


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,

  
Вигорев В.А.  
29.06

2016г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ


Заведующий кафедрой,  
профессор

  
С.В. Сергеев  
2016г.


Участок механической обработки детали «Цилиндр»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–151900.2016.127.000ПЗ ВКР

Консультанты  
Безопасность жизнедеятельности,  
к.т.н., доцент

  
В.Г. Некрутов  
2016 г.


Руководитель работы,  
ст. преподаватель

  
А.В. Иршин  
2016 г.

Строительный раздел,  
к.т.н., доцент

  
Е.Н. Гордеев  
2016 г

Автор работы  
студент группы У-КФл-425

  
И.А. Петрова  
2016 г.

Нормоконтролер,  
к.т.н., доцент


  
В.Г. Некрутов  
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. Усть-Катаве

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

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой

  
С.В. Сергеев  
2016 г.

### ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студентки

Петровой Ирины Александровны

Группа УКФл-425

- 1.Тема работы Участок механической обработки детали «Цилиндр»  
утверждена приказом по университету от 15.04. 2016 г. № 661
- 2.Срок сдачи студентом законченной работы 25 июня 2016 г.
- 3.Исходные данные к работе
  - 3.1 Чертеж детали
  - 3.2 Чертеж узла
  - 3.3 Существующий технологический процесс изготовления детали
  - 3.4 Материал курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения»

#### 4. Содержание расчетно-пояснительной записки

Аннотация

Оглавление

Введение

4.1 Анализ исходных данных. Назначение детали в узле. Служебное назначение детали. Анализ соответствия требований чертежа детали требованиям ее назначения. Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений. Задачи проектирования.

4.2 Технологический раздел. Анализ технологичности детали. Разработка предлагаемого варианта технологического процесса. Размерный анализ разработанного технологического процесса. Расчет режимов резания, определение сил резания проверка оборудования по мощности. Нормирован технологических операций. Выводы.

4.3 Конструкторский раздел. Проектирование фрезерного приспособления. Проектирование бортштанги для чистовой расточки. Проектирование приспособления для контроля радиального биения. Выводы.

4.4 Строительный раздел. Исходные данные для расчета участка механической обработки. Определение состава и количества работающих. Выбор типов и определение количества транспортных средств. Выбор и определение потребного количества мостовых кранов. Расчет площадей для складирования заготовок и деталей. Выбор способа транспортирования стружки. Планировка оборудования определение производственной площади. Выбор типов, формы и определение размеров здания. Выводы.

4.5 Безопасность жизнедеятельности. Обеспечение пожарной и взрывопожарной безопасности на производственном участке. Расчет естественного освещения. Действия формирований МЧС и работающих при возникновении чрезвычайных ситуаций. Выводы.

4.6 Экономический раздел. Ориентировочные расчеты себестоимости изготовления детали. Выводы

Заключение





Библиографический список

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1 Чертеж детали (Цилиндр)	1,0 л
2 Чертеж заготовки	0,5 л
3 Размерный анализ (схема диаметральных размеров)	1,0 л
4 Приспособление фрезерное	1,0 л
5 Бортштанга для чистовой расточки	1,0 л
6 Приспособление для контроля радиального биения	1,0 л
7 Таблица сравнения технологий	1,0 л
8 Планировка участка	1,0 л

Всего 7,5 листов

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

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Строительный	Гордеев Е.Н.	 06.06.16	 - 06.06.16
Безопасность жизнедеятельности	Некрутов В.Г.	 08.06.16	 - 08.06.16

7. Дата выдачи задания 01.06.2016

Руководитель Иршин А.В.

(ФИО)



(подпись)

Задание принял к исполнению 01.06.2016










Студент-дипломник Петрова И.А.


(ФИО)

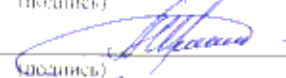



(подпись)

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов дипломной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении
Введение	01.06.2016	 -
Обзорный анализ		 -
Технологический раздел	10.06.2016	 -
Конструкторский раздел	15.06.2016	 -
Строительный раздел	17.06.2016	 -
Безопасность жизнедеятельности	18.06.2016	 -
Экономический раздел	19.06.2016	 -
Оформление проекта	22.06.2016	 -
Направление на рецензию	25.06.2016	 -

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  /С.В. Сергеев/  
(подпись)

Руководитель работы \_\_\_\_\_  /А.В. Иршин/  
(подпись)






Студент-дипломник \_\_\_\_\_  /И.А. Петрова/  
(подпись)

## АННОТАЦИЯ

Петрова И.А. Участок механической обработки детали «Цилиндр» – Усть-Катав: Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве; 2016, 63с. 27 илл. Библиографический список – 21 наим. 7,5 листов чертежей ф. А1, 25 листов карт технологического процесса.

На основе анализа существующего технологического процесса предложены прогрессивный вариант технологического процесса механической обработки детали «Цилиндр».

Для оснащения технологического процесса спроектированы оригинальные конструкции: фрезерного приспособления; бортштангу для чистовой расточки; приспособления для контроля радиального биения. Выполнена рациональная планировка участка механической обработки и рассмотрены безопасные условия работы.

					151900.2016.127.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Петрова И.А.			Участок механической обработки детали «Цилиндр»	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Иршин А.В.					4	63
Реценз.		Виденев Ю.А.				Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве. Кафедра «ТПиОМП» г. УКФл-425		
Н. Контр.		Некочтов В.Г.						
Утверд.		Сергеев С.В.						



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	7
1.1 Назначение детали в узле.....	7
1.1.2 Расшифровка марки материала .....	7
1.2 Служебное назначение детали.....	8
1.3 Анализ соответствия требований чертежа детали требованиям её назначения .....	8
1.4 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений.....	8
1.5 Задачи проектирования.....	12
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	13
2.1 Анализ технологичности детали .....	13
2.2 Разработка предлагаемого варианта технологического процесса.....	14
2.2.1 Выбор вида и метода получения заготовки.....	14
2.2.2 Определение последовательности обработки поверхностей детали.....	15
2.2.3 Выбор методов и определение количества переходов для обработки поверхностей детали.....	15
2.2.4 Формирование операций и выбор оборудования.....	17
2.3 Размерный анализ разработанного технологического процесса.....	18
2.3.1 Преобразование и кодирование чертежа детали.....	18
2.3.2 Проверка точности разработанного технологического процесса.....	37
2.3.3 Расчет межоперационных размеров и размеров заготовки.....	38
2.4 Расчет режимов резания, определение сил резания, проверка оборудования по мощности.....	38
2.5 Нормирование технологических операций.....	44
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	49
3.1 Проектирование фрезерного приспособления.....	49
3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования.....	49
3.1.2 Проектирование схемы приспособления и расчет его элементов .....	49
3.1.3 Расчет погрешности базирования.....	53
3.2 Проектирование бортштанги для чистовой расточки.....	54
3.3 Проектирование приспособления для контроля радиального биения.....	57
3.3.1 Выбор схемы контроля.....	57
3.3.2 Компоновка приспособления.....	57
3.3.3 Расчет погрешности измерения приспособления.....	58
4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	60
4.1 Исходные данные для расчета участка механической обработки.....	60
4.2 Определение состава и количества работающих.....	62
4.3 Выбор типов и определение количества транспортных средств.....	64
4.3.1 Расчет подвешенного конвейера.....	64

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.4	Выбор и определение потребного количества мостовых кранов.....	64
4.5	Расчет площадей для складирования заготовок и деталей.....	65
4.6	Выбор способа транспортирования стружки.....	66
4.7	Планировка оборудования и определение производственной площади.....	67
4.8	Выбор типов, формы и определение размеров здания.....	67
5	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	70
5.1	Обеспечение пожарной и взрывопожарной безопасности на производственном участке.....	70
5.2	Расчёт естественного освещения.....	74
5.3	Действия формирований МЧС и работающих при возникновении чрезвычайных ситуаций.....	76
6	ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ .....	80
6.1	Ориентировочные расчеты себестоимости изготовления детали.....	80
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	81
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	82

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5



## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы.

Поскольку в последнее время оборонному производству уделяется большое значение, поэтому применение усовершенствованной оснастки и современного оборудования способствует достижению поставленных целей.

Военная продукция должна обеспечивать: долговечность, надежность, современность поэтому ее конструкции постоянно дорабатываются, усовершенствуются в ходе научно-технического прогресса. Выполнение выше перечисленных требований решается использованием деталей особой конструкции, прогресс изготовления которых является актуальной темой на этапе совершенствования и развития военной промышленности.

В настоящее время на базовом предприятии на действующем производстве изготовление детали «Цилиндр» представляет определенные трудности:

- производство сложной оснастки, обеспечивающей получение заданных размеров и форм детали.

Цель работы – проектирование участка механической обработки детали «Цилиндр».

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

## 1.1 Назначение детали в узле

Деталь «Цилиндр» представляет собой ступенчатый цилиндр с наибольшими внутренним/наружным диаметрами  $\varnothing 95,2^{+0,07} / 186,2_{-0,9}$ . С одного торца находится базовая посадочная цилиндрическая поверхность  $\varnothing 170^{-0,060}_{-0,165}$ , 2 глухих резьбовых отверстия М14х1-7Н, 4 паза размером  $15,4^{+0,12}$ . На противоположном торце выполнены пазы и отверстия для закрепления на цилиндре ответных деталей:

- 2 глухих паза размером  $46,6^{+0,28}$  глубиной  $22,5^{+0,28}$  мм;
- 2 глухих резьбовых отверстия М12-7Н;
- 2 группы по 2 глухих отв. М8-7Н, выполненных в зенковках  $\varnothing 12^{+0,24}$ ;
- 6 отв. М5-7Н;
- 2 диаметрально расположенных паза сложной формы, идущих по образующей наружной цилиндрической поверхности кольца и 2 группы по 5 отв. М4-7Н, выполненных на поверхности этих пазов. Деталь показана в соответствии с рисунком 1.

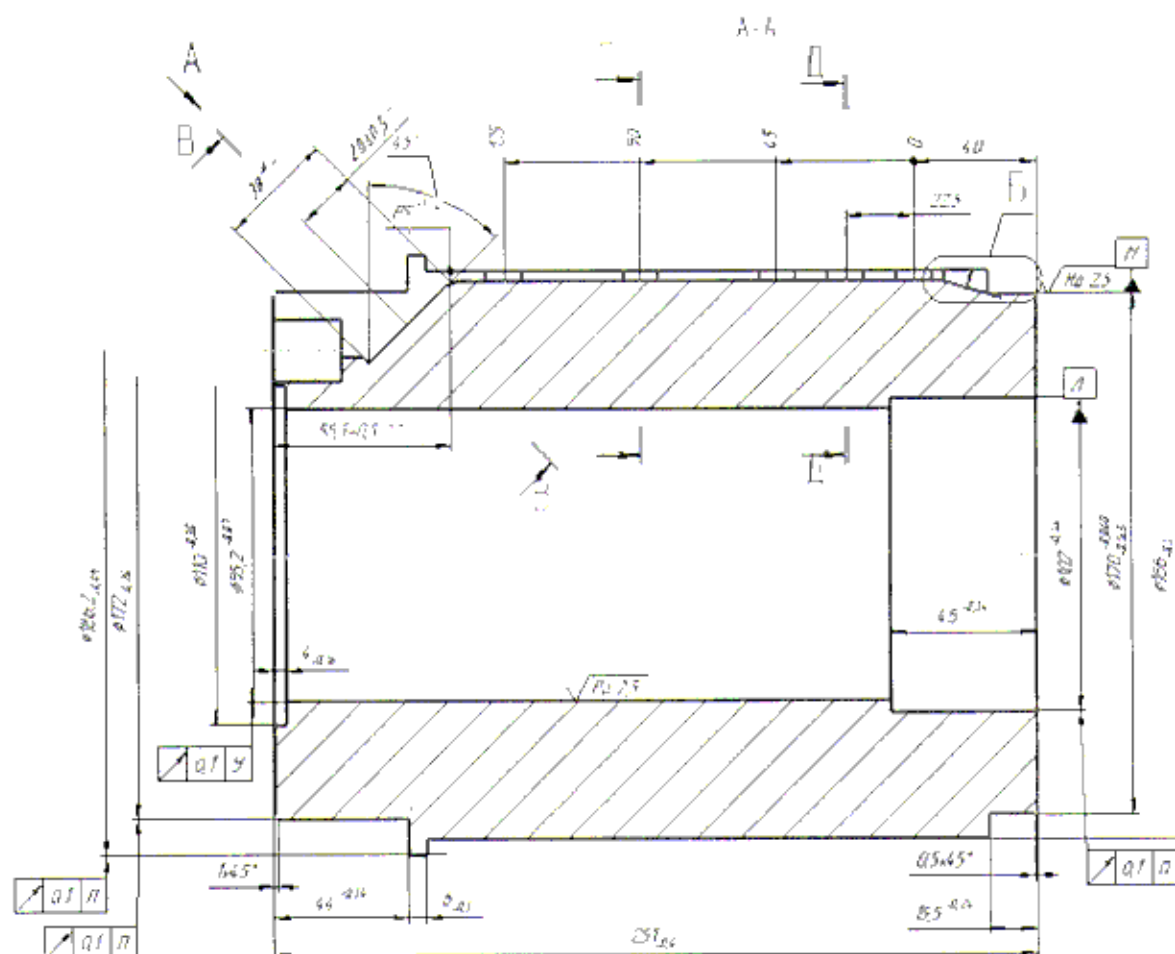


Рисунок 1 – Эскиз детали

Шероховатость поверхностей цилиндра - Rz20, точные базовые диаметры  $\varnothing 95,2^{+0,07}$  и  $\varnothing 170^{-0,060}_{-0,165}$  выполняются с шероховатостью Ra2,5.

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Деталь типа «Цилиндр» изготавливается из стали 45 ГОСТ 1050-88. Сталь 45 отличается высокими пластичными свойствами при температурах горячей деформации и хорошими штамповочными качествами, позволяющими получать штамповки необходимых размеров и изготавливать кованные изделия требуемой формы и габаритов.

### 1.1.2 Расшифровка марки материала

Химический состав стали 45:

Медь (Cu): 0,0 – 0,3 %

Магний (Mg): 0,4 – 0,8 %

Марганец (Mn): 0,5 – 0,8 %

Кремний (Si): 0,17 – 0,37 %

Никель (Ni): 0 – 0,3 %

Сера (S): 0...0,04 %

Углерод (C): 0,42 – 0,5 %

Хром (Cr): 0 – 0,25 %

Механические свойства стали 45:

Предел прочности при растяжении -  $\sigma_b = 610$  МПа (42 кг/мм<sup>2</sup>)

Условный предел текучести -  $\sigma_{0,2} = 360$  МПа (30 кг/мм<sup>2</sup>)

Относительное удлинение разрыва -  $\delta = 16$  %

Твердость - НВ 229 кг/мм<sup>2</sup> (1050 Мн/м<sup>2</sup>)

Плотность -  $\gamma = 7,81$  г/см<sup>3</sup>

### 1.2 Служебное назначение детали

Деталь «Цилиндр» служит в качестве основной детали всего узла. Деталь «Цилиндр» соединяется с втулкой, втулка в свою очередь соединена с крышкой. По внутренним поверхностям деталь «Цилиндр» соединяется с фильтром и крышками. Заданная шероховатость данных поверхностей Ra 1,25. При помощи «Цилиндра» узел в целом ограждается от попадания посторонних веществ и предметов.

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

Для обеспечения надежности, длительной работоспособности детали «Цилиндр» заданы допускаемые отклонения формы и расположения поверхностей. Все заданные величины соответствуют ГОСТ 24643-81.

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

Существуют такие средства оснащения техпроцесса, обеспечивающие получение деталей высокой точности с наименьшими затратами времени,

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

оснастки. Поэтому рекомендуется использовать для проектирования техпроцессов и изготовления деталей следующие отечественные и зарубежные технологии и решения.

Савеловский машиностроительный завод (г. Кимры Тверской области) [15] предлагает токарный станок ТПК-125А1-1 с ЧПУ высокой точности для патронной и центровой обработки [1]. На станке можно производить все виды токарной обработки, включая нарезание резьбы.

Наличие на станке револьверной головки позволяет значительно расширить его технологические возможности, увеличить производительность, повысить качество обрабатываемых деталей. На суппорте станка смонтированы высокоточные линейные направляющие, пневмопатрон, высокоточные шариковые винтовые пары с арочным профилем. Станок оснащен агрегатом автоматизированной подачи прутка (вместимостью 25 шт.), механизмом приема готовой детали, а также устройством для лазерно-плазменного полирования, финишного процесса после механической токарной обработки. Максимальные диаметр устанавливаемой заготовки 125 мм, длина обрабатываемой поверхности 180 мм, пределы рабочих подач суппорта 1-6000 мм/мин со скоростью 8000 мм/мин, частота вращения шпинделя 50-4000 мин<sup>-1</sup>. На станке можно установить шесть инструментов. Параметр шероховатости поверхностей обрабатываемых стальных деталей Ra 1,25, цветных сплавов (алмазным резцом) – Ra 0,32. Суммарная мощность электродвигателей 9,04 кВт. Габаритные размеры станка 1680 x 1040 x 1630 мм, масса 1,86 т.

Фирма WFL [18] предлагает модель токарного многоцелевого станка M35 гаммы MILLTURN. Станки этой гаммы характеризуются крупными приспособлениями-спутниками, высокой точностью, качеством обработанных деталей, системой ЧПУ типа CNC и высокими подачами, которые существенно выше, чем у известных станков подобного типа. Эти станки, явившиеся результатом 20-летних исследований, позволяют осуществлять технологический процесс обработки детали с одного установка. Максимальный диаметр точения составляет 420 мм, мощность на фрезерном шпинделе 20 кВт, крутящий момент до 165 Нм [4].

Многоцелевой токарный станок фирмы Rosilio модели станка TCN-310, характеризующемся жесткой чугунной станиной, длиной ходов по осям X и Z 250 мм, высотой обработки над станиной 310 мм, мощностью на шпинделе 3,7 кВт при частоте вращения шпинделя 8000 мин<sup>-1</sup>. На станке обеспечивается высокая точность позиционирования. Двигатели и вариаторы, связанные между собой, относятся к типу «полностью цифровых» [5].

Обрабатывающий центр будущего Фирма Wendt предлагает обрабатывающий центр Was 735 Centra с ЧПУ, имеющий пять основных и две дополнительных оси, что расширяет технологические возможности и позволяет использовать любые режущие пластины. Центр имеет встроенную центрирующую призму с автоматической регулировкой высоты для прецизионного механического центрирования, устройство автоматической компенсации изменения размеров

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9



заготовки и зажимное устройство, поворачивающееся на 360° вокруг своей оси и вокруг оси обрабатываемой детали [6].

Ульяновский государственный технический университет предлагает применение ситегрانا при изготовлении базовых деталей тяжелых фрезерных станков обусловлено высокой демпфирующей способностью, отсутствием внутренних напряжений в деталях, повышенной стабильностью во времени, малой теплопроводностью, коррозионной стойкостью, возможностью получения точных деталей без последующей обработки. Применение ситеграна для изготовления державок режущего инструмента (токарных резцов, борштанг, Ю фрез) [7].

Южно-Уральский государственный университет предлагает метод профилирующих окружностей, т.к. использует геометрические зависимости, легко поддающиеся проверке. Значительную часть среди машиностроительной продукции, в том числе металлорежущих инструментов, занимают изделия, имеющие винтовые поверхности. Обработка дисковым инструментом является наиболее распространенным способом получения винтовых поверхностей. В этом случае формообразование осуществляется методом обката, а, значит, профиль винтовой поверхности ни в одном сечении не совпадает с профилем дискового инструмента. Метод обеспечивает решение для любого профиля винтовой поверхности [8].

Группа компаний «Томский инструмент» [19] представляет высокоточный инструмент, изготовленный по новой технологии – методом вышлифовки [9].

Спиральные сверла диаметром 2-20 мм с цилиндрическим хвостовиком для сверления отверстий в конструкционных сталях повышенной обрабатываемости твердостью 159-229 НВ, углеродистых и легированных сталях твердостью 179-321 НВ, углеродистых и инструментальных сталях твердостью 179-269 НВ, серых и ковких чугунах твердостью 170-210 НВ. Сверла класса точности А1 являются сверлами повышенной точности. Канавки и спинки таких сверл изготовлены методом вышлифовки. Сверла, изготовленные по технологии вышлифовки профиля, имеют следующие преимущества: стабильность размеров профиля; малые значения осевого и радиального биения; возможность нанесения одно- и многослойных износостойких покрытий. Малые значения осевого и радиального биения сверл позволяют получать равномерную нагрузку на режущие кромки, а это повышает стойкость; просверливаемое отверстие не разбивается, что важно, если по технологическому процессу отверстие после сверления подвергается дальнейшей обработке – нарезанию резьбы или зенкерование и развертыванию. Так, сверлами, изготовленными по технологии вышлифовки, можно получать отверстия 10-го качества, что в обычных условиях исключает операцию зенкерования. Наличие на сверлах износостойкого покрытия TiN способствует лучшему отводу стружки, предохраняет режущие кромки от высоких температур, обеспечивая увеличение скорости резания до 28 м/мин и стойкости сверл.

Фрезы концевые шпоночные с цилиндрическим хвостовиком для обработки шпоночных пазов в изделиях из стали. Фрезы повышенной точности изготовлены

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

методом вышлифовки из цельных заготовок и имеют износостойкое покрытие TiN.

Машинные метчики с прямыми стружечными канавками и винтовой подточкой по передней грани для нарезания метрической резьбы в сквозных отверстиях из стали с пределом прочности до 800 МПа. Наличие винтовой подточки по передней грани (скос пера) обеспечивает совпадение направления схода стружки с направлением подачи метчика, что не позволяет стружке накапливаться на режущей части метчика. Это, в свою очередь, уменьшает величину крутящего момента и вероятность заклинивания и поломки метчика, что особенно важно при нарезании резьбы в автоматическом режиме, в частности на станках с ЧПУ и станках типа «обрабатывающий центр». Скорость резания машинного метчика конструкционной стали 15-18 м/мин, легированной 6-8 м/мин, инструментальной стали 6 м/мин, сплавов меди 10-12 м/мин, чугунов 10-18 м/мин. Нанесение на метчики износостойкого покрытия TiN улучшает отвод стружки, предохраняет режущие кромки от высоких температур при увеличении скорости резания и стойкости метчика.

Машинные метчики с шахматным расположением зубьев и винтовой подточкой по передней грани для нарезания метрической резьбы в изделиях из вязких и труднообрабатываемых материалов (алюминия, меди, латуни, мягкой стали, жаропрочной стали, титановых сплавов) с пределом прочности до 800 МПа и отожженного чугуна. При нарезании резьбы в вязких и труднообрабатываемых материалах процесс резания сопровождается большими силами трения между витками инструмента и детали, а также «налипанием» стружки в канавках между витками. Это может привести к защемлению метчика в отверстии. Для улучшения условий резания на таких метчиках выполнено вырезание зубьев на калибрующей части – от одного пера к другому в шахматном порядке.

Фирма Rigibore предлагает регулируемую оснастку Smartbore для растачивания отверстий, обеспечивающую регулирование режущих кромок с микрометрической точностью у инструмента, установленного в шпинделе металлорежущего станка. Оснастка представляет собой картридж для растачивания отверстий диаметром от 28 мм или встраиваемую в расточной инструмент ползушку для растачивания отверстий диаметром от 16 мм [34, 11].

Фирма Sunsteel предлагает гамму фрез Elite широкого применения [2]. Технологические возможности фрез расширены за счет больших углов подъема винтовой линии. Все фрезы имеют оптимальную длину, которая превышает длины по стандарту DIN 844 на 20-30%.

Сверла фирмы Sandvic [20], имеющие покрытия  $Al_2O_3$ , подвергаются минимальному химическому износу, а черный или золотистый цвет пластин облегчает детектирование износа на режущих кромках. Фрезы фирмы могут работать как с применением, так и без применения СОЖ [12].

Все большее количество производств переходит к обработке резанием с минимальным количеством СОЖ (MQL) или обработке без охлаждения (сухая обработка). Обработка по методу MQL осуществляется с охлаждением масляным туманом, который подается непосредственно в зону резания по системе трубок из

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11



коррозионно-стойкой стали с наконечниками. Давление масляного тумана в каждой трубке регулируется винтовым жиклером, который изменяет выходной диаметр наконечника. Такой подвод СОЖ эффективнее подвода по внутренним каналам инструмента, например, сверла, когда капли масла могут сливаться между собой. При охлаждении масляным туманом расход СОЖ составляет от 30 до 50 мл/ч, что на несколько порядков меньше расхода при охлаждении поливом, который составляет до 10 л/мин [11].

В России сегодня доля машиностроения в общем выпуске производственной продукции составляет около 20%. В то же время объем машиностроения и металлообработки в экономически развитых странах (США, Германия, Япония) составляет от 36 до 45%. Это обеспечивает возможность перевооружения промышленности зарубежных стран каждые 7-10 лет.

### 1.5 Задачи проектирования

В дипломном проекте необходимо решить следующие задачи:

- 1) Спроектировать рациональный техпроцесс с учетом отечественных и зарубежных технологий и решений.
- 2) Спроектировать приспособление фрезерное, бортштангу для расточки и приспособление для радиального контроля.
- 3) Выполнить планировку участка.
- 4) Определить мероприятия и оптимальные параметры по безопасной работе на данном участке.
- 5) Произвести экономическое обоснование данного проекта.

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Анализ технологичности детали

Технологический анализ конструкции обеспечивает улучшение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса. Поэтому технологический анализ один из важнейших этапов технологической обработки.

Цель анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Заготовка для детали типа «Цилиндр» на предприятии изготавливается из проката Ø195 мм ГОСТ2590-90, сталь 45 ГОСТ1050-88. Предлагается выбрать изготовление заготовки методом горячей объемной штамповки. Это обеспечивает наибольшее приближение размеров заготовки к размерам детали.

С точки зрения механической обработки деталь имеет ряд недостатков:

– сложность представляет изготовление паза, идущего вдоль образующей наружной цилиндрической поверхности и имеющего места врезаний в эту поверхность под определенными углами. Для обработки этого паза на станке с ЧПУ требуется наличие у этого станка 4-х координат;

– выполнение Ø95,2<sup>+0,07</sup> на относительно большой длине.

Таким образом, можно сделать вывод, что изготовление детали является высоко технологичным процессом, так как механическую обработку выполняют на высокоточном оборудовании (станки с ЧПУ). При этом используется специальный режущий инструмент и специальные приспособления, обеспечивающие точное и надежное базирование и закрепление детали.

Произведем оценку технологичности.

Коэффициент унификации конструктивных элементов детали:

$$K_{у.э} = \frac{Q_{у.э}}{Q_э},$$

где  $Q_{у.э}$  – число унифицированных типоразмеров конструктивных элементов (фаски, ряды нормальных диаметров и т.п.),  $Q_{у.э} = 40$ ;

$Q_э$  – общее число конструктивных элементов детали (общее количество размеров на чертеже),  $Q_э = 102$ .

$$K_{у.э} = \frac{28}{93} = 0,301.$$

### 2.2 Разработка предполагаемого технологического процесса

#### 2.2.1 Выбор вида и метода получения заготовки

Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Форма и размеры заготовки должны быть приближены к форме и размерам готовой детали, что позволяет

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

экономить металл а, следовательно, уменьшаются материальные затраты. Выбор зависит от материала, его физико-механических свойств, формы и размеров детали, производственной программы и типа производства. По мере усложнения конфигурации заготовки, уменьшения припусков, повышения точности размеров, расположения поверхностей усложняется и дорожает оснастка заготовительного цеха, возрастает себестоимость заготовки, но при этом уменьшается себестоимость последующей обработки заготовки, увеличивается коэффициент использования материала. Поэтому выгоднее получить более точную заготовку.

