

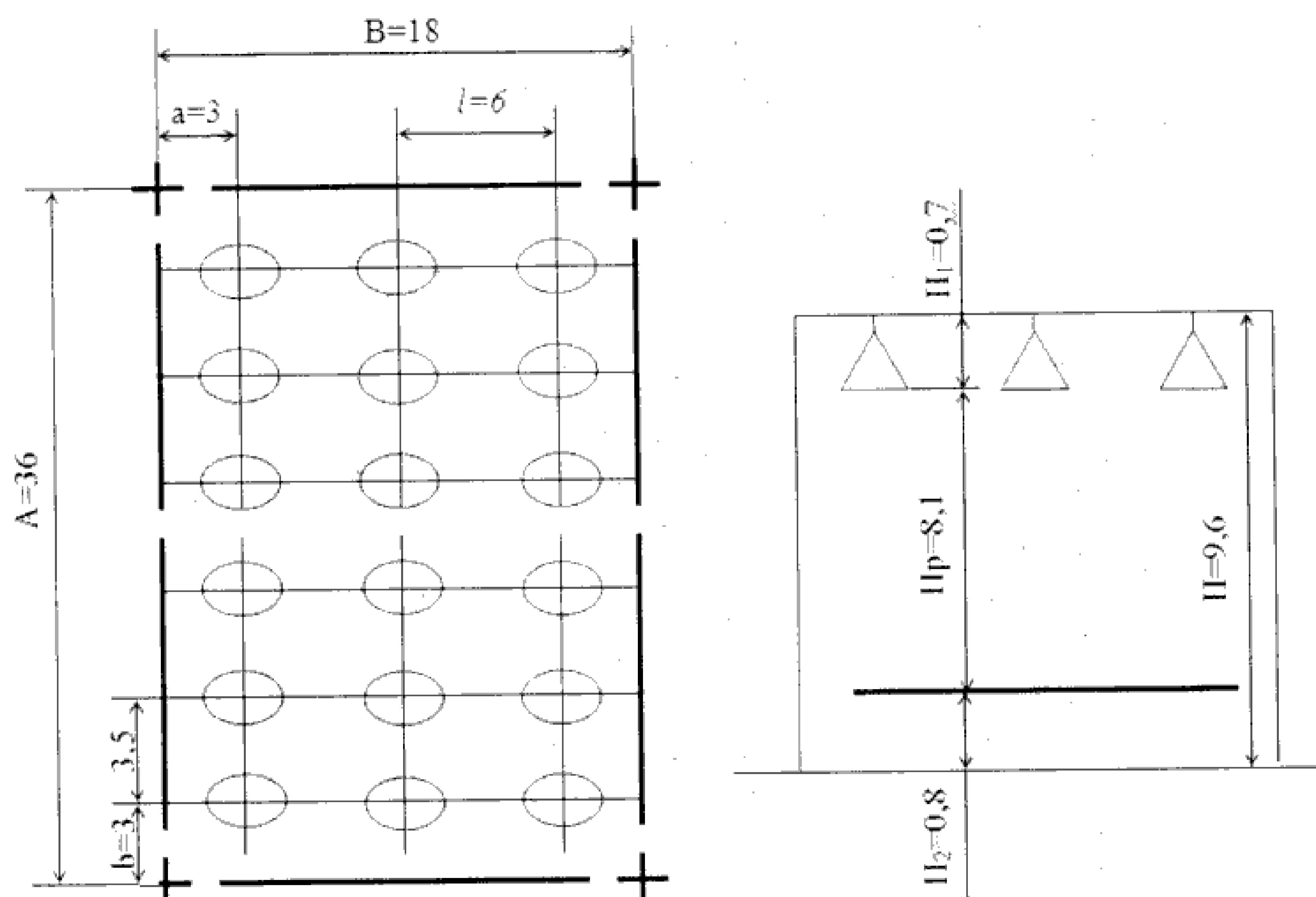


Рисунок 28 – Схема спроектированной системы общего равномерного освещения (размеры в метрах)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

### 5.3 Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях на пожаро-взрывоопасных объектах

На предприятии, где будет эксплуатироваться проектируемый комплекс, существует возможность возникновения следующих чрезвычайных ситуаций: взрыв; пожар; проявление случаев терроризма, диверсии; стихийные бедствия, такие как наводнение, ураган; а также существует угроза химической, бактериологической, ядерной атаки и прочес. Вследствие того, что происходит использование различных легко воспламеняющихся и взрывоопасных наиболее вероятная чрезвычайная ситуация, которая может произойти при работе – это возникновение пожара и взрыва.

