

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

Видениев Ю. А.

(Ф.И.О.)

Ю. Видениев

(подпись)

31 мая 2016 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,

к.т.н., профессор

С.В. Сергеев

С.В. Сергеев

2016 г.

Участок механической обработки детали «Корпус 630.0.01.05.00.02»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
151900.2016.021.000ПЗ ВКР

Консультанты:

Руководитель работы

С.П. Пестов

С.П. Пестов, доцент

25.05 2016 г.

Безопасность жизнедеятельности

В.Г. Некрутов

В.Г. Некрутов, доцент

2016 г.

Автор работы

студент группы УКФл-412

А.В. Ведищев

А.В. Ведищев

2016 г.

Строительный раздел

Е.Н. Гордеев

Е.Н. Гордеев, к.т.н., доцент

2016 г.

Нормоконтролер

А.В. Иршин

А.В. Иршин, ст. препод.

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

 /Сергеев С.В./
_____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

Ведищева Александра Вячеславовича

Группа УКФл-412

1. Тема работы Участок механической обработки детали «Корпус 630.0.01.05.00.02»
утверждена приказом по университету от «15» 04 2016г. № 661
2. Срок сдачи студентом законченной работы 1 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 Годовая программа выпуска деталей $N_{год}=30000$
 - 3.5 Материал курсового проекта по дисциплине «Технология машиностроения»

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

Аннотация

Оглавление

Введение

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

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

4.3 Конструкторский раздел. Проектирование оправки цанговой. Расчет и проектирование многошпиндельной головки. Проектирование контрольного приспособления для замера радиального и торцового биения. Выводы.

4.4 Строительный раздел. Выбор и определение количества оборудования. Определение необходимого состава работающих и их численности. Определение площади складов. Выбор типов транспортных и грузоподъемных средств и определение их количества. Выбор способа транспортирования стружки. Планировка участка, определение его основных размеров. Выводы.

4.5 Безопасность жизнедеятельности. Обеспечение электробезопасности на производственном участке. Расчет необходимого воздухообмена. Мероприятия по защите от чрезвычайных ситуаций, вызванных атмосферными осадками.. 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 (Корпус) | 0,5 л |
| 2 Чертеж заготовки | 0,5 л |
| 3 Размерный анализ (схема первой проекции) | 1,0 л |
| 4 Цанговый патрон | 1,0 л |
| 5 Многошпиндельная головка для сверления 6-ти отверстий | 1,5 л |
| 6 Приспособление для контроля радиального и торцового биения | 1,0 л |
| 7 Таблица сравнения технологий | 1,0 л |
| 8 Планировка участка | 1,0 л |

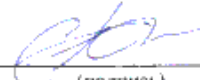
Всего 7,5 листов

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

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Строительный	Е.Н. Гордеев	 12.02.16	
Безопасность жизнедеятельности	В.Г. Некрутов		

7. Дата выдачи задания 02.02.2016

Руководитель Пестов Сергей Петрович
(ФИО)


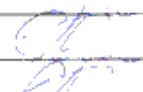
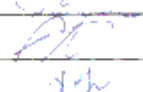

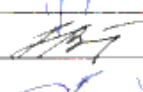
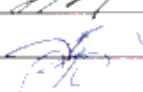

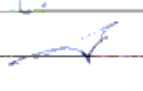

(подпись)

Задание принял к исполнению 02.02.2016

Студент-дипломник Ведищев Александр Вячеславович
(ФИО)


(подпись)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов дипломной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении
Введение Обзорный анализ	2.03.2016	
Технологический раздел	10.03.2016	
Конструкторский раздел	26.03.2016	
Строительный раздел	5.04.2016	
Безопасность жизнедеятельности	15.04.2016	
Экономический раздел	1.05.2016	
Оформление проекта	25.05.2016	
Направление на рецензию	1.06.2016	

Зав. кафедрой _____ /С.В. Сергеев/


(подпись)

Руководитель работы _____ /С.П. Пестов/


(подпись)

Студент-дипломник _____ /А.В. Ведищев/


(подпись)





АННОТАЦИЯ

Ведищев А.В. Участок механической обработки детали «Корпус 630.0.01.05.00.02» Усть – Катав, филиал ФГБОУ, ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть – Катаве; 2015, 88с., 32 ил., библиографический список – 12 наим., 58 листов карт технологического процесса, 6 листов чертежей ф.А1, 3 листа чертежей ф.А2.

На основе существующего технологического процесса в данной дипломной работе спроектирован более совершенный технологический процесс по обработке детали «Корпус» на базе станков с ЧПУ. Спроектирована многошпиндельная головка. Разработаны контрольное приспособление для контроля торцового и радиального биения, оправка цанговая.

В строительном разделе дипломного проекта выполнена рациональная планировка участка механического цеха. В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены безопасные условия работы.