Выбор заготовки связан с технико-экономическим расчетом, который производим по нескольким направлениям: металлоемкости, трудоемкости и себестоимости, учитывая при этом конкретные производственные условия.

В существующем технологическом процессе заготовку получали из проката  $\varnothing 195$  мм ГОСТ2590-90, сталь 45 ГОСТ1050-88.

Заготовка, полученная методом горячей объемной штамповки более экономична по стоимости и по использованию материала, чем заготовка, полученная методом осадки.

На основании этого выбираем метод получения заготовки – метод горячей объемной штамповки. Получили заготовку с точностью IT 14, Rz 200. Эскиз формы заготовки приведен в соответствии с рисунком 2.

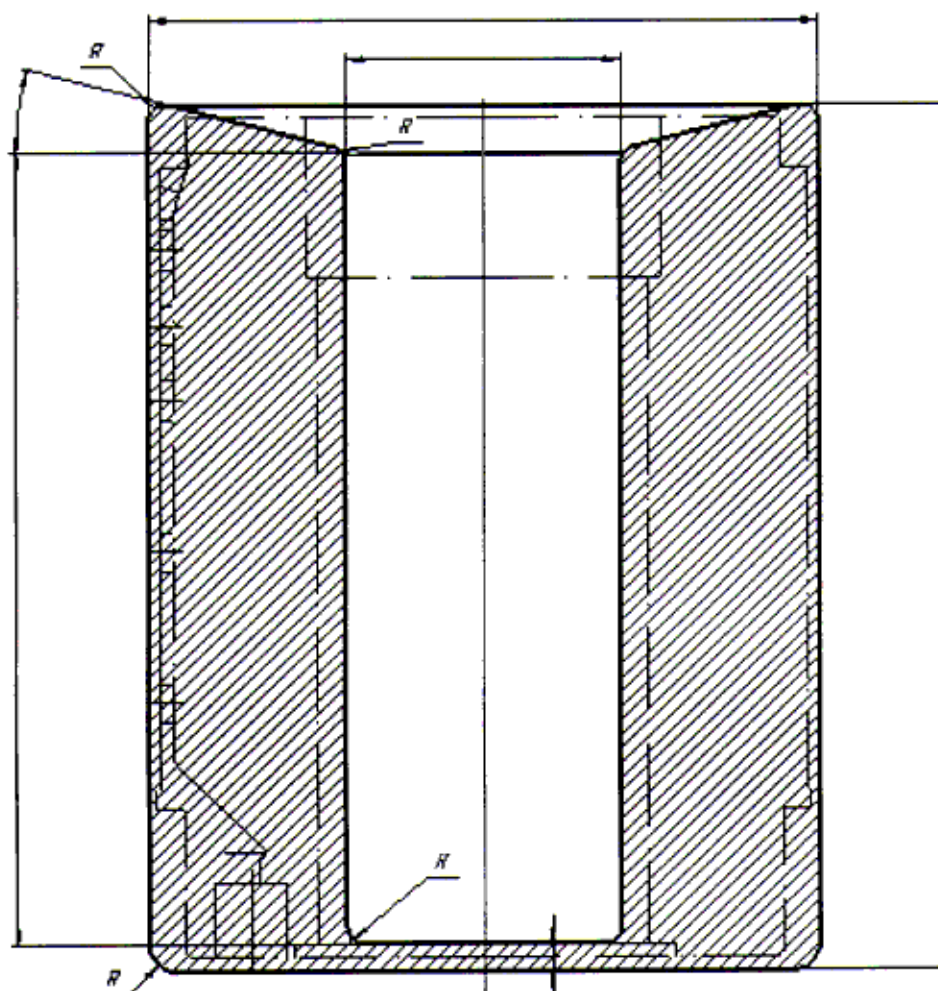


Рисунок 2 – Форма заготовки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.127.000 ПЗ

Лист

14



## 2.2.2 Определение последовательности обработки поверхностей детали

Поверхности детали «Цилиндр» обрабатываются в следующем порядке:

- Обработка левого торца в размер  $252 \pm 0,2$  (предварительная черновая).
- Обработка наружной поверхности  $\varnothing 32H14$  (черновая).
- Обработка правого торца размера  $50h11$  (черновая);  $\varnothing 48h12$   $\varnothing 47h12$  (черновая).
- Обработка отверстия  $\varnothing 12H12$ ;
- Обработка отверстия  $\varnothing 43H12$   $\varnothing 40,5H12$  в размер  $10H12$  и  $27H12$  (черновая).
- обработка отверстия размера  $\varnothing 21H6$  в размер  $32H12$  (чистовая)
- обработка фаски  $0,5 \times 45^\circ$  (чистовая)
- обработка фаски  $2 \times 15^\circ$  (чистовая)
- обработка фаски  $1 \times 45^\circ$  (чистовая)
- Обработка наружных поверхностей  $\varnothing 48h12$   $\varnothing 47h12$  (чистовая)
- Обработка отверстия  $\varnothing 43H12$   $\varnothing 40,5H12$  в размер  $10H12$  и  $27H12$  (чистовая)
- Нарезка резьбы  $M48 \times 1-8g$  (чистовая)
- Обработка левого торца размера  $49h11$  (чистовая).
- Обработка наружной поверхности  $\varnothing 32h14$  и  $\varnothing 31,2$   $\varnothing 32h14$  (получистовая).
- Обработка канавки  $\varnothing 19.8h14$  в размер  $2,5$  (чистовая)
- обработка фасок  $1 \times 45^\circ$  и  $30^\circ$  (чистовая)
- Обработка отверстия  $\varnothing 12H12$ ,  $\varnothing 14H12$ ,  $\varnothing 19H12$  в размеры  $7H12$ ,  $<60^\circ$  (чистовая)
- Нарезка резьбы  $M22 \times 1,5-8g$  (чистовая).
- фрезерование поверхности в размер  $27h12$  (чистовая).
- Обработка отверстия  $\varnothing 1.5H12$  в размер  $0,2 \dots 0,5$  (чистовая).

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

Применяем табличный метод.

- 1) Обработка наружной цилиндрической поверхности  $\varnothing 48 h12$   $\varnothing 47h12$   $Ra3,2$ :
  - а) точение черновое – IT12, Rz 100;
  - б) точение получистовое – IT 11, Rz 50;
  - в) точение чистовое – IT 8, Rz 12,5 с получением фасок  $1 \times 45^\circ$
- 2) Обработка наружной цилиндрической поверхности  $\varnothing 32,1h12$   $Ra3,2$ :
  - а) точение черновое – IT 12, Rz 100;
  - б) точение получистовое – IT 11, Rz 50.
  - в) точение чистовое – IT 8, Rz 12,5 с получением фаски  $30^\circ$
- 3) Обработка наружной цилиндрической поверхности  $\varnothing 22h12$   $Ra3,2$ :
  - а) точение получистовое – IT 11, Rz 50;
  - б) точение чистовое – IT 8, Rz 12,5 с получением фасок  $1 \times 45^\circ$ .
- 4) Обработка отверстия  $\varnothing 43H12$ ,  $\varnothing 40,5^{+0,34}$   $Ra3,2$ :
  - а) расточка черновая – IT 12, Rz 100;

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

- б) расточка получистовая – IT 10, Rz 25;  
 в) расточка чистовая – IT 9, Rz 12,5 с получением размеров 10H12, 27H12, 2, 2,  
 < 15°
- 5) Обработка отверстия  $\varnothing 21H6Ra3,2$ :  
 а) расточка черновая – IT 12, Rz 100;  
 б) расточка получистовая – IT 10, Rz 25;  
 в) расточка чистовая – IT 9, Rz 12,5 с получением размеров 32H12
- 6) Обработка отверстия  $\varnothing 15H11 Ra1,6$ :  
 а) расточка черновая – IT 12, Rz 100;  
 б) расточка получистовая – IT 10, Rz 25;  
 в) расточка чистовая – IT 9, Rz 12,5 с получением размеров 32H12, 39H12
- г) расточка тонкая – IT 6, Rz 4 в размер 1,5; 18,5H12; 39H12; 0,2max.
- 7) Обработка отверстия  $\varnothing 12H12 Ra3.2$ :  
 а) расточка черновая – IT 12, Rz 100;  
 б) расточка получистовая – IT 10, Rz 25;  
 в) расточка чистовая – IT 9, Rz 12,5 с получением размеров 7H12.
- 8) Обработка отверстия  $\varnothing 14H12 Ra3.2$ :  
 а) расточка черновая – IT 12, Rz 100;  
 б) расточка получистовая – IT 10, Rz 25;  
 в) расточка чистовая – IT 9, Rz 12,5 с получением размеров 7H12.
- 9) Обработка отверстия  $\varnothing 19H12 Ra3.2$ :  
 а) расточка черновая – IT 12, Rz 100;  
 б) расточка получистовая – IT 10, Rz 25;  
 в) расточка чистовая – IT 9, Rz 12,5 с получением размеров 60°.
- 10) Обработка наружной цилиндрической поверхности  $\varnothing 48 Ra3.2$ :  
 а) нарезка резьбы – IT 8, Ra 3,2;
- 11) Обработка наружной цилиндрической поверхности  $\varnothing 22 Ra3.2$ :  
 а) нарезка резьбы – IT 8, Ra 3,2;
- 12) Обеспечение размера 49H12 Ra3,2:  
 а) обработка торца А.  
 – торцовое точение черновое – IT 14, Rz 200;  
 – торцовое точение получистовое – IT 12, Rz 100;  
 – торцовое точение чистовое – IT 9, Rz 25;  
 – торцовое точение тонкое - IT8, Rz 12,5;  
 б) обработка торца Г  
 – торцовое точение черновое – IT 14, Rz 200;  
 – торцовое точение получистовое – IT 12, Rz 100;  
 – торцовое точение чистовое – IT 9, Rz 25;  
 – торцовое точение тонкое - IT8, Rz 12,5;
- 13) Обеспечение размера 13H14 Ra 3,2,;  
 а) обработка торца А см. поз. 12;  
 б) обработка торца Б.  
 – точение чистовое – IT 8, Rz 12,5.
- 14) Обеспечение линейного размера 27H12, Ra 3,2:

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

- а) обработка торца Г: см. поз. 12;
- б) обработка торца В:
  - а) растачивание черновое – IT 12, Rz 100;
  - б) растачивание получистовое – IT 10, Rz 25;
  - в) растачивание чистовое – IT 9, Rz 12,5 с получением размеров 10H12, 27H12.

#### 2.2.4 Формирование операций и выбор оборудования

Назначаем последовательность обработки детали в следующей последовательности:

005 токарная

Станок токарный 1К62

Подрезаем торец, сверлим отверстие в размер 45мм, расточить отверстие до диаметра 90мм.

010 токарная

Станок токарный 1К62

Подрезаем торец, сверлим отверстие в размер 45мм, расточить отверстие до диаметра 90мм.

015 токарная с ЧПУ

Станок токарный с ЧПУ 1К30Ф323

Точим наружные поверхности, растачиваем отверстие, точим фаски

020 токарная с ЧПУ

Станок токарный с ЧПУ 1К30Ф323

Точим наружные поверхности, растачиваем отверстие, точим фаски

025 токарная

Станок 1К62

Подрезка внутреннего торца

030 Фрезерно-сверлильная

Станок С800U

Центровать два отверстия, сверлить, зенковать

Фрезеровать 4 паза, фрезеровать 4 паза

035 Фрезерно-сверлильная

Станок С800U

Центровать два отверстия, сверлить, зенковать

Фрезеровать 4 паза, фрезеровать 4 паза

040 Сверлильная

Станок вертикально-сверлильный 2А125

Сверлить отверстия нарезать резьбу

045 Слесарная

Верстак

050 Контрольная

Стол контроля

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		





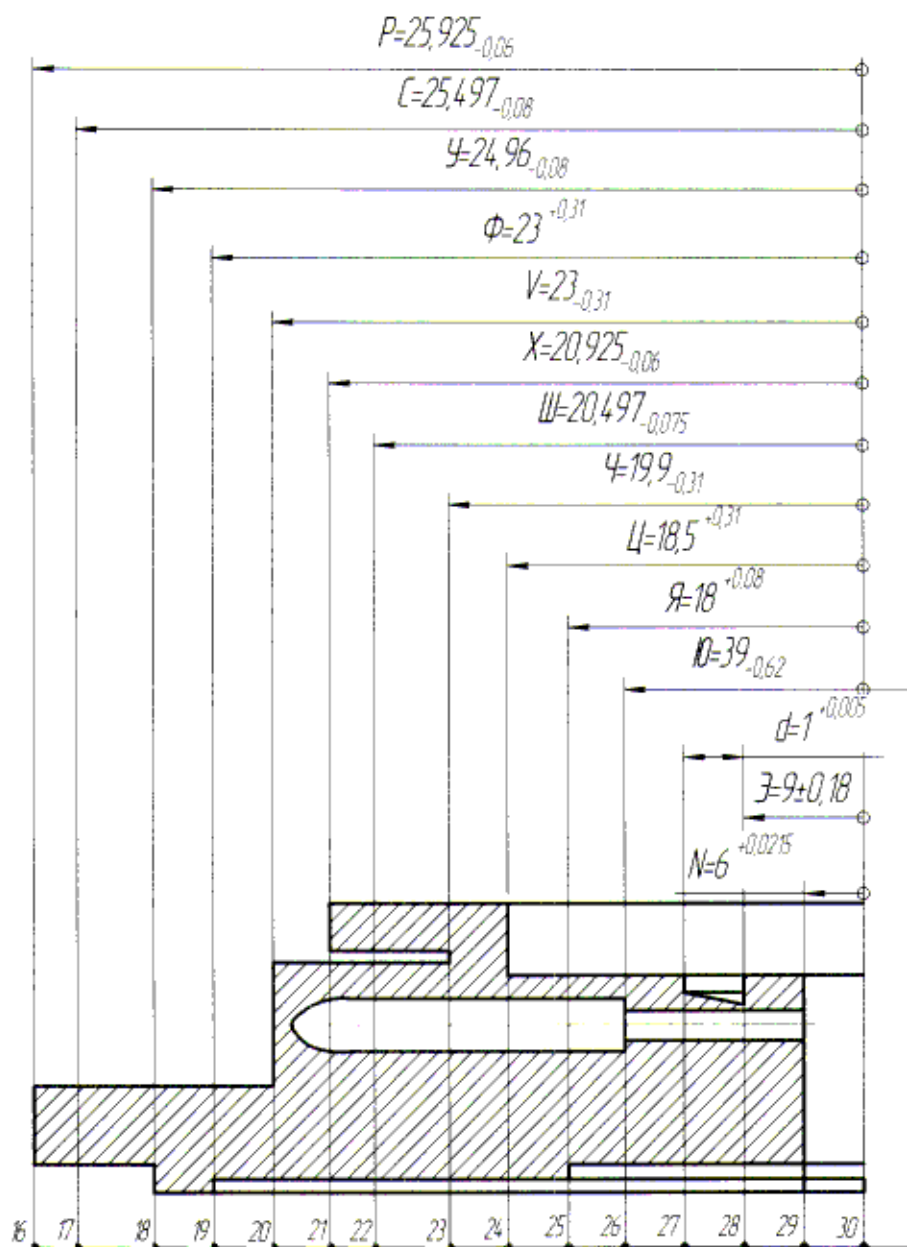


Рисунок 4 – Преобразованный чертеж детали в диаметальной проекции

Таблица 1 – Технологический маршрут

№ операции	Эскиз	Технические требования
000 Заготовительная		$T2W_0=0,36$ $T2R_0=0,43$ $T2J_0=0,52$ $T2G_0=0,43$ $T\Phi_0=0,62$ $T\Upsilon_0=0,62$ $T\Theta_0=0,74$ $\odot 51_0; 34_0=0,5$ $\odot 51_0; 36_0=0,5$

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

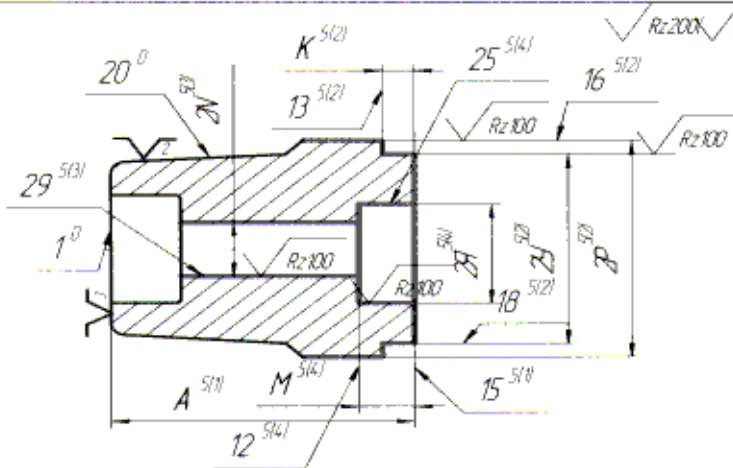
151900.2016.127.000 ПЗ

Лист

19

Продолжение таблицы 1

005 – Токарная



$$TA^{(1)} = TA_{\text{маб}}^{(1)} + \Delta I 5^{(1)};$$

$$TA^{(1)} = 0,74 + 0,6 = 1,34$$

$$TM^{(4)} = TM_{\text{маб}}^{(4)} = 0,36$$

$$TK^{(2)} = 0,36$$

$$T2N^{(3)} = 0,18$$

$$T2Я^{(4)} = 0,25$$

$$T2V^{(2)} = 0,3;$$

$$T2P^{(2)} = 0,3;$$

$$\odot 20^0 16^{5(2)} = 0,2;$$

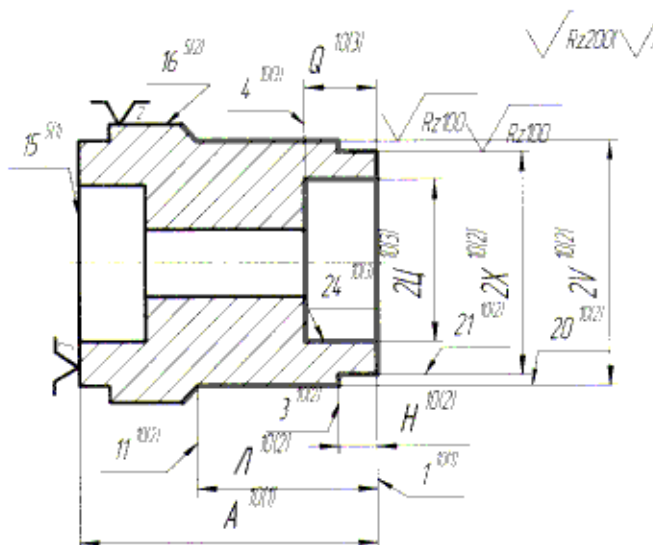
$$\odot 16^{5(2)} 18^{5(2)} = 0,25;$$

$$\odot 16^{5(2)} 25^{5(4)} = 0,2;$$

$$\odot 20^0 29^{5(3)} = 0,12;$$

$$\perp 15^0, 16^{5(2)} = 0,25.$$

010 – Токарная



$$TA^{10(1)} = TA_{\text{маб}}^{10(1)} + \Delta I 5^{(1)};$$

$$TA^{10(1)} = 0,74 + 0,25 = 0,99;$$

$$TL^{10(2)} = 0,62;$$

$$TH^{10(2)} = 0,36;$$

$$TQ^{10(3)} = 0,43;$$

$$T2Ц^{10(3)} = 0,25;$$

$$T2X^{10(2)} = 0,25;$$

$$T2V^{10(2)} = 0,25;$$

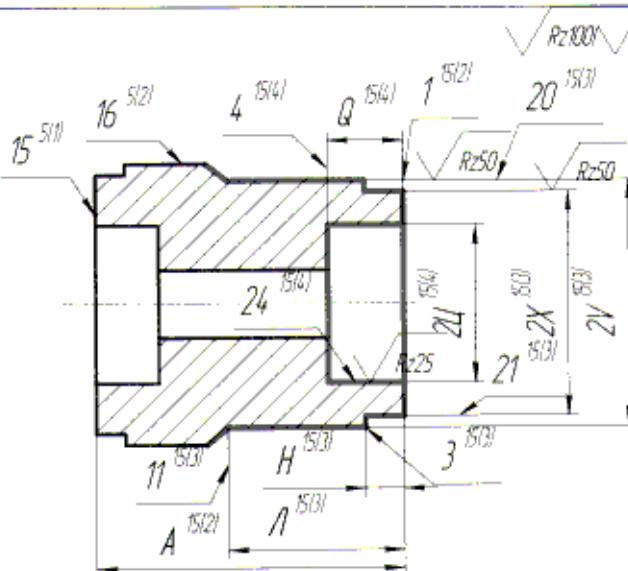
$$\odot 24^{10(3)} 16^{5(2)} = 0,2;$$

$$\odot 21^{10(2)} 16^{5(2)} = 0,2;$$

$$\odot 20^{10(2)} 16^{5(2)} = 0,2;$$

$$\perp 1^{10(1)} 20^{10(2)} = 0,16.$$

015 – Токарная с ЧПУ



$$TA^{15(2)} = 0,046 + 0,25 = 0,296$$

$$TQ^{15(4)} = 0,18;$$

$$TH^{15(3)} = 0,15;$$

$$TL^{15(3)} = 0,25;$$

$$T2Ц^{15(4)} = 0,1;$$

$$T2X^{15(3)} = 0,16;$$

$$T2V^{15(3)} = 0,16;$$

$$\odot 20^{15(3)} 16^{5(2)} = 0,12;$$

$$\odot 21^{15(3)} 16^{5(2)} = 0,12;$$

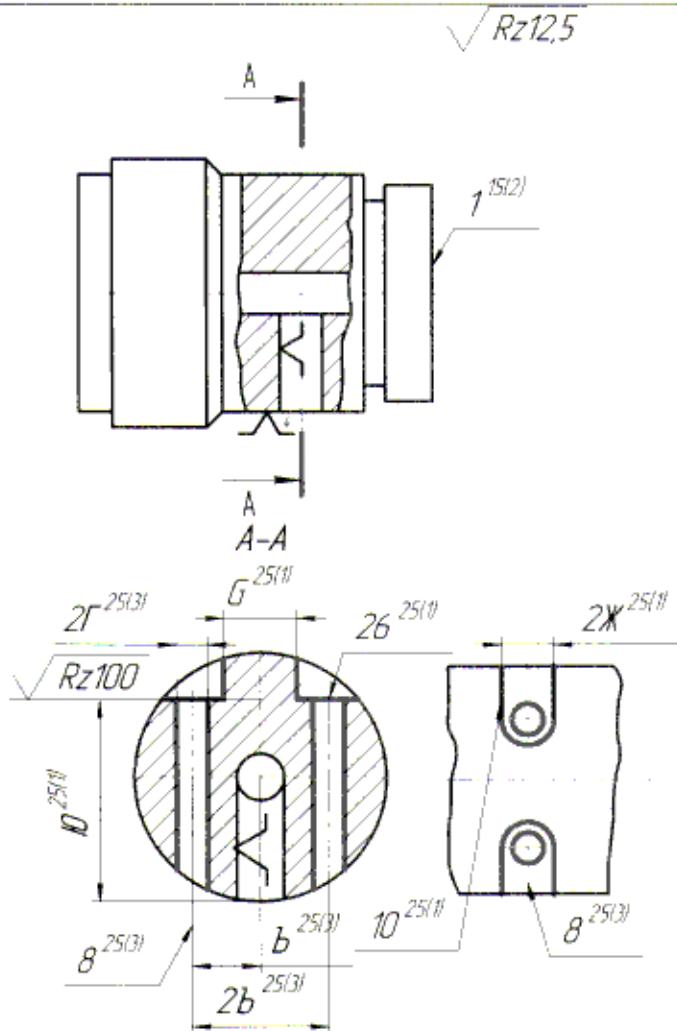
$$\odot 24^{15(4)} 16^{5(2)} = 0,12;$$

$$\perp 1^{15(2)} 20^{15(3)} = 0,04.$$



Продолжение таблицы 1

035 – Фрезерно-сверлильная с ЧПУ



$$T_B^{25(3)} = T_{B_{max}}^{25(1)} + T_D^{20};$$

$$T_B^{25(3)} = 0,18 + 0,09 = 0,27;$$

$$T_{2Г}^{25} = 0,12;$$

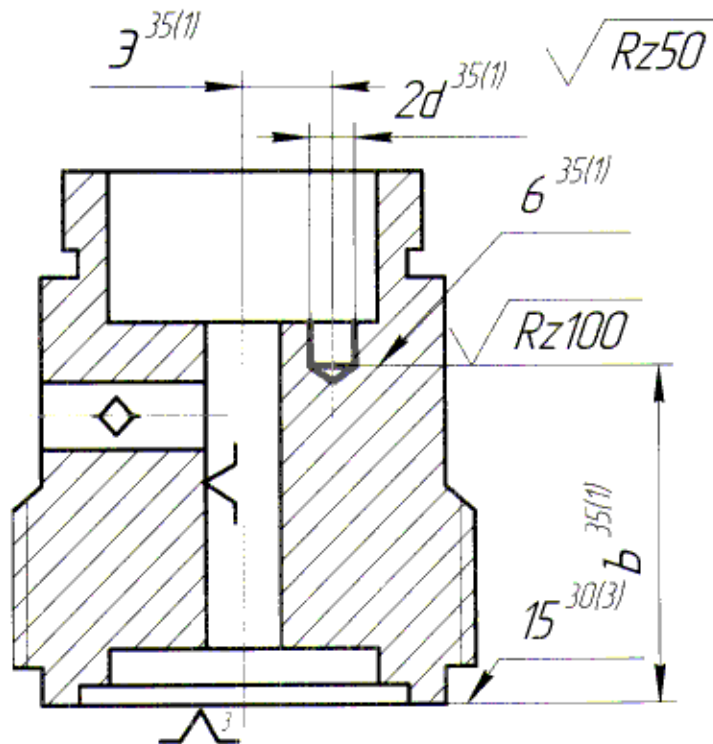
$$T_{2Ж}^{25} = 0,18;$$

$$T_B^{25} = 0,18;$$

$$T_{2Б}^{25} = 0,3;$$

$$T_{Ю}^{3(1)} = 0,1.$$

040 – Сверлильная



$$T_{Э}^{35(1)} = 0,15;$$

$$T_{2d}^{35(1)} = 0,1;$$

$$T_B^{35(1)} = 0,25 + 0,05 = 0,3$$

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

151900.2016.127.000 ПЗ

Лист

22

Оформляем схему линейных размеров в соответствии с рисунком 5 и схему диаметральных размеров в соответствии с рисунком 6.