Цех выполнен из металлоконструкций, которые скреплены между собой болтовыми соединениями, наружные стены обшиты утепленным профильным листом, крыша в свою очередь обшита листом толщиной 4 мм. Он условно разбито на 4 «пролета». В первом находятся бункеры с сырьем. Во втором «пролете» происходит подача сырья на ленточный конвейер. В следующем «пролете» происходит процесс измельчения на мельницы. В четвертом «пролете» происходит процесс сепарации. Все эти «пролеты» частично разделены металлическими перегородками, которые в случае опасной ситуации, в частности: взрыв, помешают дальнейшему разрушению оборудования и распространению пожара.

В цехе протянута сеть трубопроводов: кислород, отопление, сжатый воздух, природный газ и другое. Сеть трубопроводов является источником повышенной опасности, так как вследствие тяжелых условий эксплуатации {повышенные и высокие значения температуры, давления, во многих случаях высокая коррозионная активность сред, транспортируемых по трубопроводам} происходит разрушение материала труб и разгерметизация фланцевых соединений, а из-за большой протяженности и разветвленное сети контроль за ее состоянием затруднен.

Согласно нормам все технологические трубопроводы в зависимости от химического состава передаваемой по ним среды подразделяются на три группы (А, Б, В). Внутри каждой группы в зависимости от рабочего давления и температуры трубопроводы делятся на пять категорий (I–V). Нас интересует трубопровод горючие газы «природный газ», так как он являются наиболее взрывоопасным и относится к комплексу термической резки. Такие трубопроводы окрашивают в желтого цвета.

Прокладку трубопроводов в основном выполняют надземным способом - на эстакадах, стойках, по колоннам и по стенам зданий, что позволяет обеспечивать возможность постоянного наблюдения за состоянием трубопроводов, облегчается их монтаж и ремонт. При надземной прокладке трубопроводов в зависимости от их характеристик и условий эксплуатации применяют следующие опоры; неподвижные, обеспечивающие закрепление трубопровода в заданной (мертвой) точке; подвижные (скользящие, катковые), дающие возможность трубопроводу свободно перемещаться при тепловых деформациях.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

67

Внутрицеховые трубопроводы взрыво- и пожароопасных производств должны быть заземлены с целью отвода зарядов статистического электричества и вторичных проявлений молний. В целях выравнивания электростатических потенциалов и предотвращения искрения трубопроводы, проложенные в помещениях категорий А и Б, параллельно на расстоянии до 100 мм один от другого, должны соединяться металлическими перемычками через каждые 20–25 м.

Не разрешается прокладка технологических трубопроводов через бытовые, подсобные, складские помещения, вентиляционные камеры, помещения КИП и др.

Взрыв – чрезвычайно быстрая химическая реакция, сопровождающаяся выделением энергии и образованием сжатых газов (ударной волны), способных поражать людей на расстоянии.

Характерной особенностью взрыва является его быстротечность. Время взрыва исчисляется тысячными долями секунды. Скорость разложения ВВ при взрыве (детонации) составляет 1000–9000 м/с. Температура достигает десятков тысяч градусов по Цельсию. Взрывные газы сохраняют свое разрушительное воздействие на определенном расстоянии.

Последствия взрывов зависят от мощности взрывного устройства и среды, в которой происходит взрыв.

#### Взрывы газа.

Основной причиной таких взрывов является нарушение требований безопасности при эксплуатации газовых приборов.

При эксплуатации газовых приборов необходимо:

- пройти обучение и инструктаж по технике безопасности, получить документ на право эксплуатации газовых приборов;
- поручить установку, наладку, ремонт газовых приборов специалистам; эксплуатировать только исправные газовые приборы;
- не допускать случаев утечки газа в помещении;
- при появлении запаха газа в помещении следует перекрыть кран подачи газа, открыть окна и двери для проветривания помещения, не использовать открытый огонь, не включать электричество и электрические приборы;
- если ситуация выходит из-под контроля, следует вызвать работников газовой службы, пожарных и спасателей;
- при необходимости следует покинуть помещение.

Взрыв газа в помещении может стать причиной обрушения здания или его части, возникновения пожара, травмирования и гибели людей.

#### Выводы по разделу пять

В данном разделе были рассмотрены вопросы электробезопасности на производственном участке, основные технические мероприятия и средства защиты от поражения электрическим током, организационные мероприятия по электробезопасности.

Также было рассчитано общее искусственное освещение, исходя из размеров здания.

Рассмотрен вопрос обеспечения безопасности при чрезвычайных ситуациях

Иzm.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист

68

на пожаро- взрывоопасных объектах, основные причины взрывов и способы их предотвращения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист  
69

## 6. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 6.1 Ориентировочный расчет себестоимости изготовления детали

Себестоимость изготовления детали складывается из следующих показателей:

$$C_ц = M + ЗПосн + ЗПдоп + Звып.фон. + Зобор + Рцех,$$

где  $M$  - стоимость основных материалов на деталь;

$ЗПосн$  – основная зарплата на деталь;

$ЗПдоп$  – дополнительная зарплата на деталь;

$Звып.фон$  – выплаты во внебюджетные фонды;

$Зобор$  – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;

$Рцех$  – цеховые расходы

$$M = M_з \cdot Ц_з - М_отх \cdot Ц_отх,$$

где  $M_з$  – масса заготовки, кг

$Ц_з$  – цена 1 кг. материала, руб.