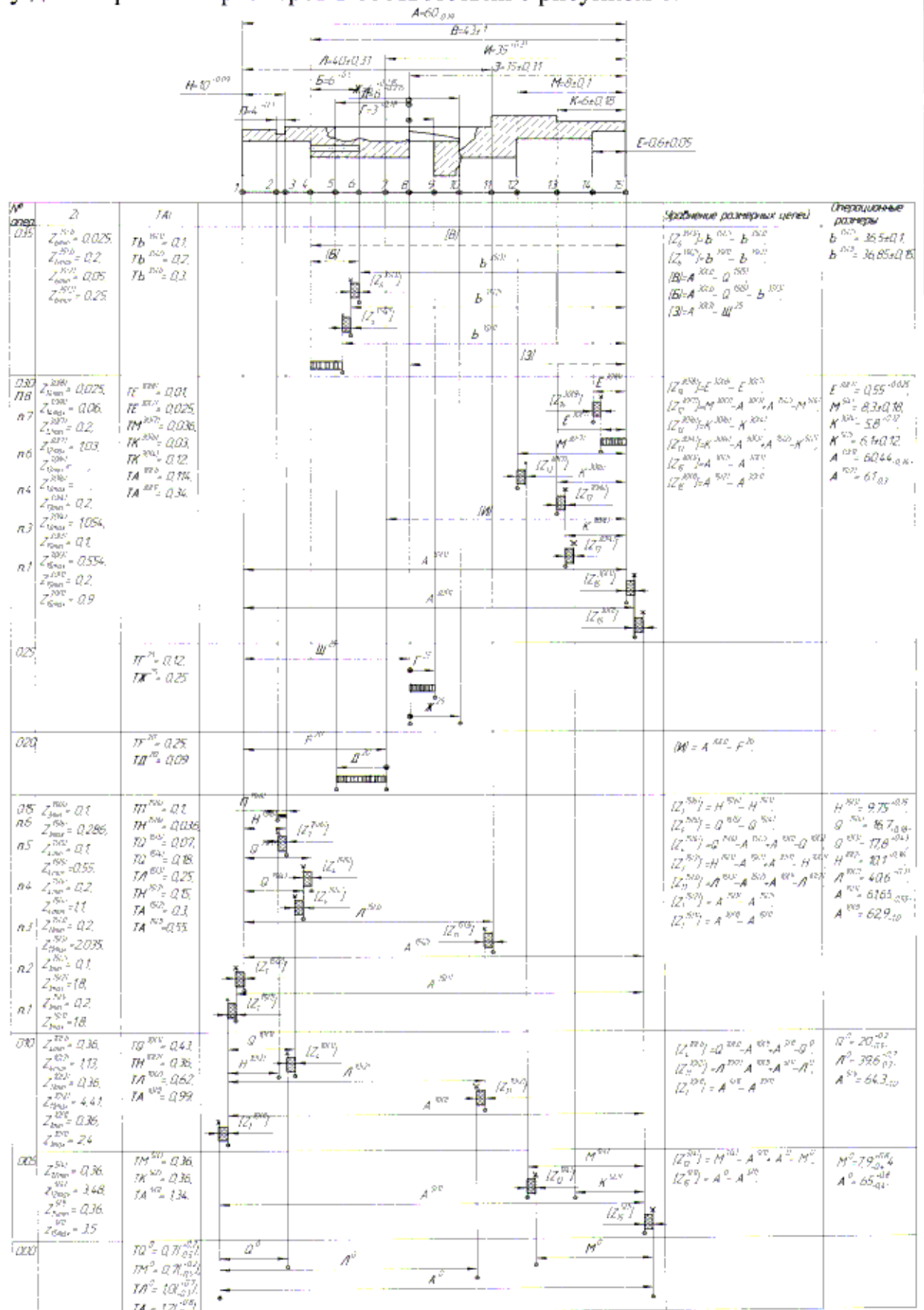


Рисунок 5 – Схема линейных размеров



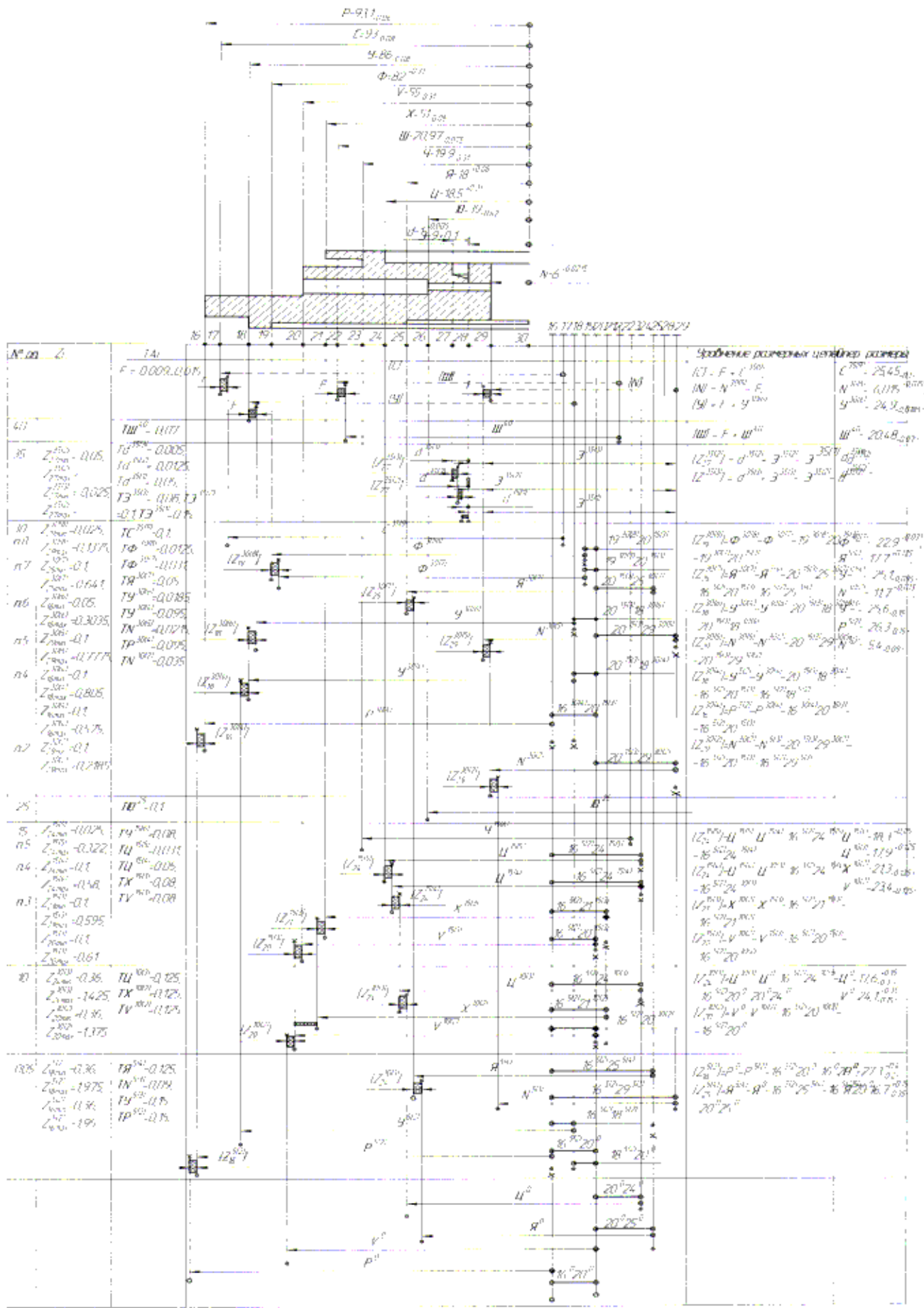


Рисунок 6 – Схема диаметральных размеров

По схеме линейных размеров в соответствии с рисунком 5 составляем уравнения:

$$\begin{aligned} [Z_6^{35(3)}] &= B^{35(2)} - B^{35(3)} \\ [Z_6^{35(2)}] &= B^{35(1)} - B^{35(2)} \\ [Z_{14}^{30(8)}] &= E^{30(8)} - E^{30(7)} \\ [Z_{12}^{30(7)}] &= M^{30(7)} - A^{30(3)} + A^{15(2)} - M^{5(4)} \\ [Z_{13}^{30(6)}] &= K^{30(6)} - K^{30(4)} \\ [Z_{13}^{30(4)}] &= K^{30(4)} - A^{30(3)} + A^{15(2)} - K^{5(2)} \\ [Z_{15}^{30(3)}] &= A^{30(1)} - A^{30(3)} \\ [Z_{15}^{30(1)}] &= A^{15(2)} - A^{30(1)} \\ [Z_3^{15(6)}] &= H^{15(6)} - H^{15(3)} \\ [Z_4^{15(5)}] &= Q^{15(5)} - Q^{15(4)} \\ [Z_4^{15(4)}] &= Q^{15(4)} - A^{15(2)} + A^{10(1)} - Q^{10(3)} \\ [Z_3^{15(3)}] &= H^{15(3)} - A^{15(2)} + A^{10(1)} - H^{10(2)} \\ [Z_{11}^{15(3)}] &= L^{15(3)} - A^{15(2)} + A^{10(1)} - L^{10(2)} \\ [Z_1^{15(2)}] &= A^{15(1)} - A^{15(2)} \\ [Z_1^{15(1)}] &= A^{10(1)} - A^{15(1)} \\ [Z_4^{15(3)}] &= Q^{10(3)} - A^{10(1)} + A^{5(1)} - Q^0 \\ [Z_{11}^{10(2)}] &= L^{10(2)} - A^{10(1)} + A^{5(1)} - L^0 \\ [Z_1^{10(1)}] &= A^{5(1)} - A^{10(1)} \\ [Z_{12}^{5(4)}] &= M^{5(2)} - A^{5(1)} + A^0 - M^0 \\ [Z_{15}^{5(1)}] &= A^0 - A^{5(1)} \end{aligned}$$

Делаем проверку точности разработанного технологического процесса по схеме линейных размеров в соответствии с рисунком 5.

Уравнение замыкающих звеньев:

$$\begin{aligned} \text{а) } [B] &= A^{30(3)} - Q^{15(5)}; \\ TB &\geq TA^{30(3)} + TQ^{15(5)}; \\ 2 &\geq 0,114 + 0,07 = 0,184; \\ 2 &\geq 0,184 \text{ обеспечивается.} \\ \text{б) } [B] &= A^{30(3)} - Q^{15(5)} - B^{35(3)}; \\ TB &\geq TA^{30(3)} + TQ^{15(5)} + TB^{35(3)}; \\ 0,5 &\geq 0,114 + 0,07 + 0,1 = 0,284; \\ 0,5 &\geq 0,284 \text{ обеспечивается.} \\ \text{в) } [Z] &= A^{30(3)} - \text{Щ}^{25}; \\ TZ &\geq TA^{30(3)} + T\text{Щ}^{25}; \\ 0,62 &\geq 0,114 + 0,25 = 0,364; \\ 0,62 &\geq 0,364 \text{ обеспечивается.} \\ \text{г) } [И] &= A^{30(3)} - F^{20}; \\ TI &\geq TA^{30(3)} + TF^{20}; \\ 0,4 &\geq 0,114 + 0,25 = 0,364; \\ 0,4 &\geq 0,364 \text{ обеспечивается.} \end{aligned}$$

Решение уравнение размерных цепей по схеме линейных размеров:

$$\begin{aligned} 1. [Z_6^{35(3)}] &= B^{35(2)} - B^{35(3)} \\ Z_{6\min}^{35(3)} &= 0,025 \end{aligned}$$

$$B^{35(3)} = 36,7 \pm 0,05$$

$$TB^{35(2)} = 0,2 (\pm 0,1)$$

$$Z_{6min}^{35(3)} = B_{min}^{35(2)} - B_{max}^{35(3)}$$

$$B_{min}^{35(2)} = 36,75 + 0,025 = 36,775$$

$$B^{35(2)} = 36,75 \pm 0,1$$

$$Z_{6max}^{35(3)} = B_{max}^{35(2)} - B_{min}^{35(3)} = 36,85 - 36,65 = 0,2$$

$$B_{min}^{35(2)} = B_{max}^{35(3)} + Z_{6min}^{35(3)}$$

$$B_{ном}^{35(2)} = B_{min}^{35(2)} - \Delta H B^{35(2)} = 36,65 - (-0,1) = 36,75$$

$$Z_{6max}^{35(3)} = 0,2.$$

$$2. [Z_6^{35(2)}] = B^{35(1)} - B^{35(2)}$$

$$Z_{6min}^{35(2)} = 0,05$$

$$B^{35(2)} = 36,65 \pm 0,1$$

$$TB^{35(1)} = 0,3 (\pm 0,15)$$

$$Z_{6min}^{35(2)} = B_{min}^{35(1)} - B_{max}^{35(2)}$$

$$B_{min}^{35(1)} = B_{max}^{35(2)} + Z_{6min}^{35(2)}$$

$$B_{min}^{35(1)} = 36,65 + 0,05 = 36,7$$

$$B_{ном}^{35(1)} = 36,7 - (-0,15) = 36,85$$

$$B^{35(1)} = 36,85 \pm 0,15$$

$$Z_{6max}^{35(2)} = 36,9 - 36,65 = 0,25$$

$$Z_{6max}^{35(2)} = 0,25.$$

$$3. [Z_{14}^{30(8)}] = E^{30(8)} - E^{30(7)}$$

$$Z_{14min}^{30(8)} = 0,025$$

$$E^{30(8)} = 0,6 \pm 0,01$$

$$\Delta B E^{30(7)} = +0,025$$

$$Z_{14min}^{30(8)} = E_{min}^{30(8)} - E_{max}^{30(7)}$$

$$E_{max}^{30(7)} = E_{min}^{30(8)} - Z_{14min}^{30(8)}$$

$$E_{ном}^{30(7)} = 0,575 - 0,025 = 0,55$$

$$E^{30(7)} = 0,6 - 0,025 = 0,575$$

$$Z_{14max}^{30(8)} = 0,61 - 0,55 = 0,06$$

$$E^{30(7)} = 0,575$$

$$Z_{14max}^{30(8)} = 0,06.$$

$$4. [Z_{12}^{30(7)}] = M^{30(7)} - A^{30(3)} + A^{15(2)} - M^{5(4)}$$

$$Z_{12}^{30(7)} = 0,2$$

$$M^{30(7)} = 0,8^{+0,036}$$

$$A^{30(3)} = 60_{-0,114}$$

$$A^{15(2)} = 61_{-0,3}$$

$$TM^{5(4)} = 0,36 (\pm 0,18)$$

$$Z_{12min}^{30(7)} = M_{min}^{30(7)} - A_{max}^{30(3)} + A_{min}^{15(2)} - M_{max}^{5(4)}$$

$$M_{max}^{5(4)} = M_{min}^{30(7)} - A_{max}^{30(3)} + A_{min}^{15(2)} - Z_{12min}^{30(7)}$$

$$M_{max}^{5(4)} = 8 - 60 + 60,7 - 0,2 = 8,5$$

$$M_{ном}^{5(4)} = 8,5 - 0,18 = 8,32$$

$$M^{5(4)} = 8,3 \pm 0,18$$

$$Z_{12max}^{30(7)} = 8,036 - 59,886 + 61 - 8,12 = 1,03$$

$$Z_{12max}^{30(7)} = 1,03.$$

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$5. [Z_{13}^{30(6)}] = K^{30(6)} - K^{30(4)}$$

$$Z_{13\min}^{30(6)} = 0,1$$

$$K^{30(6)} = 6^{+0,03}$$

$$\Delta_B K^{30(4)} = +0,12$$

$$Z_{13\min}^{30(6)} = K_{\min}^{30(6)} - K_{\max}^{30(4)}$$

$$K_{\max}^{30(4)} = K_{\min}^{30(6)} - Z_{13\min}^{30(6)}$$

$$K_{\max}^{30(4)} = 6 - 0,1 = 5,9$$

$$K_{\text{НОМ}}^{30(4)} = 5,9 - 0,12 = 5,78$$

$$K^{30(4)} = 5,8^{+0,12}$$

$$Z_{13\max}^{30(6)} = 6,03 - 5,8 = 0,23$$

$$Z_{13\max}^{30(6)} = 0,23.$$

$$6. [Z_{13}^{30(4)}] = K^{30(4)} - A^{30(3)} + A^{15(2)} - K^{5(2)}$$

$$Z_{13\min}^{30(4)} = 0,2$$

$$K^{30(4)} = 5,8^{+0,12}$$

$$A^{30(3)} = 60_{-0,114}$$

$$A^{15(2)} = 61_{-0,3}$$

$$TK^{5(2)} = 0,36 (\pm 0,18)$$

$$Z_{13\min}^{30(4)} = K_{\min}^{30(4)} - A_{\max}^{30(3)} + A_{\min}^{15(2)} - K_{\max}^{5(2)}$$

$$K_{\max}^{5(2)} = K_{\min}^{30(4)} - A_{\max}^{30(3)} + A_{\min}^{15(2)} - Z_{13\min}^{30(4)}$$

$$K_{\max}^{5(2)} = 5,8 - 60 + 60,7 - 0,2 = 6,3$$

$$K_{\text{НОМ}}^{5(2)} = 6,3 - 0,18 = 6,12$$

$$K^{5(2)} = 6,1 \pm 0,12$$

$$Z_{13\max}^{30(4)} = 5,92 - 59,886 + 61 - 5,98 = 1,054$$

$$Z_{13\max}^{30(4)} = 1,054.$$

$$7. [Z_{15}^{30(3)}] = A^{30(1)} - A^{30(3)}$$

$$Z_{15\min}^{30(3)} = 0,1$$

$$A^{30(3)} = 60_{-0,114}$$

$$\Delta_H A^{30(1)} = -0,34$$

$$Z_{15\min}^{30(3)} = A_{\min}^{30(1)} - A_{\max}^{30(3)}$$

$$A_{\min}^{30(1)} = Z_{15\min}^{30(3)} + A_{\max}^{30(3)}$$

$$A_{\min}^{30(1)} = 0,1 + 60 = 60,1$$

$$A_{\text{НОМ}}^{30(1)} = A_{\min}^{30(1)} - \Delta_H A^{30(1)} = 60,1 - (-0,34) = 60,44$$

$$A^{30(1)} = 60,44_{-0,34}$$

$$Z_{15\max}^{30(3)} = 60,44 - 59,886 = 0,554 \quad Z_{15\max}^{30(3)} = 0,554.$$

$$8. [Z_{15}^{30(1)}] = A^{15(2)} - A^{30(1)}$$

$$Z_{15\min}^{30(1)} = 0,2$$

$$A^{30(1)} = 60,44_{-0,34}$$

$$\Delta_H A^{15(2)} = -0,3$$

$$Z_{15\min}^{30(1)} = A_{\min}^{15(2)} - A_{\max}^{30(1)}$$

$$A_{\min}^{15(2)} = Z_{15\min}^{30(1)} + A_{\max}^{30(1)}$$

$$A_{\min}^{15(2)} = 0,2 + 60,44 = 60,66$$

$$A_{\text{НОМ}}^{15(2)} = A_{\min}^{15(2)} - \Delta_H A^{15(2)} = 60,66 - (-0,3) = 60,96$$

$$A^{15(2)} = 61_{-0,3}$$

$$Z_{15\max}^{30(1)} = 60 - 60,1 = 0,9$$

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

$$Z_{15\max}^{30(1)} = 0,9.$$

9.  $[Z_3^{15(6)}] = H^{15(6)} - H^{15(3)}$   
 $Z_{3\min}^{15(6)} = 0,1$   
 $H^{15(6)} = 10^{+0,036}$   
 $\Delta_B H^{15(3)} = +0,15$   
 $Z_{3\min}^{15(6)} = H_{\min}^{15(6)} - H_{\max}^{15(3)}$   
 $H_{\max}^{15(3)} = H_{\min}^{15(6)} - Z_{3\min}^{15(6)}$   
 $H_{\max}^{15(3)} = 10 - 0,1 = 9,9$   
 $H_{\text{НОМ}}^{15(3)} = 9,9 - 0,15 = 9,75$   
 $H^{15(3)} = 9,75^{+0,15}$   
 $Z_{3\max}^{15(6)} = 10,036 - 9,75 = 0,286$   
 $Z_{3\max}^{15(6)} = 0,286.$

10.  $[Z_4^{15(5)}] = Q^{15(5)} - Q^{15(4)}$   
 $Z_{4\min}^{15(5)} = 0,1$   
 $Q^{15(5)} = 17^{+0,07}$   
 $\Delta_B Q^{15(4)} = +0,18$   
 $Z_{4\min}^{15(5)} = Q_{\min}^{15(5)} - Q_{\max}^{15(4)}$   
 $Q_{\max}^{15(4)} = Q_{\min}^{15(5)} - Z_{4\min}^{15(5)}$   
 $Q_{\max}^{15(4)} = 17 - 0,1 = 16,9$   
 $Q_{\text{НОМ}}^{15(4)} = 16,9 - 0,18 = 16,72$   
 $Q^{15(4)} = 16,7_{-0,18}$   
 $Z_{4\max}^{15(5)} = 17,07 - 16,52 = 0,55$   
 $Z_{4\max}^{15(5)} = 0,55.$

11.  $[Z_4^{15(4)}] = Q^{15(4)} - A^{15(2)} + A^{10(1)} - Q^{10(3)}$   
 $Z_{4\min}^{15(4)} = 0,2$   
 $Q^{15(4)} = 16,7^{+0,18}$   
 $A^{15(2)} = 61_{-0,3}$   
 $A^{10(1)} = 62,9_{-1,0}$   
 $\Delta_B Q^{10(3)} = +0,43$   
 $Z_{4\min}^{15(4)} = Q_{\min}^{15(4)} - A_{\max}^{15(2)} + A_{\min}^{10(1)} - Q_{\max}^{10(3)}$   
 $Q_{\max}^{10(3)} = Q_{\min}^{15(4)} - A_{\max}^{15(2)} + A_{\min}^{10(1)} - Z_{4\min}^{15(4)}$   
 $Q_{\max}^{10(3)} = 16,52 - 61 + 62,9 - 0,2 = 18,22$   
 $Q_{\text{НОМ}}^{10(3)} = 18,22 - 0,43 = 17,79$   
 $Q^{10(3)} = 17,8^{+0,43}$   
 $Z_{4\max}^{15(4)} = 16,88 - 60,7 + 62,2 - 17,8 = 1,1$   
 $Z_{4\max}^{15(4)} = 1,1.$

12.  $[Z_3^{15(3)}] = H^{15(3)} - A^{15(2)} + A^{10(1)} - H^{10(2)}$   
 $Z_{3\min}^{15(3)} = 0,2$   
 $H^{15(3)} = 9,75^{+0,15}$   
 $A^{10(1)} = 62,9_{-1,0}$   
 $A^{15(2)} = 61_{-0,3}$   
 $\Delta_B H^{10(2)} = +0,36$   
 $Z_{3\min}^{15(3)} = H_{\min}^{15(3)} - A_{\max}^{15(2)} + A_{\min}^{10(1)} - H_{\max}^{10(2)}$   
 $H_{\max}^{10(2)} = H_{\min}^{15(3)} - A_{\max}^{15(2)} + A_{\min}^{10(1)} - Z_{3\min}^{15(3)}$

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

$$H_{\max}^{10(2)} = 9,75 - 61 + 61,9 - 0,2 = 10,45$$

$$H_{\text{НОМ}}^{10(2)} = 10,45 - 0,36 = 10,09$$

$$H^{10(2)} = 10,1^{+0,36}$$

$$Z_{3\max}^{15(3)} = 9 - 60,7 + 63,9 - 10,1 = 2,1$$

$$Z_{3\max}^{15(3)} = 2,1.$$

$$13. [Z_{11}^{15(3)}] = \Pi^{15(3)} - A^{15(2)} + A^{10(1)} - \Pi^{10(2)}$$

$$Z_{11\min}^{15(3)} = 0,2$$

$$\Pi^{15(3)} = 40 \pm 0,125$$

$$A^{15(2)} = 61_{-0,3}$$

$$A^{10(1)} = 62,9_{-1,0}$$

$$T\Pi^{10(2)} = 0,62 (\pm 0,31)$$

$$Z_{11\min}^{15(3)} = \Pi_{\min}^{15(3)} - A_{\max}^{15(2)} + A_{\min}^{10(1)} - \Pi_{\max}^{10(2)}$$

$$\Pi_{\max}^{10(2)} = \Pi_{\min}^{15(3)} - A_{\max}^{15(2)} + A_{\min}^{10(1)} - Z_{11\min}^{15(3)}$$

$$\Pi_{\max}^{10(2)} = 39,875 - 61 + 61,9 - 0,2 = 40,575$$

$$\Pi_{\text{НОМ}}^{10(2)} = 40,575 - 0,31 = 40,565$$

$$\Pi^{10(2)} = 40,6 \pm 0,31$$

$$Z_{11\max}^{15(3)} = 40,125 - 60,7 + 62,9 - 40,29 = 2,035.$$

$$14. [Z_1^{15(2)}] = A^{15(1)} - A^{15(2)}$$

$$Z_{1\min}^{15(2)} = 0,1$$

$$A^{15(2)} = 61_{-0,3}$$

$$\Delta_B A^{15(1)} = -0,55$$

$$Z_{1\min}^{15(2)} = A_{\min}^{15(1)} - A_{\max}^{15(2)}$$

$$A_{\min}^{15(1)} = Z_{1\min}^{15(2)} + A_{\max}^{15(2)}$$

$$A_{\min}^{15(1)} = 0,1 + 61 = 61,1$$

$$A_{\text{НОМ}}^{15(1)} = 61,6 - (-0,55) = 61,65$$

$$A^{15(1)} = 61,65_{-0,55}$$

$$Z_{1\max}^{15(2)} = 61,65 - 60,7 = 0,95 \quad Z_{1\max}^{15(2)} = 0,95.$$

$$15. [Z_1^{15(1)}] = A^{10(1)} - A^{15(1)}$$

$$Z_{1\min}^{15(1)} = 0,2$$

$$A^{15(1)} = 61,65_{-0,55}$$

$$\Delta_H A^{10(1)} = -1,0$$

$$Z_{1\min}^{15(1)} = A_{\min}^{10(1)} - A_{\max}^{15(1)}$$

$$A_{\min}^{10(1)} = Z_{1\min}^{15(1)} + A_{\max}^{15(1)}$$

$$A_{\min}^{10(1)} = 0,2 + 61,65 = 61,85$$

$$A_{\text{НОМ}}^{10(1)} = 61,85 - (-1,0) = 62,85$$

$$A^{10(1)} = 62,9_{-1,0}$$

$$Z_{1\max}^{15(1)} = 62,9 - 61,1 = 1,8$$

$$Z_{1\max}^{15(1)} = 1,8.$$

$$16. [Z_4^{15(3)}] = Q^{10(3)} - A^{10(1)} + A^{5(1)} - Q^0$$

$$Z_{4\min}^{15(3)} = 0,36$$

$$Q^{10(3)} = 17,8^{+0,43}$$

$$A^{10(1)} = 62,9_{-1,0}$$

$$A^{5(1)} = 64,3_{-1,0}$$

$$TQ^0 = 0,7^{(+0,2)}_{(-0,5)}$$

										Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



$$Z_{4\min}^{15(3)} = Q_{\min}^{10(3)} - A_{\max}^{10(1)} + A_{\min}^{5(1)} - Q_{\max}^{15(3)}$$

$$Q_{\max}^0 = Q_{\min}^{10(3)} - A_{\max}^{10(1)} + A_{\min}^{5(1)} - Z_{4\min}^{15(3)}$$

$$Q_{\max}^0 = 17,8 - 62,9 + 63,6 - 0,36 = 20,24$$

$$Q_{\text{ном}}^0 = 20,24 - 0,2 = 20,04$$

$$Q^0 = 20 \begin{pmatrix} +0,2 \\ -0,5 \end{pmatrix}$$

$$Z_{4\max}^{15(3)} = 18,23 - 61,9 + 64,3 - 19,5 = 1,13$$

$$Z_{4\max}^{15(3)} = 1,13.$$

$$17. [Z_{11}^{10(2)}] = \Pi^{10(2)} - A^{10(1)} + A^{5(1)} - \Pi^0$$

$$Z_{11\min}^{10(2)} = 0,36$$

$$\Pi^{10(2)} = 40,6 \pm 0,31$$

$$A^{10(1)} = 62,9_{-1,0}$$

$$A^{5(1)} = 64,3_{-1,0}$$

$$\Pi^0 = 1,0 \begin{pmatrix} +0,7 \\ -0,3 \end{pmatrix}$$

$$Z_{11\min}^{10(2)} = \Pi_{\min}^{10(2)} - A_{\max}^{10(1)} + A_{\min}^{5(1)} - \Pi_{\max}^0$$

$$\Pi_{\max}^0 = \Pi_{\min}^{10(2)} - A_{\max}^{10(1)} + A_{\min}^{5(1)} - Z_{11\min}^{10(2)}$$

$$\Pi_{\max}^0 = 40,29 - 62,9 + 63,3 - 0,36 = 40,33$$

$$\Pi_{\text{ном}}^0 = 40,33 - 0,7 = 39,63$$

$$\Pi^0 = 39,6 \begin{pmatrix} +0,7 \\ -0,3 \end{pmatrix}$$

$$Z_{11\max}^{10(2)} = 40,91 - 61,9 + 64,3 - 38,9 = 4,41$$

$$Z_{11\max}^{10(2)} = 4,41.$$

$$18. [Z_1^{10(1)}] = A^{5(1)} - A^{10(1)}$$

$$Z_{1\min}^{10(1)} = 0,36$$

$$A^{10(1)} = 62,9_{-1,0}$$

$$\Gamma A^{5(1)} = 1,0$$

$$Z_{1\min}^{10(1)} = A_{\min}^{5(1)} - A_{\max}^{10(1)}$$

$$A_{\min}^{5(1)} = Z_{1\min}^{10(1)} + A_{\max}^{10(1)}$$

$$A_{\min}^{5(1)} = 0,36 + 62,9 = 63,26$$

$$A_{\text{ном}}^{5(1)} = 63,26 - (-1,0) = 64,26$$

$$A^{5(1)} = 64,3_{-1,0}$$

$$Z_{1\max}^{10(1)} = 64,3 - 61,9 = 2,4$$

$$Z_{1\max}^{10(1)} = 2,4.$$

$$19. [Z_{12}^{5(4)}] = M^{5(2)} - A^{5(1)} + A^0 - M^0$$

$$Z_{12\min}^{5(4)} = 0,36$$

$$M^{5(2)} = 8,3 \pm 0,18$$

$$A^{5(1)} = 64,3_{-1,0}$$

$$A^0 = 65 \begin{pmatrix} +0,8 \\ -0,4 \end{pmatrix}$$

$$\Gamma M^0 = 0,7 \begin{pmatrix} +0,2 \\ -0,5 \end{pmatrix}$$

$$Z_{12\min}^{5(4)} = M_{\min}^{5(2)} - A_{\max}^{5(1)} + A_{\min}^0 - M_{\max}^0$$

$$M_{\max}^0 = M_{\min}^{5(2)} - A_{\max}^{5(1)} + A_{\min}^0 - Z_{12\min}^{5(4)}$$

$$M_{\max}^0 = 8,12 - 64,3 + 64,6 - 0,36 = 8,06$$

$$M_{\text{ном}}^0 = 8,06 - 0,2 = 7,86$$

$$M^0 = 7,9 \begin{pmatrix} +0,8 \\ -0,4 \end{pmatrix}$$

$$Z_{12\max}^{5(4)} = 8,48 - 63,3 + 65,8 - 7,5 = 3,48$$

$$Z_{5(4)}^{12 \max} = 3,48.$$

$$[Z_{5(1)}^{15}] = A_0^0 - A_{5(1)}^0$$

$$Z_{5(1)}^{15 \min} = 0,36$$

$$A_{5(1)} = 64,31$$

$$TA_0^0 = 1,2(-0,8)$$

$$Z_{5(1)}^{15 \min} = A_{5(1)}^0 - A_{5(1)}^{\max}$$

$$A_{5(1)}^0 = Z_{5(1)}^{15 \min} + A_{5(1)}^{\max}$$

$$A_{5(1)}^{\min} = 0,36 + 64,3 = 64,66$$

$$A_{5(1)}^{\text{ном}} = 64,66 - (-0,4) = 65,06$$

$$A_0^0 = 65(+0,8)$$

$$Z_{5(1)}^{15 \max} = 65,8 - 62,3 = 3,5.$$

По схеме диаметральных размеров (см. рисунок 7) составляем уравнения

диаметральных размеров

$$[Z_{35(3)}^{27}] = d_{35(3)} + e_{35(2)} - d_{35(2)}$$

$$[Z_{30(8)}^{19}] = \Phi_{30(8)} - \Phi_{30(7)} - 19_{30(7)} - 20_{15(3)} - 19_{30(7)} - 20_{15(3)}$$

$$[Z_{30(7)}^{25}] = R_{30(7)} - R_{5(4)} - 20_{15(3)} - 25_{30(7)} - 16_{5(2)} - 20_{15(3)}$$

$$[Z_{30(6)}^{18}] = V_{30(6)} - V_{30(4)} - 20_{15(3)} - 18_{30(6)} - 20_{15(3)} - 18_{30(6)}$$

$$[Z_{30(5)}^{29}] = N_{30(5)} - N_{30(2)} - 20_{15(3)} - 29_{30(5)} - 20_{15(3)} - 29_{30(5)}$$

$$[Z_{30(4)}^{18}] = Y_{5(2)} - Y_{30(4)} - 20_{15(3)} - 18_{30(4)} - 16_{5(2)} - 18_{5(2)}$$

$$[Z_{30(2)}^{29}] = N_{30(2)} - N_{5(3)} - 20_{15(3)} - 29_{30(2)} - 16_{5(2)} - 29_{5(3)}$$

$$[Z_{15(5)}^{24}] = \Pi_{15(5)} - \Pi_{15(4)} - 16_{5(2)} - 24_{15(5)} - 16_{5(2)} - 24_{15(4)}$$

$$[Z_{15(4)}^{24}] = \Pi_{15(4)} - \Pi_{10(3)} - 16_{5(2)} - 24_{15(4)} - 16_{5(2)} - 24_{10(3)}$$

$$[Z_{15(3)}^{21}] = X_{10(2)} - X_{15(3)} - 16_{5(2)} - 21_{15(3)} - 16_{5(2)} - 21_{10(2)}$$

$$[Z_{15(3)}^{20}] = V_{10(2)} - V_{15(3)} - 16_{5(2)} - 20_{15(3)} - 16_{5(2)} - 20_{10(2)}$$

$$[Z_{10(2)}^{20}] = V_0^0 - V_{10(2)} - 16_{5(2)} - 20_{10(2)} - 16_{5(2)} - 20_{10(2)}$$

$$[Z_{5(2)}^{16}] = P_0^0 - P_{5(2)} - 16_{5(2)} - 20_{15(3)} - 16_{5(2)} - 20_{15(3)}$$

$$[Z_{30(4)}^{16}] = P_{5(2)} - P_{30(4)} - 16_{5(2)} - 20_{15(3)} - 16_{5(2)} - 20_{15(3)}$$

$$[Z_{5(4)}^{25}] = R_{5(4)} - R_0^0 - 16_{5(2)} - 25_{5(4)} - 16_{5(2)} - 20_{15(3)}$$

Решение диаметральных уравнений

$$1. [Z_{35(3)}^{27}] = d_{35(3)} + e_{35(2)} - d_{35(2)}$$

$$Z_{35(3)}^{27 \min} = 0,025$$

$$Z_{35(3)}^{27} = 1 + 0,005$$

$$e_{35(2)} = 9 + 0,005$$

$$\Delta e_{35(2)} = 0,025$$

$$e_{35(3)} = 9 + 0,001$$

$$Z_{35(3)}^{27 \min} + e_{35(3)} - d_{35(2)} = e_{35(2)}$$

$$d_{35(2)} = d_{35(3)} + e_{35(3)} - e_{35(2)}$$

$$d_{35(2)}^{\min} = 1 + 8,995 - 9,01 - 0,025 = 0,96$$

$$d_{35(2)}^{\max} = 1 + 8,995 - 9,01 - 0,025 = 0,9475$$

$$P_{35(2)}^{\text{ном}} = 0,95 + 0,0125$$

$$P_{35(2)} = 1,9 + 0,025$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.127.000 ПЗ

$$Z_{27\max}^{35(3)} = 1,005 + 9,005 - 8,99 - 0,9475 = 0,0725$$

$$Z_{27\max}^{35(3)} = 0,0725.$$

2.  $[Z_{27}^{35(2)}] = d^{35(2)} + \mathcal{E}^{35(2)} - \mathcal{E}^{35(1)} - d^{35(1)}$

$$Z_{27\min}^{35(2)} = 0,05$$

$$d^{35(2)} = 0,95^{+0,0125}$$

$$\mathcal{E}^{35(2)} = 9 \pm 0,01$$

$$\Delta Bd^{35(1)} = +0,05$$

$$\mathcal{E}^{35(1)} = 9 \pm 0,05$$

$$Z_{27\min}^{35(2)} = d_{\min}^{35(2)} + \mathcal{E}_{\min}^{35(2)} - \mathcal{E}_{\max}^{35(1)} - d_{\max}^{35(1)}$$

$$d_{\max}^{35(1)} = d_{\min}^{35(2)} + \mathcal{E}_{\min}^{35(2)} - \mathcal{E}_{\max}^{35(1)} - Z_{27\min}^{35(2)}$$

$$d_{\max}^{35(1)} = 0,95 + 8,99 - 9,05 - 0,05 = 0,9125$$

$$d_{\text{НОМ}}^{35(1)} = 0,9125 - 0,05 = 0,8625$$

$$d^{35(1)} = 0,86^{-0,05}$$

$$2d^{35(1)} = 1,7^{-0,1}$$

$$Z_{27\max}^{35(2)} = d_{\max}^{35(2)} + \mathcal{E}_{\max}^{35(2)} - \mathcal{E}_{\min}^{35(1)} - d_{\min}^{35(1)} = 0,9625 + 9,01 - 0,86 - 8,95 = 0,162$$

$$Z_{27\max}^{35(2)} = 0,162.$$

3.  $[Z_{19}^{30(8)}] = \Phi^{30(8)} - \Phi^{30(7)} - 19^{30(8)}20^{15(3)} - 19^{30(7)}20^{15(3)}$

$$Z_{19\min}^{30(8)} = 0,025$$

$$\Phi^{30(8)} = 23^{+0,0125}$$

$$\Delta B\Phi^{30(7)} = +0,031$$

$$19^{30(8)}20^{15(3)} = \pm 0,01$$

$$19^{30(7)}20^{15(3)} = \pm 0,025$$

$$Z_{19\min}^{30(8)} = \Phi_{\min}^{30(8)} - \Phi_{\max}^{30(7)} - 19^{30(8)}20_{\max}^{15(3)} - 19^{30(7)}20_{\max}^{15(3)}$$

$$\Phi_{\max}^{30(7)} = \Phi_{\min}^{30(8)} - Z_{19\min}^{30(8)} - 19^{30(8)}20_{\max}^{15(3)} - 19^{30(7)}20_{\max}^{15(3)}$$

$$\Phi_{\max}^{30(7)} = 23 - 0,025 - 0,01 - 0,025 = 22,94$$

$$\Phi_{\text{НОМ}}^{30(7)} = 22,94 - 0,031 = 22,909$$

$$\Phi^{30(7)} = 22,9^{+0,031}$$

$$2\Phi^{30(7)} = 45,8^{+0,062}$$

$$Z_{19\max}^{30(8)} = 23,0125 - 22,91 - (-0,01) - (-0,025) = 0,375$$

$$Z_{19\max}^{30(8)} = 0,375.$$

4.  $[Z_{25}^{30(7)}] = \mathcal{Я}^{30(7)} - \mathcal{Я}^{5(4)} - 20^{15(3)}25^{30(7)} - 16^{5(2)}20^{15(3)} - 16^{5(2)}25^{5(4)}$

$$Z_{25\min}^{30(7)} = 0,1$$

$$\mathcal{Я}^{30(7)} = 18^{+0,031}$$

$$\mathcal{Я}^{5(4)} = +0,125$$

$$20^{15(3)}25^{30(7)} = \pm 0,025$$

$$16^{5(2)}20^{15(3)} = \pm 0,06$$

$$16^{5(2)}25^{5(4)} = \pm 0,1$$

$$Z_{25\min}^{30(7)} = \mathcal{Я}_{\min}^{30(7)} - \mathcal{Я}_{\max}^{5(4)} - 20^{15(3)}25_{\max}^{30(7)} - 16^{5(2)}20_{\max}^{15(3)} - 16^{5(2)}25_{\max}^{5(4)}$$

$$\mathcal{Я}_{\max}^{5(4)} = \mathcal{Я}_{\min}^{30(7)} - Z_{25\min}^{30(7)} - 20^{15(3)}25_{\max}^{30(7)} - 16^{5(2)}20_{\max}^{15(3)} - 16^{5(2)}25_{\max}^{5(4)}$$

$$\mathcal{Я}_{\max}^{5(4)} = 18 - 0,1 - 0,025 - 0,06 - 0,1 = 17,825$$

$$\mathcal{Я}_{\text{НОМ}}^{5(4)} = 17,825 - 0,125 = 17,7$$

$$\mathcal{Я}^{5(4)} = 17,7^{+0,125}$$

$$2\mathcal{Я}^{5(4)} = 35,4^{+0,25}$$

$$Z_{25\max}^{30(7)} = 18,031 - 17,575 - (0,025) - (-0,06) - (-0,1) = 0,641$$

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

- $$Z_{25\max}^{30(7)} = 0,641.$$
5.  $[Z_{18}^{30(6)}] = Y^{30(4)} - Y^{30(6)} - 20^{15(3)}18^{30(6)} - 20^{15(3)}18^{30(4)}$   
 $Z_{18\min}^{30(6)} = 0,05$   
 $Y^{30(6)} = 24,9_{-0,0185}$   
 $Y^{30(4)} = -0,095$   
 $20^{15(3)}18^{30(6)} = \pm 0,025$   
 $20^{15(3)}18^{30(4)} = \pm 0,06$   
 $Z_{18\min}^{30(6)} = Y_{\min}^{30(4)} - Y_{\max}^{30(6)} - 20^{15(3)}18_{\max}^{30(6)} - 20^{15(3)}18_{\max}^{30(4)}$   
 $Y_{\min}^{30(4)} = Y_{\max}^{30(6)} + Z_{18\min}^{30(6)} + 20^{15(3)}18_{\max}^{30(6)} + 20^{15(3)}18_{\max}^{30(4)}$   
 $Y_{\min}^{30(4)} = 24,9 + 0,05 + 0,025 + 0,06 = 25,035$   
 $Y_{\text{ном}}^{30(4)} = 25,035 - (-0,095) = 25,13$   
 $Y^{30(4)} = 25,1_{-0,095}$   
 $2Y^{30(4)} = 50,2_{-0,19}$   
 $Z_{18\max}^{30(6)} = 25,1 - 24,8815 - (-0,025) - (-0,06) = 0,3035$   
 $Z_{18\max}^{30(6)} = 0,3035.$
6.  $[Z_{29}^{30(5)}] = N^{30(5)} - N^{30(2)} - 20^{15(3)}29^{30(5)} - 20^{15(3)}29^{30(2)}$   
 $Z_{29\min}^{30(5)} = 0,1$   
 $N^{30(5)} = 6,015^{+0,0155}$   
 $N^{30(2)} = +0,0215$   
 $20^{15(3)}29^{30(5)} = \pm 0,016$   
 $20^{15(3)}29^{30(2)} = \pm 0,025$   
 $Z_{29\min}^{30(5)} = N_{\min}^{30(5)} - N_{\max}^{30(2)} - 20^{15(3)}29_{\max}^{30(5)} - 20^{15(3)}29_{\max}^{30(2)}$   
 $N_{\max}^{30(2)} = N_{\min}^{30(5)} - Z_{29\min}^{30(5)} - 20^{15(3)}29_{\max}^{30(5)} - 20^{15(3)}29_{\max}^{30(2)}$   
 $N_{\max}^{30(2)} = 6,015 - 0,1 - 0,016 - 0,025 = 5,874$   
 $N_{\text{ном}}^{30(2)} = 5,874 - 0,0215 = 5,8525$   
 $N^{30(2)} = 5,85^{+0,0215}$   
 $2N^{30(2)} = 11,7^{+0,043}$   
 $Z_{29\max}^{30(5)} = 6,0275 - 5,85 - (-0,016) - (-0,025) = 0,2185$   
 $Z_{29\max}^{30(5)} = 0,2185.$
7.  $[Z_{18}^{30(4)}] = Y^{5(2)} - Y^{30(4)} - 20^{15(3)}18^{30(4)} - 16^{5(2)}20^{15(3)} - 16^{5(2)}18^{5(2)}$   
 $Z_{18\min}^{30(4)} = 0,1$   
 $Y^{30(4)} = 25,1_{-0,095}$   
 $\Delta H Y^{5(2)} = -0,15$   
 $20^{15(3)}18^{30(4)} = \pm 0,025$   
 $16^{5(2)}20^{15(3)} = \pm 0,06$   
 $16^{5(2)}18^{5(2)} = \pm 0,125$   
 $Z_{18\min}^{30(4)} = Y_{\min}^{5(2)} - Y_{\max}^{30(4)} - 20^{15(3)}18_{\max}^{30(4)} - 16^{5(2)}20_{\max}^{15(3)} - 16^{5(2)}18_{\max}^{5(2)}$   
 $Y_{\min}^{5(2)} = Z_{18\min}^{30(4)} + Y_{\max}^{30(4)} + 20^{15(3)}18_{\max}^{30(4)} + 16^{5(2)}20_{\max}^{15(3)} + 16^{5(2)}18_{\max}^{5(2)}$   
 $Y_{\min}^{5(2)} = 0,1 + 25,1 + 0,025 + 0,06 + 0,125 = 25,41$   
 $Y_{\text{ном}}^{5(2)} = 25,41 - (-0,15) = 25,56$   
 $Y^{5(2)} = 25,6_{-0,15}$   
 $2Y^{5(2)} = 51,2_{-0,3}$   
 $Z_{18\max}^{30(4)} = 25,6 - 25,005 - (-0,025) - (-0,125) - (-0,06) = 0,805.$
8.  $[Z_{29}^{30(2)}] = N^{30(2)} - N^{5(3)} - 20^{15(3)}29^{30(2)} - 16^{5(2)}20^{15(3)} - 16^{5(2)}29^{5(3)}$



$$Z_{29\min}^{30(2)} = 0,1$$

$$N^{30(2)} = 5,85^{+0.0215}$$

$$\Delta_{BN}^{5(3)} = +0,09$$

$$20^{15(3)} 29^{30(2)} = +0,016$$

$$16^{5(2)} 20^{15(3)} = +0,1$$

$$16^{5(2)} 29^{5(3)} = +0,1$$

$$Z_{29\min}^{30(2)} = N_{\min}^{30(2)} - N_{\max}^{5(3)} - 20^{15(3)} 29_{\max}^{30(2)} - 16^{5(2)} 20_{\max}^{15(3)} - 16^{5(2)} 29_{\max}^{5(3)}$$

$$N_{\max}^{5(3)} = N_{\min}^{30(2)} - Z_{29\min}^{30(2)} - 20^{15(3)} 29_{\max}^{30(2)} - 16^{5(2)} 20_{\max}^{15(3)} - 16^{5(2)} 29_{\max}^{5(3)}$$

$$N_{\max}^{5(3)} = 5,85 - 0,1 - 0,016 - 0,1 - 0,1 = 5,534$$

$$N_{\text{НОМ}}^{5(3)} = 5,534 - 0,09 = 5,4444$$

$$N^{5(3)} = 5,4_{-0.09}$$

$$2N^{5(3)} = 10,8_{-0.18}$$

$$Z_{29\max}^{30(2)} = 5,8715 - 5,31 - (-0,016) - (-0,1) - (-0,1) = 0,7775$$

$$Z_{29\max}^{30(2)} = 0,7775.$$

$$9. [Z_{24}^{15(5)}] = \Pi^{15(5)} - \Pi^{15(4)} - 16^{5(2)} 24^{15(5)} - 16^{5(2)} 24^{15(4)}$$

$$Z_{24\min}^{15(5)} = 0,025$$

$$\Pi^{15(5)} = 18,5^{+0.031}$$

$$\Delta_{B\Pi}^{15(4)} = +0,05$$

$$16^{5(2)} 24^{15(5)} = +0,031$$

$$16^{5(2)} 24^{15(4)} = +0,06$$

$$Z_{24\min}^{15(5)} = \Pi_{\min}^{15(5)} - \Pi_{\max}^{15(4)} - 16^{5(2)} 24_{\max}^{15(5)} - 16^{5(2)} 24_{\max}^{15(4)}$$

$$\Pi_{\max}^{15(4)} = \Pi_{\min}^{15(5)} - Z_{24\min}^{15(5)} - 16^{5(2)} 24_{\max}^{15(5)} - 16^{5(2)} 24_{\max}^{15(4)}$$

$$\Pi_{\max}^{15(4)} = 18,5 - 0,025 - 0,06 - 0,031 = 18,384$$

$$\Pi_{\text{НОМ}}^{15(4)} = 18,384 - 0,05 = 18,334$$

$$\Pi^{15(4)} = 18,3^{+0.05}$$

$$2\Pi^{15(4)} = 36,6^{+0.1}$$

$$Z_{24\max}^{15(5)} = 18,531 - 18,3 - (-0,031) - (-0,06) = 0,322$$

$$Z_{24\max}^{15(5)} = 0,322.$$

$$10. [Z_{24}^{15(4)}] = \Pi^{15(4)} - \Pi^{10(3)} - 16^{5(2)} 24^{15(4)} - 16^{5(2)} 24^{10(3)}$$

$$Z_{24\min}^{15(4)} = 0,1$$

$$\Pi^{15(4)} = 18,3^{+0.05}$$

$$\Delta_{B\Pi}^{10(3)} = +0,125$$

$$16^{5(2)} 24^{15(4)} = +0,06$$

$$16^{5(2)} 24^{10(3)} = +0,1$$

$$Z_{24\min}^{15(4)} = \Pi_{\min}^{15(4)} - \Pi_{\max}^{10(3)} - 16^{5(2)} 24_{\max}^{15(4)} - 16^{5(2)} 24_{\max}^{10(3)}$$

$$\Pi_{\max}^{10(3)} = \Pi_{\min}^{15(4)} - Z_{24\min}^{15(4)} - 16^{5(2)} 24_{\max}^{15(4)} - 16^{5(2)} 24_{\max}^{10(3)}$$

$$\Pi_{\max}^{10(3)} = 18,3 - 0,1 - 0,06 - 0,1 = 18,04$$

$$\Pi_{\text{НОМ}}^{10(3)} = 18,04 - 0,125 = 17,915$$

$$\Pi^{10(3)} = 17,9^{+0.125}$$

$$2\Pi^{10(3)} = 35,8^{+0.25}$$

$$Z_{24\max}^{15(4)} = 18,35 - 17,9 - (-0,06) - (-0,1) = 0,58.$$

$$11. [Z_{21}^{15(3)}] = X^{10(2)} - X^{15(3)} - 16^{5(2)} 21^{15(3)} - 16^{5(2)} 21^{10(2)}$$

$$Z_{21\min}^{15(3)} = 0,1$$

$$X^{15(3)} = 20,925_{-0.06}$$

					Лист
					34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

$$\Delta_H X^{10(2)} = -0,125$$

$$16^{5(2)} 21^{15(3)} = +0,06$$

$$16^{5(2)} 21^{10(2)} = +0,1$$

$$Z_{21\min}^{15(3)} = X_{\min}^{10(2)} - X_{\max}^{15(3)} - 16^{5(2)} 21_{\max}^{15(3)} - 16^{5(2)} 21_{\max}^{10(2)}$$

$$X_{\min}^{10(2)} = Z_{21\min}^{15(3)} + X_{\max}^{15(3)} + 16^{5(2)} 21_{\max}^{15(3)} + 16^{5(2)} 21_{\max}^{10(2)}$$

$$X_{\min}^{10(2)} = 0,1 + 20,925 + 0,06 + 0,1 = 21,185$$

$$X_{\text{ном}}^{10(2)} = 21,185 - (-0,125) = 21,31$$

$$X^{10(2)} = 21,3_{-0,125}$$

$$2X^{10(2)} = 42,6_{-0,25}$$

$$Z_{21\max}^{15(3)} = 21,3 - 2,865 - (-0,06) - (-0,1) = 0,595$$

$$Z_{21\max}^{15(3)} = 0,595.$$

$$12. [Z_{20}^{15(3)}] = V^{10(2)} - V^{15(3)} - 16^{5(2)} 20^{15(3)} - 16^{5(2)} 20^{10(2)}$$

$$Z_{20\min}^{15(3)} = 0,1$$

$$V^{15(3)} = 23_{-0,05}$$

$$\Delta_H V^{10(2)} = -0,125$$

$$16^{5(2)} 20^{15(3)} = +0,06$$

$$16^{5(2)} 20^{10(2)} = +0,1$$

$$Z_{20\min}^{15(3)} = V_{\min}^{10(2)} - V_{\max}^{15(3)} - 16^{5(2)} 20_{\max}^{15(3)} - 16^{5(2)} 20_{\max}^{10(2)}$$

$$V_{\min}^{10(2)} = Z_{20\min}^{15(3)} + V_{\max}^{15(3)} + 16^{5(2)} 20_{\max}^{15(3)} + 16^{5(2)} 20_{\max}^{10(2)}$$

$$V_{\min}^{10(2)} = 0,1 + 23 + 0,06 + 0,1 = 23,26$$

$$V_{\text{ном}}^{10(2)} = 23,26 - (-0,125) = 23,385$$

$$V^{10(2)} = 23,4_{-0,125}$$

$$2V^{10(2)} = 46,8_{-0,25}$$

$$Z_{20\max}^{15(3)} = 23,4 - 22,95 - (-0,06) - (-0,1) = 0,61$$

$$Z_{20\max}^{15(3)} = 0,61.$$

$$13. [Z_{24}^{10(3)}] = \Pi^{10(3)} - \Pi^0 - 16^{5(2)} 24^{10(3)} - 16^{5(2)} 20^0 - 20^0 24^0$$

$$Z_{24\min}^{10(3)} = 0,36$$

$$\Pi^{10(3)} = 17,9_{+0,125}$$

$$\Pi^0 = 0,45_{(-0,3)}$$

$$16^{5(2)} 24^{10(3)} = +0,1$$

$$16^{5(2)} 20^0 = +0,1$$

$$20^0 24^0 = +0,5$$

$$Z_{24\min}^{10(3)} = \Pi_{\min}^{10(3)} - \Pi_{\max}^0 - 16^{5(2)} 24_{\max}^{10(3)} - 16^{5(2)} 20_{\max}^0 - 20_{\max}^0 24_{\max}^0$$

$$\Pi_{\max}^0 = \Pi_{\min}^{10(3)} - Z_{24\min}^{10(3)} - 16^{5(2)} 24_{\max}^{10(3)} - 16^{5(2)} 20_{\max}^0 - 20_{\max}^0 24_{\max}^0$$