$Ц_отх$  – цена 1 кг. отходов, руб

$М_отх$  – масса отходов, кг

$$M = 2,1 \cdot 36 - 0,69 \cdot 10 = 68,7 \text{ руб.}$$

$$ЗПтар = \sum Рсд \cdot Кмн$$

$$ЗПосн = 179,3 \text{ руб.}$$

Дополнительная зарплата на одну деталь:

$$ЗПдоп = ЗПосн \cdot 0,13 = 179,3 \cdot 0,13 = 23,31 \text{ руб}$$

$$Звып.фон. = (ЗПосн + ЗПдоп) \cdot 30,2\%$$

$$Звып.фон = (179,3 + 23,31) \cdot 30,2\% = 61,2 \text{ руб.}$$

$$Зобор = \frac{ЗПтар \cdot Кур \cdot 150}{100}$$

$$Зобор = \frac{200 \cdot 1,15 \cdot 150}{100} = 345 \text{ руб.}$$

$$Рцех = \frac{ЗПтар \cdot Кур \cdot 250}{100}$$

$$Рцех = \frac{200 \cdot 1,15 \cdot 250}{100} = 575 \text{ руб.}$$

$$C_ц = 68,7 + 179,3 + 23,31 + 61,2 + 345 + 575 = 1252,51 \text{ руб.}$$

#### Выводы по разделу шесть

Разработанный технологический процесс изготовления детали «Корпус» обеспечивает рентабельную себестоимость.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	70
					151900.2016.049.000 ПЗ	

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе подробно проанализирована конструкторская и технологическая документация для детали "Корпус". Проведён анализ действующего технологического процесса.

Составлен проектный вариант технологического процесса с использование современного оборудования и инструмента. Рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции проектного технологического процесса.

В конструкторской части выпускной квалификационной работы рассчитаны и спроектированы станочное и контрольное приспособления, режущий инструмент.

Экономическая часть позволила сравнить проектный технологический процесс детали с имеющимся на предприятии технологическим процессом, разработанным для универсального оборудования. Данный этап работы показал, что предложенный технологический процесс для современного оборудования позволит сократить число операций механической обработки, уменьшить штучное время детали, что приведет к снижению себестоимости изделия. Это говорит о преимуществе современного оборудования перед использованием устаревшего парка техники.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности и спроектирована планировка участка механической обработки детали 151900.2016.049.01, соответствующую нормам и правилам техники безопасности, установленным на промышленных предприятиях.

Таким образом, внедрение современного оборудования и разработка соответствующего технологического процесса для производства деталей "Корпус", позволили достичь основной цели выпускной квалификационной работе.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист  
71

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сорокина, В.Г. Марочник сталей и сплавов. / В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 275с.
2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.
3. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко, под ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.
4. Режимы резания металлов: справочник / Н. П. Жидков, И. В. Глушков, под ред. Ю. В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 330 с.
5. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: справочник / В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина, А.И. Садыхов. - М.: Машиностроение, 1990. - 400 с.
6. Белоусов, А.П. Проектирование приспособлений: учебное пособие / А.П. Белоусов. – М.: Машиностроение, 1964. – 188 с.
7. Горошкин, А.К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А.К. Горошкин. – М.: Машиностроение, 1971. – 384с.
8. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбацевич, В.Н. Чеботарев, В.А. Шкред, И.Л. Алешкевич, А.И. Медведев, под ред. А.Ф. Горбацевича. – Минск: «Высшая школа», 1975. – 288 с.
9. Антонюк, В.Е. Справочник конструктора по расчету и проектированию стационарных приспособлений / В.Е. Антонюк, В.А. Королев, С.М. Башеев. – Минск: Изд-во «Беларусь», 1969. – 392 с.
10. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 122 с.
11. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие по дипломному проектированию для студентов технических специальностей / С.П. Максимов, Т.Б. Балакина, под ред. С.Н. Трофимовой. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 55 с.
12. Дьяков, В.И. Типовые расчеты по электрооборудованию: Практ. пособие – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 160 с.
13. Допуски и посадки: в 2 ч. справочник / В. Д. Мягков, под ред. В. Д. Мягкова. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1982. – 500 с.
14. Размерный анализ технологических процессов / В.В. Матвеев, М.М. Тверской, Ф.И. Бойков и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.049.000 ПЗ

Лист  
7. 2