$$\Pi_{\max}^0 = 17,9 - 0,3 - 0,1 - 0,1 - 0,5 = 16,74$$

$$\Pi_{\text{ном}}^0 = 16,74 - 0,15 = 16,6$$

$$\Pi^0 = 17,6_{(-0,3)}$$

$$2\Pi^0 = 35,2_{-0,6}$$

$$Z_{24\max}^{10(3)} = 18,025 - 17,3 - (-0,1) - (-0,1) - (-0,5) = 1,425$$

$$Z_{24\max}^{10(3)} = 1,425.$$

$$14. [Z_{20}^{10(2)}] = V^0 - V^{10(2)} - 16^{5(2)} 20^{10(2)} - 16^{5(2)} 20^0$$

$$Z_{20\min}^{10(2)} = 0,36$$

$$V^{10(2)} = 23,4_{-0,125}$$

$$TV^0 = 0,5 \begin{pmatrix} +0,35 \\ -0,15 \end{pmatrix}$$

$$16^{5(2)}20^{10(2)} = \underline{+0,1}$$

$$16^{5(2)}20^0 = \underline{+0,1}$$

$$Z_{20\min}^{10(2)} = V_{\min}^0 - V_{\max}^{10(2)} - 16^{5(2)}20_{\max}^{10(2)} - 16^{5(2)}20_{\max}^0$$

$$V_{\max}^0 = Z_{20\min}^{10(2)} + V_{\max}^{10(2)} + 16^{5(2)}20_{\max}^{10(2)} + 16^{5(2)}20_{\max}^0$$

$$V_{\max}^0 = 0,36 + 23,4 + 0,1 + 0,1 = 23,96$$

$$V_{\text{ном}}^0 = 23,96 - (-0,15) = 24,11$$

$$V^0 = 24,1 \begin{pmatrix} +0,35 \\ -0,15 \end{pmatrix}$$

$$2V^0 = 48,2 \begin{pmatrix} +0,7 \\ -0,3 \end{pmatrix}$$

$$Z_{20\max}^{10(2)} = 24,45 - 23,275 - (-0,1) - (-0,1) = 1,375$$

$$Z_{20\max}^{10(2)} = 1,375.$$

$$15. [Z_{16}^{5(2)}] = P^0 - P^{5(2)} - 16^{5(2)}20^0 - 16^020^0$$

$$Z_{16\min}^{5(2)} = 0,36$$

$$P^{5(2)} = 26,3 \begin{pmatrix} -0,15 \end{pmatrix}$$

$$TP^0 = 0,6 \begin{pmatrix} +0,4 \\ -0,2 \end{pmatrix}$$

$$16^{5(2)}20^0 = \underline{+0,1}$$

$$16^020^0 = \underline{+0,3}$$

$$Z_{16\min}^{5(2)} = P_{\min}^0 - P_{\max}^{5(2)} - 16^{5(2)}20_{\max}^0 - 16^020_{\max}^0$$

$$P_{\max}^0 = Z_{16\min}^{5(2)} + P_{\max}^{5(2)} + 16^{5(2)}20_{\max}^0 + 16^020_{\max}^0$$

$$P_{\max}^0 = 0,36 + 26,3 + 0,1 + 0,3 = 27,06$$

$$P_{\text{ном}}^0 = 27,06 - (-0,2) = 27,26$$

$$P^0 = 27,3 \begin{pmatrix} +0,4 \\ -0,2 \end{pmatrix}$$

$$2P^0 = 54,6 \begin{pmatrix} +0,8 \\ -0,4 \end{pmatrix}$$

$$Z_{16\max}^{5(2)} = 27,7 - 26,15 - (-0,1) - (-0,3) = 1,95$$

$$Z_{16\max}^{5(2)} = 1,95.$$

$$16. [Z_{16}^{30(4)}] = P^{5(2)} - P^{30(4)} - 16^{30(4)}20^{15(3)} - 16^{5(2)}20^{15(3)}$$

$$Z_{16\min}^{30(4)} = 0,1$$

$$P^{30(4)} = 25,925 \begin{pmatrix} -0,06 \end{pmatrix}$$

$$\Delta HP^{5(2)} = -0,15$$

$$16^{30(4)}20^{15(3)} = \underline{+0,08}$$

$$16^{5(2)}20^{15(3)} = \underline{+0,06}$$

$$Z_{16\min}^{30(4)} = P_{\min}^{5(2)} - P_{\max}^{30(4)} - 16^{30(4)}20_{\max}^{15(3)} - 16^{5(2)}20_{\max}^{15(3)}$$

$$P_{\min}^{5(2)} = Z_{16\min}^{30(4)} + P_{\max}^{30(4)} + 16^{30(4)}20_{\max}^{15(3)} + 16^{5(2)}20_{\max}^{15(3)}$$

$$P_{\min}^{5(2)} = 25,925 + 0,1 + 0,08 + 0,06 = 26,165$$

$$P_{\text{ном}}^{5(2)} = 26,165 - (-0,15) = 26,315$$

$$P^{5(2)} = 26,3 \begin{pmatrix} -0,15 \end{pmatrix}$$

$$2P^{5(2)} = 52,6 \begin{pmatrix} -0,3 \end{pmatrix}$$

$$Z_{16\max}^{30(4)} = 26,3 - 25,865 - (-0,08) - (-0,06) = 0,575$$

$$Z_{16\max}^{30(4)} = 0,575.$$

$$17. [Z_{25}^{5(4)}] = Я^{5(4)} - Я^0 - 16^{5(2)}25^{5(4)} - 16^{5(2)}20^0 - 20^025^0$$

$$Z_{25\min}^{5(4)} = 0,36$$

$$Я^{5(4)} = 17,7 \begin{pmatrix} +0,125 \end{pmatrix}$$

$$TЯ^0 = 0,5 \begin{pmatrix} +0,15 \\ -0,35 \end{pmatrix}$$

$$16^{5(2)}25^{5(4)} = \pm 0,1$$

$$16^{5(2)}20^0 = \pm 0,1$$

$$20^025^0 = \pm 0,3$$

$$Z_{25\min}^{5(4)} = Я_{\min}^{5(4)} - Я_{\max}^0 - 16^{5(2)}25_{\max}^{5(4)} - 16^{5(2)}20_{\max}^0 - 20^025_{\max}^0$$

$$Я_{\max}^0 = Я_{\min}^{5(4)} - Z_{25\min}^{5(4)} - 16^{5(2)}25_{\max}^{5(4)} - 16^{5(2)}20_{\max}^0 - 20^025_{\max}^0$$

$$Я_{\max}^0 = 17,7 - 0,36 - 0,1 - 0,1 - 0,3 = 16,84$$

$$Я_{ном}^0 = 16,84 - 0,15 = 16,7$$

$$Я^0 = 16,7 \begin{pmatrix} +0,15 \\ -0,35 \end{pmatrix}$$

$$2Я^0 = 33,4 \begin{pmatrix} +0,3 \\ -0,7 \end{pmatrix}$$

$$Z_{25\max}^{5(4)} = 17,825 - 16,35 + 0,1 + 0,3 + 0,1 = 1,975$$

$$Z_{25\max}^{5(4)} = 1,975.$$

### 2.3.2 Проверка точности разработанного технологического процесса

- $[Y] = F + Y^{30(6)}$   
 $Y = 24,96^{-0,08}$   
 $Y_{\min} = 24,88$   
 $\Delta H Y^{30(6)} = -0,0185$   
 $F = 0,009 \dots 0,015$   
 $Y_{\max} = F_{\max} + Y_{\max}^{30(6)}$   
 $Y_{\max}^{30(6)} = Y_{\max} - F_{\max} = 24,96 - 0,015 = 24,945$   
 $Y_{\min}^{30(6)} = Y_{\min} - F_{\min} = 24,88 - 0,009 = 24,871$   
 $Y^{30(6)} = 24,9^{-0,0185}$
- $[N] = N^{30(5)} - F$   
 $F = 0,009 \dots 0,015$   
 $N = 6^{+0,0215}$   
 $N_{\max} = N_{\max}^{30(5)} - F_{\min}$   
 $N_{\max}^{30(5)} = N_{\max} + F_{\min}$   
 $N_{\max}^{30(5)} = 6,0215 + 0,009 = 6,0305$   
 $N_{\min}^{30(5)} = 6 + 0,015 = 6,015$   
 $N^{30(5)} = 6,015^{+0,0155}$
- $[C] = F + C^{35(9)}$   
 $C = 25,497^{-0,08}$   
 $F = 0,009 \dots 0,015$   
 $C_{\max} = F_{\max} + C_{\max}^{35(9)}$   
 $C_{\max}^{35(9)} = C_{\max} - F_{\max} = 25,497 - 0,015 = 25,482$   
 $C_{\min}^{35(9)} = C_{\min} - F_{\min} = 25,417 - 0,009 = 25,358$   
 $C^{35(9)} = 25,45^{-0,1}$
- $[Ш] = F + Ш^{40}$   
 $Ш = 20,497^{-0,08}$   
 $F = 0,009 \dots 0,015$   
 $\Delta H Ш^{40} = -0,07$



$$\begin{aligned} \text{Ш}_{\max} &= F_{\max} + \text{Ш}_{\max}^{40} \\ \text{Ш}_{\max}^{40} &= \text{Ш}_{\max} - F_{\max} = 20,497 - 0,015 = 20,482 \\ \text{Ш}_{\min}^{40} &= \text{Ш}_{\min} - F_{\min} = 20,422 - 0,009 = 20,413 \\ \text{Ш}^{40} &= 20,48_{-0,07} \end{aligned}$$

### 2.3.3 Расчет межоперационных размеров и размеров заготовки

В ходе расчетов получаем исходные размеры заготовки в соответствии с рисунком 7.

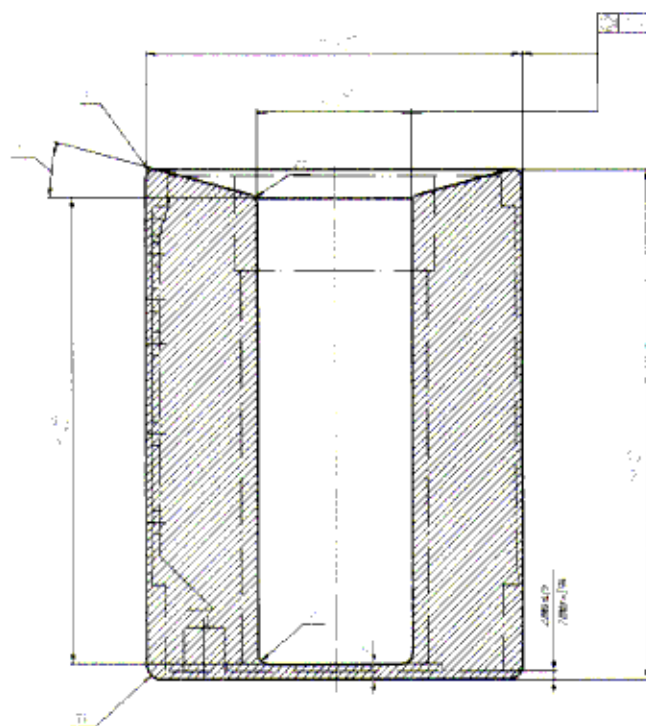


Рисунок 7 – Исходные размеры заготовки

### 2.4 Расчет режимов резания, определение силы резания, проверка оборудования по мощности

Элементами режимов резания являются:

1) Глубина резания ( $t$ ).

При черновой обработке назначают по возможности максимальную, равную всему припуску на обработку или большей его части.

При чистовой обработке – в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обработанной поверхности.

2) Подача ( $S$ ).

При черновой обработке выбирают максимально возможную подачу, исходя из жесткости и прочности СПИД, мощности привода станка и других ограничивающих факторов.

3) Скорость резания ( $V$ ).

Рассчитывают по эмпирической формуле, установленной для каждого вида обработки.

										Лист
										38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	151900.2016.127.000 ПЗ					

$$V_{\text{рез}} = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где  $C_v$  – коэффициент характеризующий материал и условия обработки;

$T$  – период стойкости инструмента, мин;

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$K_v$  – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий условия резания;

$m, x, y$  – показатели степени.

Для фрезерной обработки:

$$V_{\text{рез}} = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v,$$

где  $S$  – подача, мм/об ( $S_z = S/z$  мм/зуб);

$T$  – период стойкости фрезы, мин;

$B$  – ширина фрезерования, мм;

$z$  – число зубьев фрезы;

$t$  – глубина фрезерования, мм;

$C_v$  – постоянная скорости;

$q, m, x, y, p, u$  – показатели степени.

Значение коэффициента  $C_v$ , показателей степени ( $m, x, y, q, u, p$ ) и период стойкости  $T$  инструмента, применяемого для данного вида обработки, приведены в таблицах для каждого вида обработки.

Для получения действительного значения скорости резания ( $V_{\text{рез}}$ ) с учетом конкретных значений  $t, S, T$  вводится поправочный коэффициент  $K_v$ , который равен произведению ряда коэффициентов:

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

где  $K_{mv}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{uv}$  – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$K_{nv}$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки.

Значения коэффициентов определяются по таблицам для каждого вида обработки.

Частота вращения шпинделя  $n$ :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

где  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Отсюда можно определить скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}.$$

4) Сила резания ( $P_z$ ).

Под силой резания обычно подразумевают ее главную составляющую  $P_z$ , определяющую расходуемую на резание мощность  $N$  и крутящий момент  $M_{кр}$  на шпинделе станка.

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Для токарной обработки силу резания рассчитывают по формуле:

$$P_z(P_y; P_x) = C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где  $C_p$  – постоянная резания;

$V$  – скорость резания, м/мин;

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$K_p$  – общий поправочный коэффициент на силу резания, учитывающий условия резания;

$x, y, n$  – показатели степени.

Поправочный коэффициент  $K_p$  представляет собой произведение коэффициентов учитывающих изменение против табличных условий резания:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{фр} \cdot K_{гp} \cdot K_{лp} \cdot K_{гp},$$

где  $K_{mp}$  – коэффициент, учитывающий влияние механических свойств обрабатываемого материала на силы резания;

$K_{фр}, K_{гp}, K_{лp}, K_{гp}$  – коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров резца.

Для фрезерной обработки силу резания рассчитывают по формуле:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp},$$

где  $B$  – ширина фрезерования;

$z$  – число зубьев фрезы;

$t$  – глубина фрезерования;

$n$  – число оборотов фрезы в минуту, об/мин;

$C_p$  – постоянная скорости;

$q, x, y, u, w$  – показатели степени.

$K_{mp}$  – общий поправочный коэффициент на силу резания.

Постоянная  $C_p$  для данных (расчетных) условий резания и показатели степени ( $x, y, n, q, u, w$ ) для каждой из составляющих силы резания приведены в таблицах.

Мощность резания рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V_{рез}}{102 \cdot 60},$$

При сверлении глубина резания рассчитывается по формуле:

$$t = 0,5D,$$

где  $D$  – диаметр сверла, мм

$t$  – глубина резания по формуле

Скорость резания при сверлении:

$$V_{рез} = \frac{C_v D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где  $T$  – стойкость сверла, мин

$s$  – подача мм/об

									Лист
									40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$C_v, m, q, x, y, K_v$  – табличные коэффициенты для сверления, учитывающие условия обработки

Крутящий момент находится по формуле

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_M,$$

где  $M_{кр}$  – крутящий момент при сверлении;

$C_M, q, y, K_M$  – табличные коэффициенты для сверления, учитывающие условия обработки

Окружная сила резания при сверлении:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p,$$

где  $P_o$  – окружная сила резания;

$C_p, q, y, K_p$  – табличные коэффициенты для сверления, учитывающие условия обработки.

Мощность резания при сверлении рассчитывается по следующей формуле

$$N_c = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}$$

где  $N_c$  – мощность резания при сверлении.

Рассчитаем аналитическим методом режимы резания для токарной операции 005 перехода 1, операции 015 и для фрезерной операции 35.

Токарная операция 005.

Станок – 1К62. Мощность электродвигателя 11 (кВт).

Переход 1.

Обрабатываемая поверхность (1). Припуск на обработку поверхности (1) равен 3,83 мм. Подачу для чернового точения выбираем по таблице 2,4 [6].

Для данного перехода принимаем:  $t = 1,83$  мм;  $S = 0,8$  мм/об,  $T = 60$  мин.

Рассчитаем скорости резания для черновой обработки по формуле (13.1):

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,83^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,9 = 136,2 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя (n):

$$n = \frac{1000 \cdot 122}{3,14 \cdot 189} = 229,6 \text{ об/мин.}$$

Так как у применяемого станка 1К62 ступенчатая коробка скоростей, то принимаем ближайшую меньшую частоту вращения шпинделя (n) и делаем пересчет скорости резания (V).

$n = 200$  об/мин

$$V = \frac{3,14 \cdot 189 \cdot 200}{1000} = 118 \text{ м/мин.}$$

Силы резания:

$$P_z = 300 \cdot 1,83^1 \cdot 0,8^1 \cdot 118^0 \cdot 0,87 = 382 \text{ Н.}$$

Мощности резания:

$$N_{\text{числ}} = \frac{382 \cdot 118}{102 \cdot 60} = 7 \text{ кВт.}$$

Сведем в таблицы 2 и 3 полученные расчетные данные.

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Сведем в таблицы 2 и 3 полученные расчетные данные.

Таблица 2 – Режимы резания, рассчитанные аналитическим методом

№ перехода	Глубина резания, t,(мм)	Подача S,(мм/об)	Скорость резания V,(м/мин)	Частота вращения n,(об/мин)	Стойкость инструмента T,(мин)
Операция					
1	1,83	0,8	118	200	60
Операция					
1	2,25	0,8	132	222	60
	1,42	0,25	209	352	60
2	1,91	0,4	180	611	60
	0,62	0,144	272	910	60
3	1,91	0,4	180	570	60
	0,62	0,25	244	762	60
4	1,22	0,8	148	272	60
	0,55	0,144	451	835	60
Операция (фрезерно-сверлильная)					
1	1,75	0,08	27	2456	60
2	4,5	0,3	12,4	316	60
3	0,25	0,3	22	539	60
4	0,8	0,08 (мм/зуб)	73	1937	120
5	15	0,04 (мм/зуб)	75	1592	120
6	0,25	0,3 (мм/зуб)	108	2866	120

Рассчитаем табличным методом режимы резания для всех операций

Таблица 3 – Расчет режимов резания табличным методом

№ перехода	№ поверхности	Глубина резания, t, (мм)	Подача S, (мм/об)	Скорость резания V, (м/мин)	Частота вращения n, (об/мин)	Стойкость инструмента T, (мин)
1	2	3	4	5	6	7

## Продолжение таблицы3

Операция (токарная)						
2	2	2,42	0,8	126	443	60
3	3	1,91	0,8	118	200	60
Операция (токарная)						
1	4	3,21	0,8	125	211	60
2	2	2,42	0,8	126	443	60
3	3	1,91	0,8	118	200	60
Операция (токарная)						
1	1	1,22	0,8	145	244	60
	2	1,23	0,8	145	266	60
2	1	0,54	0,25	241	446	60
	2	0,55	0,25	241	446	60
3	4	0,99	0,8	149	254	60
	5	0,99	0,8	149	254	60
4	4	0,5	0,25	244	417	60
	5	0,5	0,25	244	417	60
Операция (фрезерно-сверлильная)						
1	4	9	0,3	21	368	90
2	4	2,3	0,08(мм/зуб)	95	2024	120
3	5	0,75	0,08	14	3060	60
4	6	0,75	0,08	14	3060	60
5	5	3,4	0,16	28	1304	90
6	6	2,1	0,12	28	2129	90
7	7	2,6	0,26	14	360	90
8	8	1,75	0,08	27	2456	60
9	8	4,5	0,2	20	1430	90
10	8	0,125	0,3	23	798	60
11	9	0,8	0,08(мм/зуб)	73	1937	120

12	10,12, 13	0,5	0,08	14	3060	60
13	10, 13	1,7	0,12	18	1742	90
14	11, 12	2,5	0,16	15	588	90
15	11, 12	2,6	0,3	12	300	90
16	14, 15, 16	4,5	0,1 (мм/зуб)	50	3590	120
17	14, 15, 16	0,75	0,1 (мм/зуб)	64	4100	120
18	17	0,5	0,08	14	3060	60
19	17	1,7	0,12	18	1742	90

## 2.5 Нормирование технологических операций

Технологическая норма времени на обработку заготовок является одним из основных параметров для расчета стоимости изготовления детали, числа производственного оборудования, заработной платы рабочих и планировки производства.

Технологическую норму времени определяют на основе технических возможностей технологической оснастки, режущего инструмента, станочного оборудования и правильной организации рабочего места.

Общая норма времени на механическую обработку одной заготовки на станке с ЧПУ определяют по формуле:

$$t_{шт} = (t_a + t_{в.р} \cdot K_{т.в}) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right),$$

где  $t_a$  – время автоматической работы станка по программе, мин;

$t_{в.р}$  – время выполнения ручной вспомогательной работы, не перекрываемой временем автоматической работы станка, мин;

$K_{т.в}$  – поправочный коэффициент на время ручной вспомогательной работы;

$K$  – суммарное время на обслуживание рабочего места, на отдых и личные надобности, в процентах от оперативного времени.

Время  $t_a$  учитывает два элемента:

$$t_a = t_{о.а} + t_{в.а},$$

где  $t_{о.а}$  – основное программное время, мин;

$t_{в.а}$  – вспомогательное программное время, мин.

$$t_{о.а} = \sum_{i=1}^m \left( \frac{L_i}{n_i \cdot S_i} \right),$$

где  $m$  – число участков обработки;

$L_i$ ,  $n_i$ ,  $S_i$  – соответственно расчетная длина обработки, число оборотов и подача на  $i$ -м участке.

$$t_{в.а} = t_x + t_{ост.},$$

где  $t_x$  – время автоматической вспомогательной работы (время холостых ходов), мин;

$t_{ост.}$  – время технологических остановок (остановок вращения шпинделя подачи для проверки размеров, осмотра или смены инструмента и т.п.), мин.

Время выполнения ручной вспомогательной работы, не перекрываемое временем автоматической работы станка  $t_{в.р.}$ :

$$t_{в.р.} = t_{в.у.} + t_{в.и.} + t_{в.оп.},$$

где  $t_{в.у.}$  – вспомогательное время на установку и снятие заготовки, мин;

$t_{в.и.}$  – вспомогательное время на контрольные измерения, мин;

$t_{в.оп.}$  – вспомогательное время на работы и команды, связанные с выполнением операции.

В серийном и единичном производстве за техническую норму времени принимают штучно-калькуляционное время:

$$T_{штк} = t_{шт} + \left( \frac{T_{п.з.}}{n_d} \right),$$

где  $T_{п.з.}$  – подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на подготовку и наладку станка для обработки данной партии деталей, получение необходимой технологической оснастки, документации, а также на сдачу обработанных деталей, документации и оснастки, мин;

$n_d$  – число обрабатываемых деталей в партии.

Обработку ведем партиями деталей по 50 штук, подготовительно-заключительное время на каждый станок назначаем равным 70 мин.

Токарная операция.

Станок 16К30Ф323.

Определяем время  $t_{о.а.}$ ,  $t_{в.а.}$ ,  $t_a$ ,  $t_{в.р.}$ :

$$t_{о.а.} = (0,43+0,78) + (1,12+1,66) + (0,27+0,33) + (0,46+0,65) = 5,7 \text{ мин}$$

$$t_{в.а.} = 0,06 \cdot 8 + 0,2 + 0,6 = 1,28 \text{ мин}$$

$$t_a = 5,7 + 1,28 = 6,98 \text{ мин}$$

$$t_{в.р.} = 2,1 + 0,5 = 2,6 \text{ мин}$$

$$K_{тв} = 1,3$$

$$K = 4,6\%$$

Тогда общая норма времени:

$$t_{шт}^{0,50} = (6,98 + 2,6 \cdot 1,3) \cdot (1 + 0,046) = 10,84 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{штк}^{0,50} = 10,84 + \left( \frac{70}{50} \right) = 12,24 \text{ мин}$$

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Токарная операция.

Станок 16К30В323.

Определяем время  $t_{о.а}$ ,  $t_{в.а}$ ,  $t_a$ ,  $t_{в.р}$ :

$$t_{о.а} = (0,26 + 0,5) + (0,6 + 1,3) + (1,1 + 2,2) + 2,2 = 8,16 \text{ мин}$$

$$t_{в.а} = 0,06 \cdot 7 + 0,2 + 0,6 = 1,22 \text{ мин}$$

$$t_a = 8,16 + 1,22 = 9,38 \text{ мин}$$

$$t_{в.р} = 2,8 + 0,5 = 3,3 \text{ мин}$$

$$K_{т.в} = 1,3$$

$$K = 4,6\%$$

Тогда общая норма времени:

$$t_{шт} = (9,38 + 3,3 \cdot 1,3) \cdot (1 + 0,046) = 14,3 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт}^{060} = 14,3 + \left(\frac{70}{50}\right) = 15,7 \text{ мин}$$

Фрезерная операция.

Станок HERMLE C800U.

Определяем время  $t_{о.а}$ ,  $t_{в.а}$ ,  $t_a$ ,  $t_{в.р}$ :

$$t_{о.а} = 0,03 + 0,13 + 0,15 + 0,16 + 0,62 + 0,35 = 1,44 \text{ мин}$$

$$t_{в.а} = 0,1 \cdot 6 + 0,7 = 1,3 \text{ мин}$$

$$t_a = 1,44 + 1,3 = 2,74 \text{ мин}$$

$$t_{в.р} = 1,5 + 0,5 = 2,0 \text{ мин}$$

$$K_{т.в} = 1,3$$

$$K = 4,6\%$$

Тогда общая норма времени:

$$t_{шт}^{090} = (2,74 + 2,0 \cdot 1,3) \cdot (1 + 0,046) = 5,6 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт}^{090} = 5,6 + \left(\frac{70}{50}\right) = 7 \text{ мин}$$

Фрезерная операция 110.

Станок HERMLE C800U.

Определяем время  $t_{о.а}$ ,  $t_{в.а}$ ,  $t_a$ ,  $t_{в.р}$ :

$$t_{о.а} = 17,32 \text{ мин}$$

$$t_{в.а} = 0,1 \cdot 19 + 2,5 = 3,4 \text{ мин}$$

$$t_a = 17,32 + 3,4 = 20,72 \text{ мин}$$

$$t_{в.р} = 2,5 + 0,5 = 3 \text{ мин}$$

$$K_{т.в} = 1,3$$

$$K = 4,6\%$$

Тогда общая норма времени:

$$t_{шт}^{110} = (20,72 + 3 \cdot 1,3) \cdot (1 + 0,046) = 25,8 \text{ мин}$$

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Штучно-калькуляционное время:

$$T_{штк}^{110} = 25,8 + \left(\frac{70}{50}\right) = 27,2 \text{ мин}$$

Рассчитаем также технические нормы времени на оставшиеся операции и сведем все получившиеся значения в таблицу 5.

Токарная операция 030. Станок 1К62.  $T_{штк}^{030} = 5,8$  мин

Токарная операция 040. Станок 1К62.  $T_{штк}^{040} = 5,8$  мин

Токарная операция 080. Станок 1К62.  $T_{штк}^{080} = 2,41$  мин

Таблица 4 – Нормы времени по операциям для проектируемого техпроцесса

Наименование операций	Время на операцию, мин
Токарные	14,01
Токарные ЧПУ	27,94
Фрезерные ЧПУ	34,2
Слесарные	20,3
Сверлильные	0,8
Моечные	2,1
Контрольные	21,2
Итого	120,85

Таблица 5– Нормы времени по операциям для базового техпроцесса

Наименование операций	Время на операцию, мин
Токарные	67,8
Фрезерные ЧПУ	21,4
Фрезерные	18,6
Расточные	9,22
Слесарные	20,3
Сверлильные	3,5
Моечные	1,7
Контрольные	21,2
Итого	164,02

Вывод по разделу два

В этом разделе рассмотрена деталь «Цилиндр» и произведен анализ технологичности, а так же определен ряд конструкторских предложений по улучшению технологии изготовления детали.

Определено количество переходов и их последовательность для достижения точности и шероховатости при обработке поверхностей, а так же произведено формирование операций.

С помощью проекций профиля на оси OX и OZ. Произведено преобразование и кодирование чертежа детали. Каждому размеру присвоено буквенное

обозначение и определены допуски межоперационных размеров на каждом переходе. Составлены маршрут обработки детали и размерные схемы линейных, диаметральных размеров и пространственных отклонений.

Произведен расчет минимально требуемых припусков под обработку для всех обрабатываемых поверхностей. По итогам размерного анализа построен эскиз заготовки.

Выполнены расчеты режимов резания и нормирование технологического процесса.

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1 Проектирование фрезерного приспособления

##### 3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования

Необходимо спроектировать приспособление для выполнения фрезерно-сверлильной операции 035 (операция выполняется на сверлильно-фрезерно-расточном станке марки «HERMLE C800U»).

Все габаритные и наиболее точные размеры детали будут выполнены на предшествующей операции в размеры чертежа.

Установка детали осуществляется на плоскую поверхность (1), внутреннюю цилиндрическую поверхность  $\varnothing 95,2^{+0,07}$ , фиксация угловой координаты производится по срезанному пальцу и пазу  $15,4^{+0,12}$ .

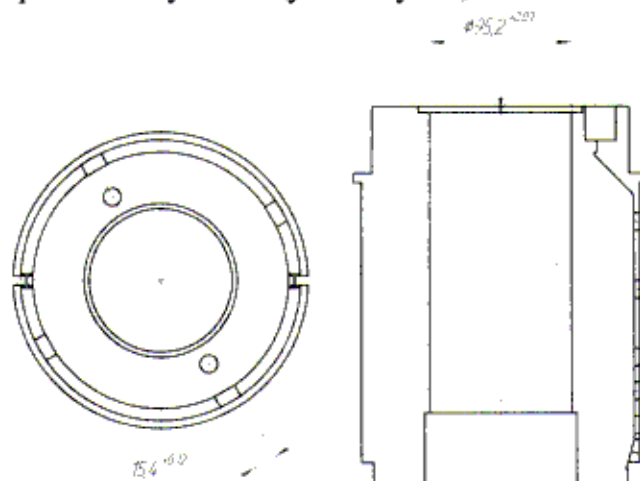


Рисунок 8 – Схема базирования детали на 35 операции

##### 3.1.2 Проектирование схемы приспособления и расчет его элементов

Приспособление на данной операции используется стационарно, то есть оно неподвижно и устанавливается на станок на время обработки данной партии деталей. На столе станка приспособление расположено горизонтально, фиксируется болтами. Приспособление должно обеспечить надежное закрепление заготовки, предотвращающее возможность поворота заготовки при фрезеровании под действием сил резания.

Станок имеет три стола: прямоугольный с размерами (длина x ширина) 910x525 мм, квадратный размером ~ 370 мм и круглый  $\varnothing 280$  мм.

Проектируемое приспособление для данной детали будет крепиться на столе станка, положение определяется с помощью двух установочных цилиндрических пальцев и фиксируется болтами, устанавливается на квадратном столе станка.

Обоснование выбора пневмопривода, достоинства и недостатки.

Станок HERMLE C800U может оснащаться пневмо или гидростанцией, входящей в комплект поставки станка и заказываемой как опция. Применение

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

пневмостанции дает возможность использовать станочные приспособления с пневмоприводом, что актуально в условиях серийного производства.

Широкому распространению пневматических приводов способствует как большое разнообразие их конструкций, так и присущие им преимущества:

- 1) Быстрота действия (0,5 ... 1,2 сек.) привода, которая достигается благодаря большой скорости течения сжатого воздуха по трубопроводам
- 2) Постоянство силы зажима
- 3) Возможность регулирования силы зажима
- 4) Независимость работоспособности от колебаний температуры окружающей среды (при низких температурах окружающей среды сжатый воздух не замерзает в трубопроводах).

Пневмоприводы состоят из силового узла, пневматической аппаратуры и воздухопроводов. В качестве силового узла применяем пневмокамеру с диафрагмой двустороннего действия.

По методам компоновки с приспособлениями приводы могут быть встроенными, прикрепляемыми и универсальными. На рисунке 9 изображена пневматическая схема.

По сравнению с поршневыми приводами диафрагменные имеют следующие преимущества:

- 1) Изготовление камер значительно проще и дешевле
- 2) Камеры компактны и имеют небольшой вес
- 3) Сжатый воздух не образует горючих и взрывоопасных смесей
- 4) Сжатый воздух не загрязняет окружающую среду
- 5) У камер одностороннего действия отсутствуют и исключаются утечки воздуха, а у камер двустороннего действия требуются уплотнения только штока

Основные недостатки пневмокамер:

- 1) Небольшой ход и непостоянство развиваемых усилий
- 2) Шум при выпуске воздуха из приводов
- 3) Большая стоимость энергии сжатого воздуха по сравнению с электроэнергией при выполнении той же работы.

Приводы применяются:

- 1) Для вращающихся приспособлений (патроны, оправки)
- 2) Для стационарных приспособлений, закрепленных на столах фрезерных, сверлильных и других станков
- 3) Для приспособлений, установленных на вращающихся и делительных столах при непосредственном фрезеровании и позиционной обработке.

Во всех этих случаях монтажные схемы приводов имеют свои особенности.

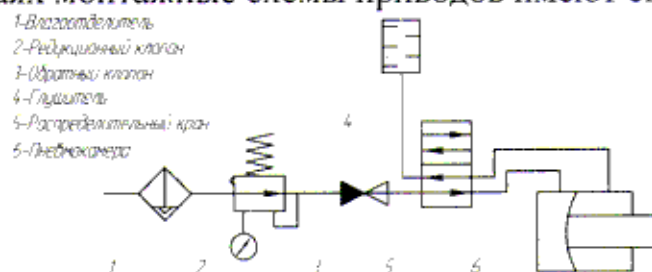


Рисунок 9 – Пневматическая схема

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50



### Принцип работы механизма.

Сжатый воздух из пневмодвигателя поступает во влагоотделительное устройство 1 теряет часть влаги и в осушенном состоянии проходит через редукционный клапан 2, регулирующий его давление (в пределах, не превышающих давление в сети). Управление работой привода осуществляют с помощью распределительного крана 5. Обратный клапан 3 препятствует быстрому падению давления воздуха в приводе в случае нарушения работы сети. Шток в свою очередь с помощью прижима осуществляет прижим заготовки к опорной поверхности приспособления. Для возвращения штока в исходное положение применяют второй штуцер. Камера является встроенной в приспособление и к столу станка крепится болтами. На рисунке 10 изображена схема приспособления.

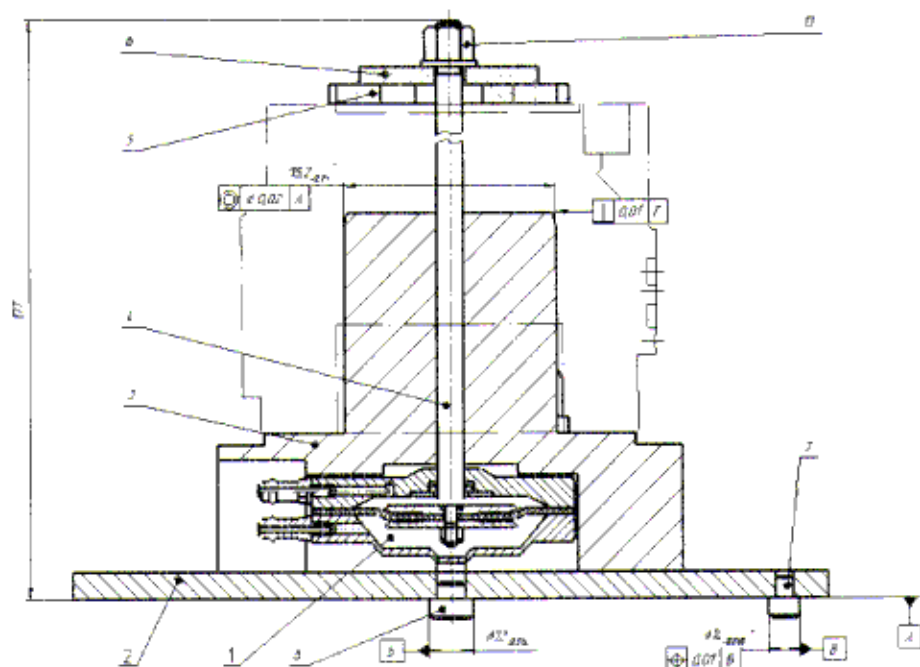


Рисунок 10 – Схема фрезерного приспособления

Надежность и долговечность работы пневмопривода будет во многом зависеть от правильного построения и выбора схемы подвода сжатого воздуха и применяемой пневмоаппаратуры. От разработки принципа работы механизма пневмопривода также будет зависеть безопасность и надежность работы зажимного устройства.

В нашем случае пневмопривод будет работать следующим образом.

Зажим и отжим заготовки производится с помощью разработанного в этом проекте пневмопривода. Пневмокамера состоит из корпуса и крышки, между которыми зажата диафрагма плоской формы. Зажим заготовки осуществляется при рабочем движении штока пневмокамеры, на конце которого располагается опорная шайба.

Определим величину силы закрепления на основе расчета по усилиям резания. Ориентируемся на самые не выгодные условия обработки, при которых сила резания ( $P_z$ ) максимальна.



Величину силы зажима и ее направление определяем в зависимости от сил резания и их моментов, действующих на обрабатываемую деталь.

На обрабатываемую деталь действуют силы резания от сверления, растачивания и фрезерования, а также их моменты. Согласно исходным данным режимы резания при сверлении и растачивании невелики по сравнению с режимами резания при фрезеровании. Поэтому силу зажима будем определять в зависимости от сил резания при фрезеровании.

Определяем силу резания при фрезеровании (окружная сила) по формуле ([5], с. 282):

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^g \cdot n^w} \cdot K_{mp},$$

где  $P_z$  – окружная сила, Н;

$B$  – ширина фрезы,  $B = 22,5$  мм;

$t$  – подача на зуб,  $t = 0,08$  мм/зуб;

$K_{mp}$  – поправочный коэффициент для алюминия,  $K_{mp} = 1$  ([5], табл. 9, с. 264);

$z$  – число зубьев фрезы,  $z = 3$ ;

$C_p, x, y, u, g, w$  – коэффициенты и показатели степеней,  $C_p = 12,5$ ;  $x = 0,85$ ;  $y = 0,75$ ;  $u = 1,0$ ;  $g = 0,73$ ;  $w = -0,13$  ([5] табл. 41, с. 291).

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 2,3^{0,85} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 22,5^1 \cdot 3}{15^{0,86} \cdot 2024^{-0,13}} \cdot 1 = 675,1 \text{ Н.}$$

Сила  $P_z$  стремится повернуть заготовку относительно точки  $O$  (которая совпадает с точкой приложения силы  $Q$ ), поэтому нам нужно найти силу  $Q$ , которая прижмет заготовку к приспособлению.

Сила закрепления  $Q$  должна быть достаточной для предупреждения смещения установленной в приспособлении заготовки. Силу закрепления  $Q$  найдем из уравнения:

$$P_z \cdot l = \left( Q \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{D_1^3 - d_1^3}{D_1^2 - d_1^2} \cdot f_{тр} \right) + \left( Q \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{D_2^3 - d_2^3}{D_2^2 - d_2^2} \cdot f_{тр} \right),$$

где  $l$  – плечо силы,  $l = 77,5$  мм;

$D_1, d_1$  – диаметры прижимной шайбы;

$D_2, d_2$  – диаметры опорной пластины;

$f_{тр}$  – коэффициент трения,  $f_{тр} = 0,15$ .

$$Q = \frac{3 \cdot P_z \cdot l}{\left( \frac{D_1^3 - d_1^3}{D_1^2 - d_1^2} + \frac{D_2^3 - d_2^3}{D_2^2 - d_2^2} \right) \cdot f_{тр}} = \frac{3 \cdot 675,1 \cdot 140}{\left( \frac{110^3 - 95,2^3}{110^2 - 95,2^2} + \frac{170^3 - 100^3}{170^2 - 100^2} \right) \cdot 0,15} = 5234,8 \text{ Н} = 523,5 \text{ кгс.}$$

В расчетах сил закрепления вводят коэффициент запаса  $k$ . Он необходим для обеспечения надежности зажимных устройств, так как вырыв или смещение заготовки при обработке недопустимо. Коэффициент  $k$  учитывает неточность расчетов, непостоянство условий обработки и установки заготовок.

Коэффициент  $k$  рассчитывается по формуле:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

где  $k_0$  – коэффициент учитывающий неточность расчетов,  $k_0 = 1,5$ ;

$k_1$  – коэффициент учитывающий случайные неровности,  $k_1 = 1$ ;

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	151900.2016.127.000 ПЗ				

$k_2$  – коэффициент учитывающий увеличение сил резания от прогрессирующего затупления режущего инструмента,  $k_2 = 1,1$ ;

$k_3$  – коэффициент учитывающий увеличение силы резания прерывистом резании,  $k_3 = 1,1$ ;

$k_4$  – коэффициент характеризующий зажимное устройство с точки зрения постоянства им сил,  $k_4 = 1$ ;

$k_5$  – коэффициент учитывают только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку,  $k_5 = 1$ .

$k_6$  – коэффициент на неопределенность положения мест контакта заготовки с опорами и зажимами,  $k_6 = 1,3$ .

Тогда  $k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 = 2$ .

Найденную силу закрепления  $Q$  увеличиваем на коэффициент запаса, получаем:

$$Q = 523,5 \cdot 2 = 1047 \text{ кгс.}$$

Сила зажима приспособления 20000 Н, что обеспечивает надежную фиксацию заготовки в пределах обработки на 110 операции.

### 3.1.3 Расчет погрешности базирования

Расчет погрешности установки.

Погрешность установки  $E_y$ , как одна из составляющих общей погрешности выполняемого размера, суммируется из погрешностей базирования  $E_b$ , закрепления  $E_z$  и погрешности положения заготовки, вызываемой неточностью приспособления  $E_{пр}$ . По своему физическому смыслу величина  $E_y$  выражает погрешность положения установки.

$$E_y = \sqrt{E_b^2 + E_z^2 + E_{пр}^2}.$$

Погрешность базирования  $E_b$  – это отклонение фактического положения заготовки от требуемого. Оно возникает при не совмещении измерительной и технологической баз заготовки. Таким образом, погрешность базирования – это расстояние между предельным положением проекции измерительной базы на направление выполняемого размера,  $E_b = 0,118$  мм.

Погрешность закрепления заготовки  $E_z$  – представляет собой разность наибольшей и наименьшей проекций смещений измерительной базы на направлении выполняемого размера при приложении к заготовке силы закрепления. Применяем пневматический гайковерт с постоянной силой затяжки, т.е.  $E_z = 0$ .

Погрешность положения заготовки  $E_{пр}$  – вызываемая неточностью приспособления определяется погрешностями при изготовлении и сборки его установочных элементов  $E_{у.с.}$ , износом  $E_{и.}$  и ошибками установки приспособления на станке  $E_c$ .

$E_{у.с.}$  – погрешность, возникающая при изготовлении и сборке установочных элементов (то есть неточность положения установочных элементов). Практически

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

эта погрешности очень мала (так как установочные элементы самая точная часть приспособления),

$$E_{yc} = 0,01 \dots 0,02 \text{ мм};$$

$E_c$  – погрешность установки приспособления на станке (то есть насколько выверено положение приспособления на станке). В серийном и мелкосерийном производстве приспособления ставят несколько раз. Погрешность установки является величиной не компенсирующей (при настройке станка ее не учитывают).

Принимаем  $E_c = 0,01$  мм;

$E_n$  – погрешность, связанная с износом установочных элементов.

Эта величина зависит:

- от программного выпуска (годовая программа выпуска данной детали 5000 шт.);
- срока службы приспособления;
- конструкции и размеров установочных элементов (выпуклость и плоскость);
- материала и массы заготовки;
- состояния ее базовой поверхностей.
- условий установки заготовки в приспособлении и ее снятия (установка с зазором, установка и снятие вручную).

$$u = E_n = \beta_1 \cdot N^n,$$

где  $N$  – число контактов заготовки с опорой;

$\beta_1$  – постоянная,  $\beta_1 = 0,5$ ;

$n$  – степень,  $n = 0,4$ .

$$u = E_n = 0,5 \cdot 5000^{0,4} = 15 \text{ мкм}.$$

Все эти погрешности влияют на расстояние между измерительной и технологической базами.

$$E_{пр} = t \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot E_n^2 + \lambda_2 \cdot E_c^2} + E_{yc},$$

где  $E_{yc}$  – величина постоянная;

$t$  – коэффициент, учитывающий долю возможного брака. Во избежание неприятных случайностей  $t$  завышают в 3 раза и берут  $t = 3$ ;

Доказано, что  $E_n$  – изменяется по закону равной вероятности, а  $E_c$  – по закону нормального распределения (кривая Гаусса):

$$E_{пр} = 3 \cdot \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 0,015^2 + \frac{1}{9} \cdot 0,01^2} + 0,01 = 0,02 \text{ мм}.$$

Тогда погрешность установки для приспособления:

$$E_y = \sqrt{0,02^2 + 0,118^2} = 0,12 \text{ мм}.$$

### 3.2 Проектирование борштанги для чистовой расточки

В данной работе спроектирована борштанга для расточки отверстия  $\varnothing 95,2^{+0,07}$ . Основным ее преимуществом в условиях мелкосерийного производства является

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54



универсальность. Ее можно использовать при обработке других деталей подобного типа.

Растачивание данного отверстия предполагается производить в два прохода. При черновой обработке глубина резания обычно равна всему припуску. При чистовой обработке с шероховатостью поверхности до 5-го класса чистоты включительно глубина резания  $t=0,5 \div 2,0$  мм. При чистовой обработке с шероховатостью поверхности до 6 и 7 класса чистоты включительно глубина резания  $t=0,1 \div 0,4$  мм.

Так как обрабатываемая поверхность имеет 6 класс чистоты поверхности, то глубину резания берем  $t=0,3$  мм, значит, предварительный резец будет обрабатывать диаметр равным

$$D = 95,2 - 2 \cdot (0,3) = 94,6 \text{ мм.}$$

Широкое распространение в серийном производстве получили резцы - блоки, состоящие из одной пары регулируемых резцов (предварительного и чистового).

Расточные державочные резцы при обработке сквозных отверстий располагают перпендикулярно оси расточной державки. Двусторонние резцы лучше обеспечивают геометрическую форму и размер отверстия, более виброустойчивы.

Растачивание отверстий односторонними резцами - низкая производительность в условиях мелкосерийного производства. Блок для чистовой расточки состоит из двух диаметрально расположенных резцов. Для тонкой расточки по стали, применяют твердосплавные резцы. Геометрия резцов выбирается в зависимости от вида и свойств обрабатываемого материала.

По [3] выбираем геометрические параметры резца для тонкой расточки:

Для стали:

задний угол  $\alpha = 8^\circ$ ;

передний угол  $\gamma = -7^\circ$ ;

угол в плане  $\varphi = 6^\circ$ ;

угол в плане  $\varphi_1 = 40^\circ$ ;

угол наклона режущей кромки  $\lambda = 15^\circ$ .

Величина радиуса закругления вершины резца  $R0,5$  мм.

Державки резцов для тонкой расточки имеют круглое сечение. Для односторонней расточки напроход  $\varphi = 60^\circ$ .

Теперь произведем расчет диаметра резца при круглом сечении:

$$d = \sqrt{\frac{32 \cdot P_z \cdot l}{\pi \cdot \delta_{до}}} \quad (\text{мм})$$

где  $P_z$  - сила резания в кг;

$\delta_{до}$  - допустимое напряжение на изгиб материала державки резца по ГОСТ 5688-61, державки для расточных резцов выполняют из стали 50.

$$\delta_{до} = 20 \div 30 \text{ кг/мм}^2.$$

$$L = \frac{125 - 110}{2} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ мм} - \text{вылет резца}$$

Находим силу резания  $P_z$  при растачивании:

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

$$P_z = C_p \cdot t^{xp} \cdot S^{yp} \cdot V^{mp} \cdot K_p \text{ (кг)}$$

$t=0,3\text{мм}$  – глубина резания (см. выше)

$S$  – подача при тонком растачивании [ 3].

При обработке 6 класса углеродистой стали при  $V > 130$  м/мин

$$S = 0,1 \div 0,11 \text{ мм/об.}$$

Учитываем поправочный коэффициент на подачу для стали с

$$\delta_s = 56\text{кг/мм}^2 - K_{ms}=0,9,$$

$$S = 0,65(0,1 - 0,11) = 0,065 - 0,071,$$

Назначаем подачу  $S = 0,06$  мм/об.

По карте 8 назначаем период стойкости резца  $T=60$  мин.

Определяем скорость резания расчетным путем:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{xv} \cdot S^{yv}} \cdot K_v$$

По нормативам на токарные работы [ 3] при продольном точении при  $S \leq 0,3\text{мм/об}$  с пластиной T15K10

$$C_v=273; X_v=0,15; Y_v=0,2; m=0,2$$

Учитываем поправочные коэффициенты на скорость:

для угла  $\varphi = 60^\circ - K_{\varphi v} = 0,8$ ;

для твердого сплава T30K4  $K_{uv} = 2,15$ ;

для обрабатываемой стали:

$$\delta_s = 56\text{кг/мм}^2;$$

$$K_{mv}=1,34.$$

Так как заготовка рассчитывается, вводим поправочный коэффициент:

$$K_{bv} = 0,9$$

$$K_v = K_{\varphi v} \cdot K_{uv} \cdot K_{mv} \cdot K_{bv}$$

$$K_v = 0,8 \cdot 2,15 \cdot 1,34 \cdot 0,9 = 2,07$$

С учетом найденных коэффициентов находим скорость

$$V = \frac{273}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,06^{0,2}} \cdot 2,07 = 364 \text{ м/мин};$$

Определяем число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V_n}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 364}{3,14 \cdot 125} = 927 \text{ об/мин}$$

Находим силу резания [ 3]:

$C_p = 300$ ,  $X_p = 1,0$ ,  $Y_p = 0,75$ ,  $n_p = -0,15$ , с учетом поправочных коэффициентов на силу резания [ 3].

$$K_{Mp} = \left( \frac{\delta_s}{75} \right)^{0,75}$$

$$K_{Mp} = \left( \frac{56}{75} \right)^{0,75} = 0,85$$

$$K = 0,94; K = 1,25; K = 1,0; K = 0,9$$

$$K_p = 0,85 \cdot 0,94 \cdot 1,25 \cdot 0,9 = 0,9$$

									Лист
									56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					



$$P_z = 300 \cdot 0,3^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 364^{-0,15} \cdot 0,9 = 37,8 \text{ кг}$$

Подставляем в формулу [ 3] и получим:

$$d = \sqrt{\frac{32 \cdot 37,8 \cdot 7,5}{3,14 \cdot 25}} = \sqrt{\frac{9072}{78,5}} = 10,7 \text{ мм}$$

Принимаем наибольший стандартный диаметр державки резца  $d = 16 \text{ мм}$  [6].

Борштанга в соответствии с рисунком 11 состоит из корпуса, двух резцов 3, и фиксирующих винтов 2.

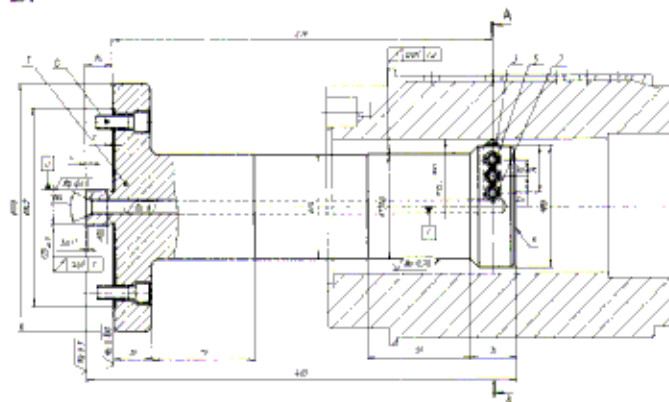


Рисунок 11 – Борштанга для чистовой расточки

### 3.3 Проектирование приспособления для контроля радиального биения

#### 3.3.1 Выбор схемы контроля

Схема контроля приведена в соответствии с рисунком 12.

Измерение биения производится при вращении детали в корпусе приспособления. При снятии замеров по данной схеме контроля индикатор показывает истинное значение контролируемого параметра.

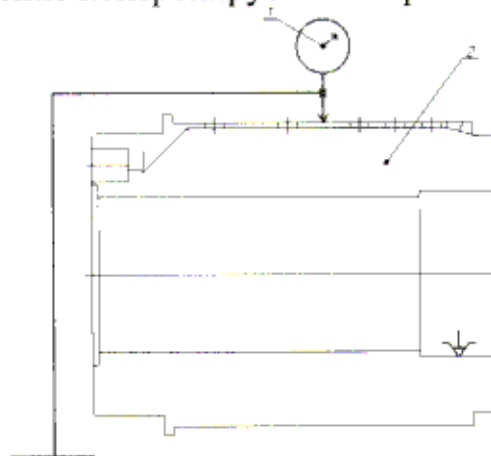


Рисунок 12 – Схема контроля

1 – измерительная головка; 2 – контролируемая деталь

#### 3.3.2 Компоновка приспособления

Контрольное приспособление приведено в соответствии с рисунком 13.

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Приспособление состоит из основания на котором с помощью винтов крепится стойка на которой установлены центра с оправкой.

По штативу с помощью винта и хомутика перемещается планка с закрепленной на ней с помощью втулки и винта измерительная головка.

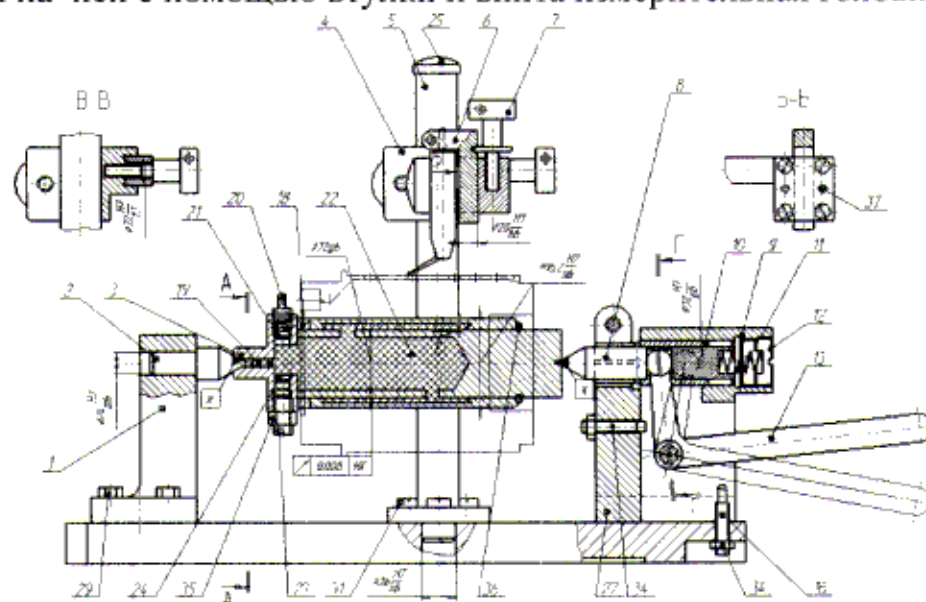


Рисунок 13 – Контрольное приспособление

Контролируемая деталь устанавливается на оправку и фиксируется.

Вращение детали производится с помощью рукоятки.

Перед началом измерения устанавливается эталонная деталь подводится индикатор и устанавливается на 0. После этого эталонная деталь снимается и устанавливается контролируемая деталь и производится измерение детали.

### 3.3.3 Расчет погрешности измерения приспособления

Любому методу контроля свойственна погрешности измерения.

Систематические погрешности вызываются конструктивными особенностями самого измерительного устройства и принятого метода измерения. Допускаемая погрешность измерения включает случайные и неучтенные систематические погрешности измерения и является наибольшей допустимой погрешностью измерения. Предельная суммарная погрешность измерения определяется:

$$\Delta_{сум} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_{отн}^2}$$

где  $\Delta_1$  – случайная погрешность измерения,  $\Delta_1 \leq 6 \delta$ ;

$\delta = 0,004$  мм;

Случайная погрешность измерения  $\Delta_1 \leq 6 \delta = 6 \cdot 0,004 = 0,024$  мм

$\Delta_2$  – средняя погрешность вариаций в показаниях индикатора принимается, т.е.  $\Delta_2 \leq 0,1 \cdot Tr$ ;

где  $Tr$  – допуск измеряемого размера, т.е. 0,015 мм

$\Delta_2 \leq 0,1 \cdot Tr = 0,1 \cdot 0,015 = 0,0015$  мм

$\Delta_{отн}$  – относительная погрешность, выраженная в % к допуску проверяемого элемента, т.е. 0,15%

$$\Delta_{\text{отн}} = \frac{T_p \cdot 100\%}{15\%} = \frac{0,0015 \cdot 100\%}{15\%} = 0,01 \text{ мм}$$

Следовательно, предельная суммарная погрешность измерения равна:

$$\Delta_{\text{сум}} = \sqrt{0,024^2 + 0,012^2 + 0,01^2} = 0,03 \text{ мм}$$

Действительная средняя квадратичная погрешность контрольного приспособления рассчитывается:

$$G \leq \frac{\Delta_{\text{сум}}}{3}$$

$$G \leq \frac{0,03}{3} = 0,01 \text{ мм}$$

Основная погрешность приспособлений, включающих индикатор и работающих при температуре 25 °С и относительной влажности до 80% , не должна превышать 0,05 мм согласно ОСТ 92-2747-69.

Таким образом, погрешность измерения спроектированным калибром не выходит за пределы допустимого, т.е. 0,01 мм ≤ 0,05 мм.

Вывод по разделу три

В конструкторском разделе спроектированы приспособления: фрезерное, для контроля радиального биения. Также разработана конструкция бортштанги для чистовой расточки. Разработанное фрезерное приспособление, позволяет сократить время на обработку и зажим детали. Спроектированное приспособление для контроля радиального биения позволяет контролировать размер детали во время обработки, тем самым, снижая возможность брака и уменьшая время на контроль размера.

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1 Исходные данные для расчета участка механической обработки

Выполнение строительного раздела осуществляется на основе разработанного технологического процесса обработки детали «Цилиндр».

Для лучшего обзора и анализа, полученных в технологической части проекта результатов, а также для удобства выполнения расчетов в данном разделе составлена таблица 6 исходных данных.

Деталь представитель – Цилиндр.

Масса детали – 36,2кг.

Масса заготовки – 52,4кг.

Годовой приведенный выпуск,  $N_{пр}$  – 50000 шт.

Таблица 6 – Исходные данные

№ опер.	Наименование операции	Модель станка	Нормы времени, мин			
			$T_0$	$T_B$	Гшт, мин	Тпз, мин
005	Токарная	16Б16	2,87	0,75	3,7	16,5
010	Токарная	16Б16	2,5	0,5	3,7	16,5
015	токарная с ЧПУ	1К30Ф323	12,91	7,40	23,4	16,5
020	токарная с ЧПУ	1К30Ф323	13,56	0,44	14,3	16,5
025	Фрезерно-сверлильная с ЧПУ	HermleC800U	10,86	5,44	15,84	16,5
030	сверлильная	2A125	4,5	0,21	5,8	16,5
035	Фрезерно-сверлильная с ЧПУ	HermleC800U	16,00	2,50	12,1	16,5

Годовой приведённый выпуск деталей  $N_{пр}$ , т.е. условное количество типовых деталей, трудоёмкость обработки которых равна трудоёмкости всех деталей, определяется исходя из производственной мощности участка и наиболее рационального использования оборудования по формуле:

$$N_{пр} = M_z \times K_z = \frac{F_o \times K_z \times 60}{T_{шт}(1 + \alpha)}$$

где  $M_z$  – годовая производственная мощность, шт;

$K_z$  – коэффициент загрузки оборудования принимаем равным 0,8, что характеризует достаточно полное использование оборудования и наличие необходимого резерва времени;

$F_o$  – действительный годовой фонд работы оборудования,  $F_o = 4015$  часов;

$T_{шт}$  – норма штучного времени на ведущей операции 020 для детали-представителя,  $T_{шт} = 6,07$  мин;

$\alpha = 0,05$  – коэффициент допустимых потерь на переналадку.

$$N_{пр} = 4015 \times 0,8 \times 60 / 6,07 \times (1 + 0,05) = 29980$$

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60



Принято  $N_{пр} = 30000$  шт.

Годовой объём выпуска детали представителя  $N_{год}$  определяется в пределах:

$$N_{год} = N_{пр} / K_{зо} \text{ max} \dots N_{пр} / K_{зо} \text{ min},$$

где  $K_{зо}$  – коэффициент закрепления операций (согласно ГОСТ 3.1108-74) для среднесерийного производства 11-20, для мелкосерийного 21-40).

Принято  $N_{год} = 2000$  шт.

Количество наименований деталей обрабатываемых на участке, определяется по формуле:

$$m_{\partial} = \frac{N_{пр}}{N_{год}},$$

где  $m_{\partial} = 30000/2000 = 15$  шт.

Принято  $m_{\partial} = 15$  шт.

При планомерном течении года выпуска продукции и закрепления за каждым рабочим местом одной операции  $K_{зо} = m_{\partial}$ . В данном случае  $m_{\partial} = 15$  шт находится в пределах величины  $K_{зо} = 11 \dots 20$  для среднесерийного производства.

Определение количества деталей в партии.

Минимальное число деталей в партии определяется по формуле:

$$n_{\partial} = \frac{T_{пз}}{T_{шт} \cdot \alpha},$$

где  $T_{пз}$  – подготовительно-заключительное время на ведущей операции,  $T_{пз} = 16,5$ .

$$n_{\partial} = 16,5 / 6,07 \cdot 0,05 = 80 \text{ шт}$$

Расчётная величина партии корректируется таким образом, чтобы она была не менее полсменного выпуска деталей и кратна годовому выпуску. Выпуск деталей за половину смены  $1/2N_{см}$  определяется из следующей зависимости:

$$1/2N_{см} = \frac{T_{оп.см}}{2 \times T_{оп}},$$

где  $T_{оп.см}$  – оперативное время за смену, принимаем  $T_{оп.см} = 300$  мин;  $T_{оп}$  – норма оперативного времени на ведущей операции ( $T_{о} + T_{в}$ ),  $T_{оп} = 5,62$  мин.

$$1/2N_{см} = 300 / 2 \cdot 5,62 = 26,69 \text{ шт}$$

Принято  $n_{\partial} = 80$ , что близко к расчётному значению и кратно годовому выпуску.

$$N_{год} / n_{\partial} = 30000 / 80 = 150 \text{ шт}$$

Для современного механосборочного производства характерен высокий уровень автоматизации производственных процессов, поэтому технологическое оборудование должно обеспечивать не только автоматизацию обработки или сборки, но и стыковаться с оборудованием и техническими средствами, объединяющими отдельные виды технологического оборудования в единый автоматизированный процесс.

Произведем расчет количества станков на примере токарной операции.

Число станков для каждой операции определяют по формуле

$$S_{п}^I = \text{шт} / \tau$$

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

$\tau$  – такт, выпуска деталей, который определяется по формуле

$$\tau = \Phi_{о} \cdot 60 / N_{пр},$$

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61



где  $\Phi_0$  – эффективный годовой фонд времени работы оборудования,  $\Phi_0=3890$ ч

$$\tau=3890 \cdot 60 / 30000 = 7,78 \text{ч}$$

Подставляя полученное значение в формулу, получаем:

$$S_p^I = 93,86 / 7,78 = 11,7 \text{шт}$$

Полученное значение  $S_p^I$  округляем до ближайшего большего числа и получаем расчетное количество станков  $S_{расч}$ .

В нашем случае  $S_{расч}=12$

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

$$K_z = S_p^I / S_{расч}$$

$$K_z = 11,7 / 12 = 0,98$$

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

$$S_{пр} = S_{расч} / K_{и}$$

где  $K_{и}$  – коэффициент использования оборудования,  $K_{и}=0,9$ .

$$S_{пр} = 12 / 0,9 = 13 \text{ принимаем } S_{пр} = 13$$

Для остальных операций расчет количества оборудования приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет количества потребного оборудования

№ опер	Тип и модель станка	Нпр шт	Тшт мин	Sрасч шт	Sпр шт	Kз
005	16Б16	30000	3,7	0,4	1	0,4
010	16Б16		3,7	0,4	1	0,4
015	1К30Ф323		23,4	2,67	3	0,895
020	1К30Ф323		14,3	2,63	3	0,881
025	HermleC800U		15,84	2,26	3	0,758
030	2A125		5,8	0,74	1	0,74
035	HermleC800U		12,1	1,3	1	1,3

$$\text{Итого: } \Sigma S_{расч} = 9,28 \quad \Sigma S_{пр} = 11$$

Средний коэффициент загрузки станков проектируемого участка определяется по формуле:

$$K_{зср} = \Sigma S_{расч} / \Sigma S_{пр} = 9,28 / 11 = 0,84$$

#### 4.2 Определение состава и количества работающих

Штат работающих для механосборочных цехов определяют согласно рекомендациям. При укрупненных расчетах число станочников определяют по станкочасности годового объема работ или по принятому числу станков участка (цеха).

$$R_{ст} = T \Sigma / (\Phi_r \cdot K_m)$$

где,  $T \Sigma = \Sigma \text{шт} \cdot N$  – суммарная станкочасность изготовления деталей на станках данного типа, на участке в станко-часах;

									Лист
									62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Фр – эффективный годовой фонд рабочего времени (принимаем 1820);

Км – коэффициент многостаночного обслуживания (принимаем Км=2).

Коэффициент Км зависит от вида оборудования. Для универсальных станков с ручным управлением, как правило, Км=1. Для прутковых токарных и токарно-револьверных полуавтоматов Км=3-8; для многошпиндельных полуавтоматов Км=1-4; для зубообрабатывающих полуавтоматов Км=2-4; для агрегатно-сверлильных, агрегатно-расточных станков Км=1-3; для станком с программным управлением Км=2-3.

При определении числа производственных рабочих пользуются усредненными значениями Км: для мелкосерийного и единичного производства Км=1,1-1,35; для среднесерийного Км=1,3-1,5; для крупносерийного и массового Км=1,9-2,2.

$$R_{ст} = T \Sigma / (Фр \cdot Км) = \Sigma \text{шт} \cdot N / (Фр \cdot Км)$$

$$R_{ст} = 92,11 \cdot 30000 / (1820 \cdot 2) = 26$$

Число станочников можно определить также по числу станков Сп цеха или участка:

$$R_{ст} = Сп \cdot Ф_о \cdot К_з \cdot К_и / (Фр \cdot Км)$$

где, Ф<sub>о</sub> – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч, (3890);

К<sub>з</sub> – коэффициент загрузки оборудования (0,9)

К<sub>и</sub> – коэффициент использования оборудования (0,85)

$$R_{ст} = 12 \cdot 3890 \cdot 0,9 \cdot 0,85 / (1820 \cdot 2) = 26$$

Численность вспомогательных рабочих при укрупненном проектировании определяют общим числом в зависимости от числа производственных рабочих. При детальном проектировании вспомогательных служб число вспомогательных рабочих определяют либо по нормам обслуживания, либо в зависимости от трудоемкости выполняемого объема работ.

$$R_{вс} = R_{ст} \cdot 24\%$$

$$R_{вс} = 26 \cdot 0,24 = 6,24 = 6$$

При распределении общей численности вспомогательных рабочих по сменам можно принимать, что в первую смену работают в цехах единичного и мелкосерийного производства 65%, среднесерийного 60%, крупносерийного и массового 55% вспомогательных рабочих.

При укрупненном проектировании численность инженерно-технических работников (ИТР) механических цехов определяют по нормам в зависимости от числа основных станков цеха, а ИТР сборочных цехов в зависимости от числа производственных рабочих.

$$R_{итр} = R_{ст} \cdot 20\%$$

$$R_{итр} = 26 \cdot 0,2 = 5,2$$

Число служащих механических сборочных цехов определяют по нормам в зависимости от числа производственных рабочих. Для механических цехов единичного и мелкосерийного производства число служащих составляет 1,2...2,2%, среднесерийного производства 0,9...1,9%, крупносерийного производства 0,6...1,6%, массового производства 0,1...1,4%.

$$K_{сл} = 26 \cdot 1\% = 2,6$$

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

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

##### 4.3.1 Расчет подвешного конвейера

В качестве межоперационных транспортных средств применяются подвесные конвейеры.

Основным параметром конвейера является его скорость  $V$  (м/мин) и производительность  $Q$  (шт./час).

Скорость конвейера определяется по формуле:

$$V = \frac{l}{\tau \cdot n}$$

где  $\tau$  – такт работы поточной линии,  $\tau=0,395$  мин.;

$l$  – шаг подвесок,  $l=10$  м;

$n$  – количество изделий на одной подвеске,  $n=1$  шт.

$$V = \frac{10}{0,395 \cdot 1} = 25,3 \text{ м/мин}$$

Принимаем скорость движения конвейера  $V=2,5$  м/мин.

Производительность определяется по формуле:

$$Q = \frac{V \cdot 60 \cdot n}{l}$$

$$Q = \frac{2,5 \cdot 60 \cdot 1}{10} = 15 \text{ шт/час}$$

Выбираем грузонесущий подвесной конвейер, изображенный на рисунке 14.

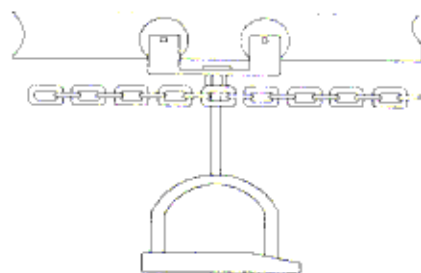


Рисунок 14 — Грузонесущий подвесной конвейер

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

Потребное количество кранов определяют по формуле:

$$K = \frac{D \cdot i}{\Phi \cdot m} \cdot \frac{\left( \frac{l_{\text{кр}}}{V_{\text{кр}}} + t_s + t_p \right)}{\Phi_n \cdot K_s}$$

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

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

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

где  $G_i=0,95$  кг – вес одной детали;

$G_k= 97,5$ кг – вес контейнера с деталями (50шт + 50кг контейнер);

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

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

$l$  – количество крановых операций на один перевезенный груз;

$l_{cp}=40$  м – средняя длина пути на одну крановую операцию;

$V_{cp}=0,5$  км/ч= $8,33$ м/мин – средняя скорость движения крана;

$t_z, t_p=2$  мин – время на одну загрузку и одну разгрузку;

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

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

$$D=30000 \cdot 0,95 / 97,5 = 292$$

$$K = \frac{1092 \cdot 5 \cdot \left( \frac{40}{8,33} + 2 + 2 \right)}{480 \cdot 2 \cdot 480 \cdot 0,85} = 0,9$$

Коэффициент загрузки крана  $K_{з.кр}$  по времени

$$K_{з.кр} = \frac{K}{K_n};$$

$$K_{з.кр} = \frac{0,9}{1} = 0,9$$

Выбираем кран мостовой однобалочный КМОО-1-5 грузоподъемностью 5т в соответствии с рисунком 15.

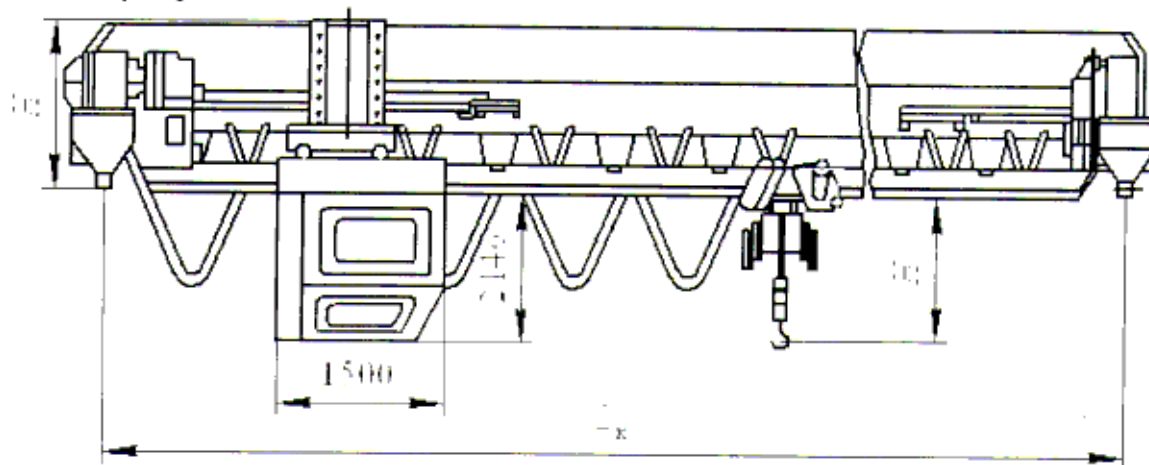


Рисунок 15 – Схема установки однобалочного мостового крана

#### 4.5 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:

				151900.2016.127.000 ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
						65



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

где Q – масса заготовок годового объема выпуска, Q=42000кг;

q – средняя допустимая нагрузка на 1 квадратный метр, q=1000кг/м<sup>2</sup>;

t – среднее количество рабочих дней, в течении которых заготовки хранятся на складе до поступления на обработку, t=2,5 дней;

Kи – коэффициент использования площади, Kи=0,3.

$$F_{сз} = 42000 \cdot 2,5 / 260 \cdot 1000 \cdot 0,3 = 23,42 \text{ м}^2$$

Принимаем F<sub>сз</sub>=23,42 м<sup>2</sup>.

Местом накоплением и хранения окончательно обработанных деталей, ожидающих поступления на сборку, является промежуточный склад.

Потребную площадь для промежуточного склада рассчитывают по формуле:

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

где Q – масса детали годового объема выпуска, Q=40000кг;

q<sub>1</sub> – средняя допустимая нагрузка на 1 квадратный метр, q<sub>1</sub>=100кг/м<sup>2</sup>

t<sub>1</sub> – число рабочих запаса, t<sub>1</sub>=5 дней;

Kи – коэффициент использования площади, Kи=0,3

$$F_{сд} = 40000 \cdot 5 / 260 \cdot 100 \cdot 0,3 = 25,6 \text{ м}^2$$

Принимаем F<sub>сд</sub>=26 м<sup>2</sup>.

#### 4.6 Выбор способа транспортирования стружки

В результате механической обработки металлов резанием образуется значительное количество стружки, которую 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. Для облегчения транспортирования длина стружки должна быть не более 200 мм, а диаметр спирального витка – не более 25...30 мм.

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

Существуют 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<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, n<sub>3</sub> – количество станков соответственно мелких, средних и крупных, n<sub>1</sub>=10

q<sub>1</sub>, q<sub>2</sub>, q<sub>3</sub> – удельная площадь, приходящая соответственно на один мелкий, средний и крупный станок, q<sub>1</sub>=10 м<sup>2</sup>

$$F = 10 \cdot 10 = 100 \text{ м}^2$$

Количество стружки на 1 м<sup>2</sup> цеха по формуле:

$$Q = (M_з - M_д) \cdot N_{пр} / F \cdot 1000$$

$$Q = (1,4 - 0,95) \cdot 20000 / 100 \cdot 1000 = 0,09 \text{ т/м}^2$$

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Так как  $Q=0,09$  принимаем  $M$  – механизированная с использованием ручного труда, средств малой механизации. В данном случае целесообразно собирать стружку в специальные емкости и доставлять к месту сбора или переработки напольным транспортом. Заполненная стружкой тара вывозится на накопительную площадку или участок переработки. Для транспортирования стружки выбираем аккумуляторную тележку. Техническая характеристика аккумуляторной электротележки в соответствии с таблицей 8.

Таблица 8 – Техническая характеристика аккумуляторной электротележки

Наименование показателя	Модель электротележки
	ЭТМ
Грузоподъемность, т	1
Размер грузовой платформы, мм	
Длина	1100
Ширина	700
Скорость передвижения, км/ч	
с грузом	7 - 8
без груза	10 - 11
Наименьший радиус поворота, мм	2100

#### 4.7 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 работающих. Основные из них следующие: доступ к рабочим местам, близость комнат курения и туалетов, хорошее освещение, достаточный обмен воздуха.

После расстановки оборудования получили фактическую площадь:

длина участка  $L=24$  м, ширина  $l=42$  м,

Фактическая площадь определяется по формуле:

$$F=L \cdot l$$

$$F = 24 \cdot 42 = 1008 \text{ м}^2$$

Расчетная площадь равна  $F_{\text{расч}}=465 \text{ м}^2$ ,

Расхождение расчетной площади от фактической в процентном отношении определяется по формуле

$$\delta = (F - F_{\text{расч}}) / F \cdot 100\%$$

$$\delta = (1008 - 465) / 1008 \cdot 100\% = 53,96\%$$

#### 4.8 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;

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	151900.2016.127.000 ПЗ					

3) высота пролета Н – расстояние от уровня пола до нижней части несущей конструкций.

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

Сетку колонн (Lxt) и высоту Н выбирают из унифицированного ряда величин.

Исходя из максимальной высоты  $h_1=4,65$  м оборудования, минимального расстояния  $h_2=1$  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  $H_k$ :

$$H_k = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 4,65 + 1 + 1 + 1 = 7,65 \text{ м}$$

Колонны одноэтажных промышленных зданий преимущественно делают железобетонными прямоугольного сечения. При высоте пролетов 8,4...10,8 м, оборудованных мостовыми кранами с грузоподъемностью 10 и 20 т, ставят колонны прямоугольного сечения (600x800 мм) серии КЭ-01-49 длина колонны 10,8м рисунок 16.



Рисунок 16 - Колонна прямоугольного сечения серии КЭ-01-49

Фундаменты под колонны зданий представляют собой отдельно стоящие железобетонные конструкции, на которые устанавливают также железобетонные фундаментные блоки под стены. Верхняя плоскость фундамента располагается на 150 мм ниже уровня пола, отметка подошвы фундамента – 1,95 м.

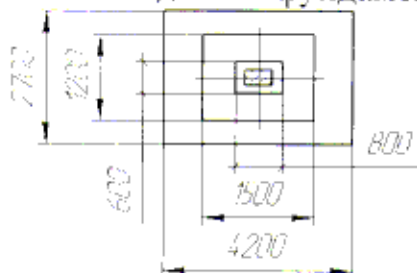


Рисунок 17 – Фундамент под колонны серии КЭ-01-49

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

Поперечный разрез здания у самого высокого станка изображен в соответствии с рисунком 18.

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

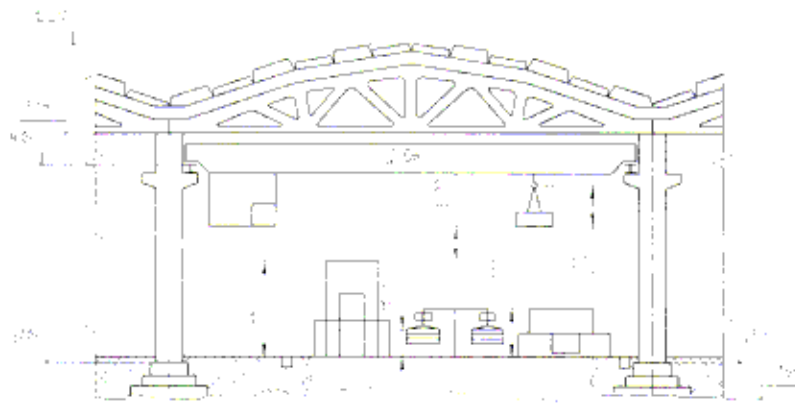


Рисунок 18 – Поперечный разрез здания

Габаритные размеры железобетонных ферм приведены в соответствии с рисунком 19.

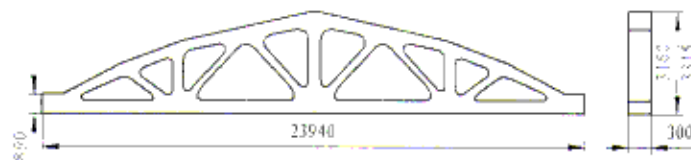


Рисунок 19 – Габаритные размеры железобетонных ферм

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

Кровля является ограждающим покрытием строений и для машиностроительных цехов является утепленной и многослойной. Кровля производственных зданий состоит из сборных настилов, укладываемым 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 песочно-цементная стяжка, она покрывается пароизоляцией из пергамина 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. Кровля здания и покрытие пола показаны в соответствии с рисунком 20.

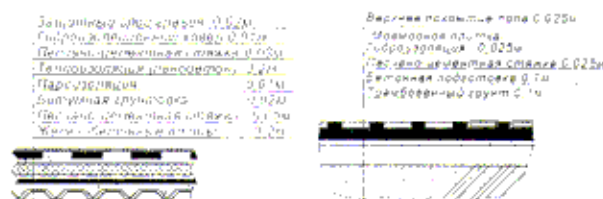


Рисунок 20 – Разрез пола и кровли

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69



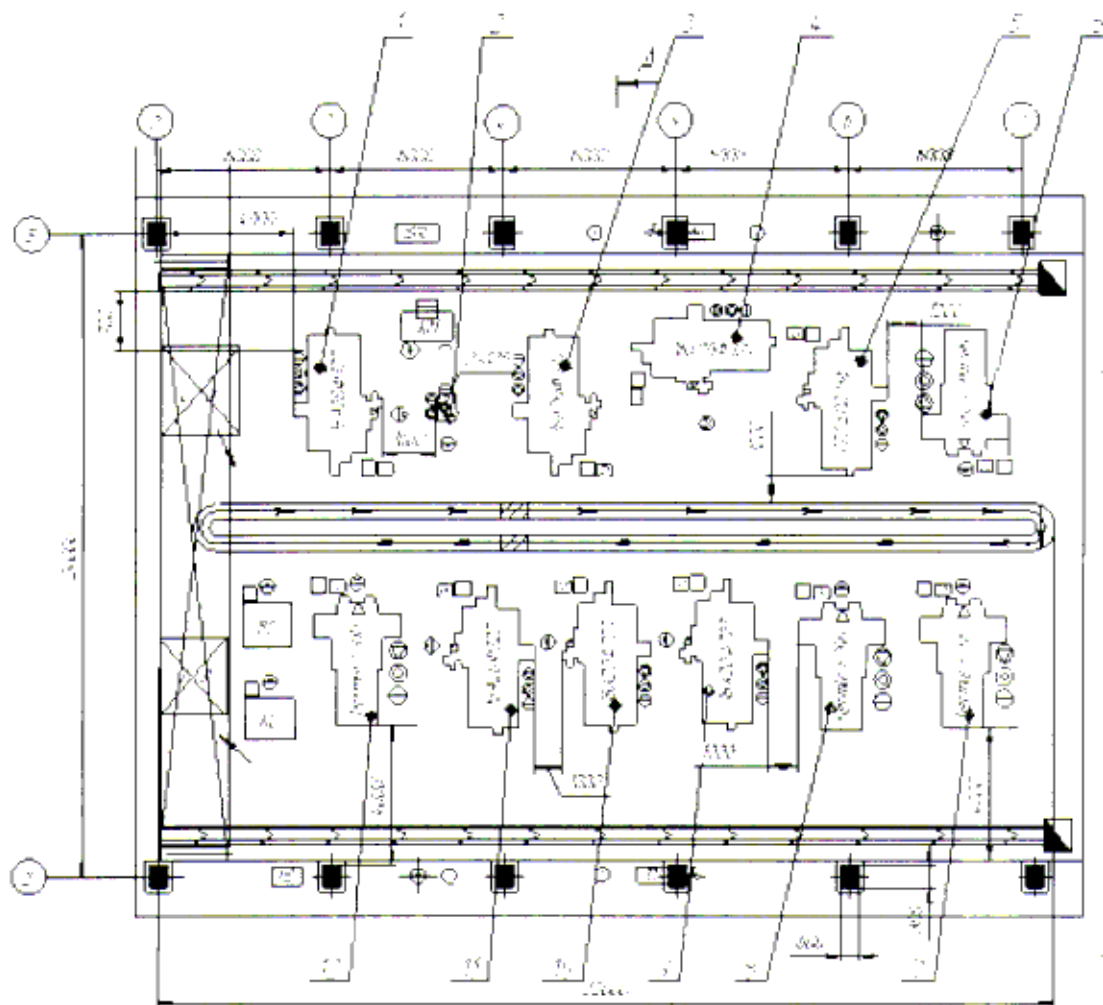


Рисунок 22 – Планировка механического участка

Фонари устраивают на кровлях зданий на средних пролетах с целью дополнительного освещения естественным светом и естественной вентиляции. Фонари состоят из несущей части каркаса и ограждений. В последнее годы применяют светопрозрачные пролеты в кровле в виде зенитных фонарей – плафонов из стеклопакетов, из органического стекла, стеклопластика и в виде стекложелезобетонных панелей.

Вывод по разделу четыре

В строительном разделе спроектирован производственный участок механической обработки. Оборудование по ходу техпроцесса. В результате расчетов количества рабочих и их состава получили: 26 станочников, 6 вспомогательных рабочих, 5 инженерно-технических работника и 2 служащих. В качестве транспортных средств применяются подвесные конвейеры. Также для загрузки и выгрузки машин, коробок, монтажа оборудования в цехе предусмотрен мостовой кран грузоподъемностью 5т. Произведены расчеты площадей склада деталей и заготовок. Принята уборка стружки специальным устройством с участием электротележки модели ЭТМ, грузоподъемностью 1 т. Произведен расчет площади участка, а также выбор типов, формы здания.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151900.2016.127.000 ПЗ

Лист

70

Вывод по разделу четыре

В строительном разделе спроектирован производственный участок механической обработки. Оборудование по ходу техпроцесса. В результате расчетов количества рабочих и их состава получили: 26 станочников, 6 вспомогательных рабочих, 5 инженерно-технических работника и 2 служащих. В качестве транспортных средств применяются подвесные конвейеры. Также для загрузки и выгрузки машин, коробок, монтажа оборудования в цехе предусмотрен мостовой кран грузоподъемностью 5т. Произведены расчеты площадей склада деталей и заготовок. Принята уборка стружки специальным устройством с участием электротележки модели ЭТМ, грузоподъемностью 1 т. Произведен расчет площади участка, а также выбор типов, формы здания.

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 5.1. Обеспечение пожарной и взрывопожарной безопасности на производственном участке

Обработка различных материалов на станках токарной группы является наиболее распространённым способом получения точных размеров и форм деталей машин и приборов типа тел вращения. Для обработки группы деталей типа «Цилиндр» не применяются пожароопасные вещества. Но применение смазки для рабочих частей станков и использование СОЖ, состоящих из различных маслосодержащих веществ, могут привести к воспламенению промасленной ветоши от искр электростатического разряда или при возникновении короткого замыкания технологического оборудования, а также от окалины, возникающих в процессе механической обработки. В качестве СОЖ используется Укринол 1-3% ТУ 38-101-197-89, в качестве смазки для рабочих узлов используем ЦИАТИМ 201 ГОСТ 6267-74. Определим пожароопасную категорию помещения путём сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки. Величины удельной пожарной нагрузки приведены в таблице 9

Таблица 9 – Удельная пожарная нагрузка

Категория	Удельная пожарная нагрузка $g$ на участке, МДж/м <sup>2</sup>
B1	Более 2200
B2	1401-2200
B3	181-1400
B4	1-180

Удельная пожарная нагрузка находится по формуле

$$g = \frac{Q}{S},$$

где  $S$  – площадь размещения пожарной нагрузки,  $S=486 \text{ м}^2$

$Q$  – пожарная нагрузка, определяемая по формуле

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_{hi} = 5 \cdot 43.54 + 1 \cdot 13.4 + 30 \cdot 13.8 = 645.1 \text{ МДж}$$

где  $G_i$  – количество  $i$ -го материала пожарной нагрузки, кг;

$Q_{hi}$  – низшая теплота сгорания  $i$ -го материала пожарной нагрузки, МДж/кг.

Данные по теплоте сгорания применяемых на участке материалов приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Теплота сгорания материалов

Материал	Масса материала, кг	Низшая теплота сгорания, МДж/кг
Керосин	5	43,54
Ветошь	1	13,4
Древесина	30	13,8

$$g = \frac{Q}{S} = \frac{645.1}{486} = 1.32 \text{ МДж/м}^2.$$



По полученным данным определяем пожароопасную категорию помещения – В4.

В соответствии с ПЭУ участок можно классифицировать на зоны пожароопасности класса П-2а, так как они расположены в помещении с обращающимися или периодически обращающимися твёрдыми горючими веществами. Размер пожароопасной зоны принимается до 3м от единичного пожароопасного оборудования.

В соответствии с международными и государственными стандартами устанавливаем следующий класс пожара для данного участка, в зависимости от горящего материала, класс Е – горение различного оборудования, находящегося под напряжением.

В целях соблюдения пожарной безопасности участок должен быть обеспечен первичными средствами пожаротушения, необходимой сигнализацией. Рабочие места, подходы к ним, проходы и проезды не должны загромождаться заготовками, деталями, отходами производства. Рабочие должны быть обучены правилам пользования первичными средствами пожаротушения и действиям при возникновении возгораний. Должны проводиться учебные мероприятия по эвакуации людей из зоны горения и противопожарные инструктажи. Применяемые на производстве средства пожаротушения должны максимально ограничивать размеры пожара и обеспечивать его быстрое тушение.

В качестве первичных средств пожаротушения наибольшее распространение получили огнетушители. Для категории В4 предельная защищаемая площадь 1800 м<sup>2</sup>, поэтому рекомендуется применение порошковых и углекислотных огнетушителей. Для данной площади участка необходимо установить один пожарный щит, оснащённый одним порошковым огнетушителем объёмом 10 л и двумя углекислотными огнетушителями объёмом по 5 л; крюком с деревянной рукояткой; комплектом для резки электропроводов; асбестовым полотном; совковой лопатой и ящиком с песком, объёмом 1 м<sup>3</sup>. Пожарный инвентарь должен размещаться на видных местах, иметь свободный и удобный доступ и не служить препятствием во время эвакуации персонала.

Так же на участке расположено средство стационарного пожаротушения, выполненное в виде металлического навесного пожарного шкафа, в котором расположены пожарный кран и рукав.

На участке не предусмотрено применение автоматических средств пожаротушения, так как помещение относится к категории В4 по пожарной опасности.

Курить разрешается только в специальных оборудованных помещениях или местах. Обтирочный материал должен своевременно убираться с рабочих мест в специально оборудованные места или помещения.

Одним из важных условий успешной ликвидации возникшего пожара является быстрое обнаружение загорания и немедленное сообщение об этом. Для сообщения о пожаре на участке используется телефонная связь и сигнализация.

Оповещение людей о пожаре, данной категории помещения должно осуществляться:

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



- звуковым сигналом;
- световым мигающим сигналом;
- светоуказателем «Выход».
- одновременным оповещением всех рабочих и служащих.

Начальник участка или старший мастер должен:

- продублировать сообщение о пожаре в пожарную службу;
- организовать эвакуацию людей;
- проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты;
- при необходимости отключить электроэнергию;
- прекратить все работы в здании (кроме работ, связанных с ликвидацией пожара);
- удалить за пределы опасной зоны всех лиц, не участвующих в тушении пожара;
- осуществлять руководство по тушению пожара до приезда пожарной охраны;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и предоставить сведения о проведённых первоочерёдных аварийно-спасательных работах, а так же о опасных веществах, находящихся в помещениях.

## 5.2 Расчет естественного освещения

Целью расчета естественного освещения является определение площади световых проемов, то есть количества и геометрических размеров окон, обеспечивающих нормированное значение коэффициента естественного освещения (К.Е.О.).

Исходные данные:

Требуется обеспечить нормированное значение К.Е.О в помещении, на высоте от земли 0,5 м (1 этаж), длина помещения  $L = 3$  м, глубина помещения  $B = 5,5$  м, высота  $H = 3$  м, высота от уровня пола до верха окна  $h_1 = 2,7$  м, окна здания ориентированы на северо-запад.

План и разрез помещения представлены на рисунке 24

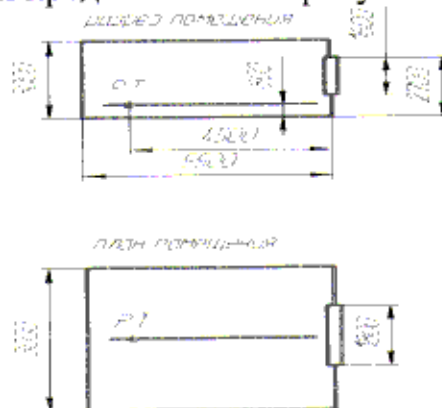


Рисунок 24 – Расчетная схема

Определение нормирующего значения К.Е.О.,  $E_N$ , по формуле:

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$E_N = E_H \cdot m_N, \%,$$

где  $E_H$  – значение К.Е.О., определяемое согласно [21] в зависимости от характеристики выполняемой работы. В данном случае разряд зрительной работы IV – средней точности, средним контрастом объекта с фоном и наименьшим объектом различения от 1 до 5 мм, при боковом освещении  $E_H = 1,5\%$ ;

$m_N$  – коэффициент светового климата, в зависимости от вида световых проемов, их ориентации по сторонам горизонта и номера группы административного района. Согласно [21] Челябинская область расположена в первом административном районе, окна здания ориентированы на юго-запад, таким образом,  $m_N = 1$ ;

Подставив значения в формулу 1, получим

$$E_N = 1 \cdot 1,5 = 1,5\%$$

Суммарная площадь световых проемов,  $S_o$ , определяется по формуле

$$S_o = S_n \cdot \frac{E_N \cdot \eta_0 \cdot K_3 \cdot K_{зд}}{100 \cdot \tau_0 \cdot \Gamma_1}, \text{ м}^2,$$

где  $S_n$  – площадь пола,  $S_n = 16,5 \text{ м}^2$ ;

$\eta_0$  – световая характеристика окна, зависящая от геометрических параметров помещения, определяемая по [22], на основании отношений:

$$\frac{L}{B} = \frac{3}{5,5} = 0,55; \quad \frac{B}{h_1} = \frac{5,5}{2,7} = 2,04$$

$$\eta_0 = 31;$$

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светопропускающего материала светового проема, зависит от типа помещения и расположения стекол, определяется по [22], при вертикальном расположении окон,  $K_3 = 1,2$ ;

$K_{зд}$  – коэффициент учитывающий затемнение окон противостоящими зданиями, при их отсутствии,  $K_{зд} = 1$ ;

$\Gamma_1$  – коэффициент учитывающий отраженный свет. Для определения коэффициента определим средневзвешенный коэффициент отражения  $\rho$

$$\rho = \frac{\rho_{пол} \cdot S_n + \rho_{пот} \cdot S_{пот} + \rho_{ст} \cdot S_{ст}}{S_n + S_{пот} + S_{ст}},$$

где  $\rho_{пол}$  – коэффициент отражения пола,  $\rho_{пол} = 0,25$ ;

$\rho_{пот}$  – коэффициент отражения потолка,  $\rho_{пот} = 0,7$ ;

$\rho_{ст}$  – коэффициент отражения стены,  $\rho_{ст} = 0,4$ ;

$S_{пот}$  – площадь потолка,  $S_{пот} = 16,5 \text{ м}^2$ ;

$S_{ст}$  – площадь стены,  $S_{ст} = 42 \text{ м}^2$ .

Подставив значения, получим

$$\rho = \frac{0,25 \cdot 16,5 + 0,7 \cdot 16,5 + 0,4 \cdot 42}{16,5 + 16,5 + 42} = 0,43$$

В соответствии с [22] определим коэффициент  $\Gamma_1 = 5,28$ ;

$\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания светового проема, определяется по формуле

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4,$$

									Лист
									75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала, для одинарного оконного листового стекла,  $\tau_1 = 0,9$ ;

$\tau_2$  – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах окна, для деревянных одинарных переплетов,  $\tau_2 = 0,65$ ;

$\tau_3$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, при отсутствии  $\tau_3 = 1$ ;

$\tau_4$  – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, для убирающихся жалюзи и штор,  $\tau_4 = 1$ .

Подставим значения в формулу 3.4, получим

$$\tau_0 = 0,9 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 = 0,585$$

Суммарную площадь световых проемов определим по формуле 3.2

$$S_0 = 16,5 \cdot \frac{1,5 \cdot 31 \cdot 1,2 \cdot 1}{100 \cdot 0,585 \cdot 5,28} = 2,98 \text{ м}^2$$

Площадь одного светового проема,  $S_{01}$ :

Ширина окна – 1,8 м

Высота окна – 1,6 м

Определим необходимое количество световых проемов,  $n$

$$n = \frac{S_0}{S_{01}}, \text{ шт.},$$

Подставив значения, получим

$$n = \frac{2,98}{1,8 \cdot 1,6} = 1,034 \approx 1 \text{ шт}$$

Для обеспечения нормативного значения К.Е.О. необходимо одно окно с указанными выше размерами.

### 5.3 Действия формирований МЧС и работающих при возникновении чрезвычайных ситуаций

При возникновении чрезвычайных ситуаций МЧС проводят спасательные и другие неотложные работы.

Спасательные работы в очагах поражения включают:

- разведку очага поражения, в результате которой получают истинные данные о сложившейся обстановке;
- локализацию и тушение пожаров, спасение людей из горящих зданий;
- розыск и вскрытие заваленных защитных сооружений, розыск и извлечение из завалов пострадавших;
- оказание пострадавшим медицинской помощи, эвакуацию поражённых в медицинские учреждения;
- санитарную обработку людей, обеззараживание транспорта, технических систем, зданий, сооружений и промышленных объектов;
- неотложные аварийно -восстановительные работы на промышленных объектах.

Спасательные и другие неотложные работы проводят непрерывно в любую погоду, до полного их завершения.

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76



Разведка в кратчайшие сроки должна установить характер и границы разрушений и пожаров, степень радиоактивного и иного вида заражения в различных районах очага, наличие поражённых людей и их состояние, возможные пути ввода спасательных формирований и эвакуации пострадавших. По данным разведки определяют объём работ, уточняют способы ведения спасательных и аварийных работ, разрабатывают план ликвидации последствий чрезвычайного события.

В планах ликвидации последствий намечают конкретный перечень неотложных работ, устанавливают их очерёдность. С учётом объёмов и сроков проведения спасательных работ определяют силы и средства их выполнения. В первую очередь в плане необходимо предусматривать работы, направленные на прекращение воздействия внешнего фактора на объект, локализацию очага поражения, постановку средств, препятствующих распространению опасности на территории объекта.

Для своевременного и успешного проведения спасательных работ планируется проведение целого ряда неотложных мероприятий:

- устройство при необходимости проездов в завалах и на загрязнённых участках; оборудование временных путей движения транспорта;
- локализация аварий на сетях коммунально – энергетических систем; восстановление отдельных повреждённых участков энергетических и водопроводных сетей и сооружений;
- укрепление и обрушение конструкций зданий и сооружений, препятствующих безопасному проведению спасательных работ.

Особое место в организации и ведении спасательных работ занимает поиск и освобождение из – под завалов пострадавших. Их поиск начинается с уцелевших подвальных помещений, дорожных сооружений, уличных подземных переходов, у наружных оконных и лестничных примыканий, околостенных пространств нижних этажей зданий; далее обследуется весь, без исключения, участок спасательных работ. Люди могут находиться также в полостях завала, которые образуются в результате не полного обрушения крупных элементов и конструкций зданий. Такие полости чаще всего могут возникать между сохранившимися стенками зданий и неплотно лежащими балками или плитами перекрытий. Под лестничными маршами.

Спасение людей, попавших под завалы, начинают с тщательного осмотра завала с привлечением кинологов с собаками, соответствующих приборов, а также с опроса очевидцев, при этом устраняют условия, способствующие обрушению отдельных конструкций. Далее пытаются установить связь с попавшими в завалы (голосом или перестукиванием). В завалах проделывают проход сбоку или сверху с одновременным креплением неустойчивых конструкций и элементов. Подходы к людям, находящимся в завале, следует вести как можно быстрее, избегая трудоёмких работ и используя полости в завалах, сохранившиеся помещения, коридоры и проходы.

Пострадавших выносят на руках, плащах, брезенте, одеялах, а также волоком и на носилках.

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77



К другим неотложным работам относятся ремонт и отключение повреждённых коммунально – энергетических и технологических сетей. Повреждённые системы теплоснабжения отключают от внешней сети задвижками на вводах в здания и в теплоцентрах. Очень важно отключить газовые сети на любых магистралях за пределами и внутри зданий.

Значительная часть работ в очаге поражения приходится на локализацию и ликвидацию пожаров.

Очень важно как можно быстрее оценить обстановку, предугадать развитие пожаров и на этой основе принять правильное решение по их локализации и тушению. При локализации на пути распространения огня устраивают отсечные полосы: на направлении распространения пожара разбирают или обрушивают сгораемые конструкции зданий, полностью удаляют из отсечной полосы легковозгораемые материалы и сухую растительность.

Пожарные подразделения в первую очередь тушат и локализуют пожары там, где находятся люди, и одновременно с тушением огня эвакуируют людей.

При отыскивании и эвакуации из горящего здания людей можно пользоваться некоторыми правилами:

- пожар в здании распространяется преимущественно по лифтовых шахтам, лестничным клеткам, по вентиляционным коробам;
- целые оконные проёмы в горящем здании свидетельствуют о том, что в этом помещении нет людей или они не в состоянии добраться до окон;
- сильное пламя в оконных проёмах свидетельствует о полном развитии пожара при большом количестве сгораемых материалов;
- сильное задымление без пламени – признак быстрого распространения огня скрытыми путями и по конструкциям; если при этом дым густой и тёмный, то это означает горение при недостатке кислорода.

План ремонтно – восстановительных работ. Готовность предприятия к выполнению восстановительных работ оценивается наличием проектно – технической документации по вариантам восстановления, обеспеченностью рабочей силой и материальными ресурсами.

Планирование восстановления работоспособности предприятия может предусматривать как первоочерёдное восстановление, так и капитальное. Первое может быть выполнено силами самого объекта, создающего для этих целей восстановительные бригады. В проекте восстановления освещаются следующие вопросы:

- объём работ по восстановлению с расчётом потребностей в рабочей силе, материалах, строительной технике, оборудовании, деталях, инструменте;
- оптимальные инженерные решения по восстановлению работоспособности предприятия;
- календарный план или сетевой график восстановительных работ, очерёдность восстановления цехов, исходя из важности их в выпуске основной продукции;
- состав восстановительных бригад.

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

С возникновением чрезвычайных ситуаций по распоряжению руководителя предприятия вводится чрезвычайный режим функционирования объектового звена РСЧС и организуется выполнение соответствующих мероприятий:

1) Принятие экстренных мер по защите персонала, предотвращению развития ЧС и осуществление АСР.

а) оповещение об опасности и информирование о правилах поведения;

б) медицинская профилактика и использование средств защиты исходя из обстановки;

в) эвакуация работников с участков, на которых существует опасность поражения людей;

г) оказание пострадавшим первой медицинской и других видов помощи.

Для предотвращения или уменьшения последствий ЧС осуществляются предусмотренные планом действия по локализации аварии при остановке или изменении технологического процесса производства, а также по предупреждению взрывов и пожаров.

Одновременно проводятся разведка и оценка складывающейся обстановки, уточняются меры по защите персонала и ликвидации ЧС.

Выводы по разделу пять

В данном разделе рассмотрено обеспечение пожарной и взрывопожарной безопасности на производственном участке; произведен расчет естественного освещения; описаны действия формирования МЧС и работающих при возникновении чрезвычайных ситуаций.

					151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 6.1 Ориентировочные расчеты себестоимости изготовления детали

Себестоимость машиностроительной продукции - это выраженные в денежной форме текущие затраты предприятий (объединений) на её производство и реализацию.

Себестоимость продукции играет важную роль в производственной деятельности предприятия, в развитии отрасли машиностроения и народного хозяйства в целом. Она показывает, насколько эффективно используются средства труда, предметы труда и сам труд при изготовлении продукции. Снижение себестоимости лежит в основе увеличения общей суммы прибыли, а, следовательно, и размеров отчислений в фонды экономического стимулирования. Себестоимость служит важнейшим элементом хозяйственных отношений между предприятиями, а внутри них – между отдельными производственными подразделениями.

Расчет себестоимости продукции (С) определяем по формуле

$$C = M_3 + A_0 + P_0 + (O_{гсс} + O_{мс} + O_{оси} + O_{крк} + Z_{др})$$

где  $M_3$  – материальные затраты на производство и реализацию продукции;

$A_0$  – амортизационные отчисления на полное восстановление основных фондов;

$P_0$  – расход на оплату труда;

$O_{гсс}$  – отчисление на государственное социальное страхование;

$O_{оси}$  – отчисления по обязательному страхованию имущества;

$O_{крк}$  – плата за краткосрочные кредиты банков, кроме процентов по просроченным ссудам;

$Z_{др}$  – другие затраты на производство и реализацию продукции, включая затраты на ремонт средств.

Принимаем:  $M_3 = 786000000$  руб.,  $A_0 = 300000$ .,  $P_0 = 400000$ .,

$O_{гсс} = 76000$  руб.,  $O_{оси} = 60000$ .,  $O_{крк} = 90000$ руб.

Расчет себестоимости на партию деталей (период изготовления – 1 год; партия деталей 50000шт; вес 1 заготовки – 52,4 кг; нынешняя цена за кг стали составляет 300 руб; )

С учетом принятых значений получаем

$$C = 786000000 + 300000 + 400000 + (76000 + 60000 + 90000) = 786926000 \text{ руб.}$$

Себестоимость за единицу продукции  $786926000 : 50000 = 15738,5$ руб

Вывод по разделу шесть

В данном разделе произведены ориентировочные расчеты себестоимости изготовления детали "Цилиндр", которая составила 15738,5руб.

									Лист
									80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломной работе разработан технологический процесс механической обработки детали «Цилиндр» с использованием современного оборудования.

В качестве заготовки используется штамповка. Выполнен размерный анализ, благодаря чему припуски на механическую обработку минимально необходимые, что ведет к экономии металла, времени обработки, снижению себестоимости.

Технологический процесс разработан с учетом принципа постоянства баз и совмещения измерительной и технологической баз. Разработанное фрезерное приспособление, позволяет сократить время на обработку и зажим детали. Спроектированное приспособление для контроля радиального биения позволяет контролировать размер детали во время обработки, тем самым, снижая возможность брака и уменьшая время на контроль размера. Бортштанга для чистовой расточки позволяет сократить время на обработку при этом качество обработки повышается.

В строительном разделе спроектирован производственный участок механической обработки. Оборудование по ходу техпроцесса. В результате расчетов количества рабочих и их состава получили: 26 станочников, 6 вспомогательных рабочих, 5 инженерно-технических работника и 2 служащих. В качестве транспортных средств применяются подвесные конвейеры. Также для загрузки и выгрузки машин, коробок, монтажа оборудования в цехе предусмотрен мостовой кран грузоподъемностью 5т. Произведены расчеты площадей склада деталей и заготовок. Принята уборка стружки специальным устройством с участием электротележки модели ЭТМ, грузоподъемностью 1 т. Произведен расчет площади участка, а также выбор типов, формы здания.

В работе рассмотрено обеспечение пожарной и взрывопожарной безопасности на производственном участке; произведен расчет естественного освещения; описаны действия формирования МЧС и работающих при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Произведены ориентировочные расчеты себестоимости изготовления детали.

Таким образом, цель работы достигнута, задачи – решены.

									Лист
									81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков/ М.А. Ансеров. – Л.: Машиностроение, 1975. – 654с.
- 2 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя.: В 3 т./ В.И. Анурьев. – 8-е изд. – М.: Машиностроение, 2001. – Т.1. – 920с.
- 3 Дальский, А.Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./ под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение – 1, 2001. – 941 с.
- 4 Допуски и посадки: Справочник.: В 2-х ч./ под ред. В.Д. Мягкова. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1978. – 480 с.
- 5 Жадан, В.Т. Технология металлов и других конструкционных материалов/ В.Т. Жадан, Б.Г. Гринберг, В.Я. Никонов. – 2-е изд. перераб. и доп. проф. Полухина П.И. – М.: Высш. шк., 1970. – 704с.
- 6 Коснилова, А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М.А. Калинин. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
- 7 Матвеев, В.В. Проектирование экономических технологичных процессов в машиностроении / В.В. Матвеев, Ф.И. Бойков, Ю.Н. Свиридов. – Челябинск: Юж.- Урал. кн. изд-во, 1979. – 111 с.
- 8 Общемашиностроительные нормативы режимов резанья для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1974. – 535 с.
- 9 Иванченко, Ф.К. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин / Ф.К. Иванченко. – Киев.: Высш. Шк., 1978. – 576 с.
- 10 Иващенко, А.П. Справочник мастера – машиностроителя / А.П. Иващенко – Киев.: Гос. изд. Технической литературы УССР, 1962. – 456 с.
- 11 Спиваковский, А.О. Транспортирующие машины: Атлас конструкций: учебное пособие для вузов / А.О. Спиваковский. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 327 с.
- 12 Спиваковский, А.О. Транспортирующие машины / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.
- 13 Хисин, Р.И. Общемашиностроительные нормативы времени / Р.И. Хисин. – М.: Машиностроение, 1964. – 323 с.
- 14 Чернох, С.А. Справочник по машиностроению в 2-х т. / под ред. И.С. Ачеркана. –М.: Машиностроение, 1964. – 727 с.
- 15 <http://www.smz-stanki.ru/>
- 16 <http://www.izts.ru/home/>
- 17 <http://okuma-russia.ru/>
- 18 [http://www.wfl.at/?sc\\_lang=ru](http://www.wfl.at/?sc_lang=ru)
- 19 <http://www.tiz.ru/>
- 20 <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/pages/default.aspx?country=ru>
- 21 <http://www.partnerural.ru/product/coolant>

						151900.2016.127.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			82