Использование спроектированного технологического процесса позволит снизить себестоимость изготовления детали на 17,65%.

					151900.2016.021.000 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Участок механической обработки детали «Корпус 630.0.01.05.00.02»		
Разраб.		Ведищев А.В.					
Провер.		Пестов С.П.		25.05			
Реценз.		Ведищев А.В.		31.05			
Н. Контр.		Иршин А.В.					
Утверд.		Сергеев С.В.					
					Лит.	Лист	Листов
					4	4	88
					Филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Усть-Катаве Кафедра «ТТиОМП»		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	8
1.1 Описание узла изделия. Служебное назначение детали	
1.2 Анализ соответствия требований чертежа детали её назначения	
1.3 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений.....	9
1.4 Задачи проектирования	11
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	12
2.1 Анализ технологичности детали и существующего технологического процесса	
2.2 Разработка предлагаемого варианта технологического процесса.....	13
2.2. 1 Выбор вида и метода получения заготовки	
2.2.2 Определение последовательности обработки поверхностей	
2.2.3 Выбор методов и определение количества переходов для обработки поверхностей детали.....	14
2.2.4 Формирование операций	15
2.3 Размерный анализ разработанного технологического процесса.....	16
2.4 Расчёт режимов резания и нормирование технологического процесса.....	36
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	44
3.1 Проектирование оправки цанговой	
3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования	
3.1.2 Проектирование схемы приспособления	
3.1.3 Расчёт элементов приспособления.....	45
3.1.4 Компоновка приспособления.....	47
3.2 Расчёт и проектирование многошпиндельной головки для сверления 6-ти отверстий.....	49
3.2.1 Определение многошпиндельной головки	
3.2.2 Разработка кинематической схемы многошпиндельной головки.....	50
3.2.3 Подбор подшипников головки	
3.2.4 Компоновка многошпиндельной головки.....	51
3.3 Проектирование контрольного приспособления для замера радиального и торцового биения.....	53
3.3.1 Разработка схемы замера	
3.3.2 Разработка схемы приспособления	
3.3.3 Расчёт элементов приспособления.....	54
3.3.4 Компоновка приспособления	56
3.3.5 Расчёт приспособления на точность	
4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	60
4.1 Выбор и определение количества оборудования	
4.2 Определение необходимого состава работающих и их численности	
4.2.1 Многостаночное обслуживание	

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		5

4.2.2	Определение количества вспомогательных рабочих.....	62
4.2.3	Определение количества инженерно – технических работников	
4.2.4	Определение количества служащих	
4.2.5	Определение количества работников технического контроля.....	63
4.3	Определение площади складов	
4.4	Выбор типа транспортных и грузоподъёмных средств и определение их количества.....	64
4.4.1	Расчёт потребного количества подъёмно – транспортного оборудования	
4.5	Выбор способа транспортирования стружки.....	66
4.7	Планировка участка, определение его основных размеров.....	67
5	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	72
5.1	Обеспечение электробезопасности на производственном участке	
5.2	Расчет необходимого воздухообмена.....	75
5.3	Мероприятия по защите от чрезвычайных ситуаций, вызванных атмосферными осадками.....	80
6	ОРГАНИЗАЦИОННО – ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	83
6.1	Расчёт себестоимости механической обработки детали	
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	87
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	88

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Технический прогресс в машиностроении характеризуется как улучшением конструкции машин, так и непрерывным совершенствованием технологии их производства.

Основной задачей является изготовление машин заданного качества при наименьших затратах материалов, минимальной себестоимости и высокой производительности. Эта задача может быть решена путём широкого применения прогрессивных технологических процессов, оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации, станков с программным управлением.

Цель проекта сокращение времени обработки, повышения качества продукции, внедрения передовых технологий.

Задачами проектирования являются: разработка технологического процесса, проектирование цанговой оправки, проектирование многошпиндельной головки для сверления 6-ти отверстий, проектирование контрольного приспособления для контроля торцового и радиального биения, определение экономического эффекта.

Объект работы – создание участка обработки деталь «Корпус».

Предмет работы – процесс разработки участка обработки детали «Корпус». Результаты работы рекомендуется использовать при изготовлении деталей типа «Корпус».

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		7

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Описание узла изделия. Служебное назначение детали

Деталь «Корпус», приведённая в соответствии с рисунком 1.1, входит в узел заземляющего устройства. Корпус является несущим элементом. Посредством отверстий на фланцевой части крепится к торцу ступицы колеса. В корпусе на подшипниках установлена ось, на которой закреплены посредством гайки корпуса левый и правый держатели для электрических щёток подвижных контактов. Корпус вращается, ось неподвижна. Щётки прикасаются к оси и выполняют функцию заземления. Корпус по условиям эксплуатации должен быть прочным и малогабаритным, чем объясняется материал детали. В соответствии с рисунком 1.2 изображён эскиз узла, в котором работает деталь.

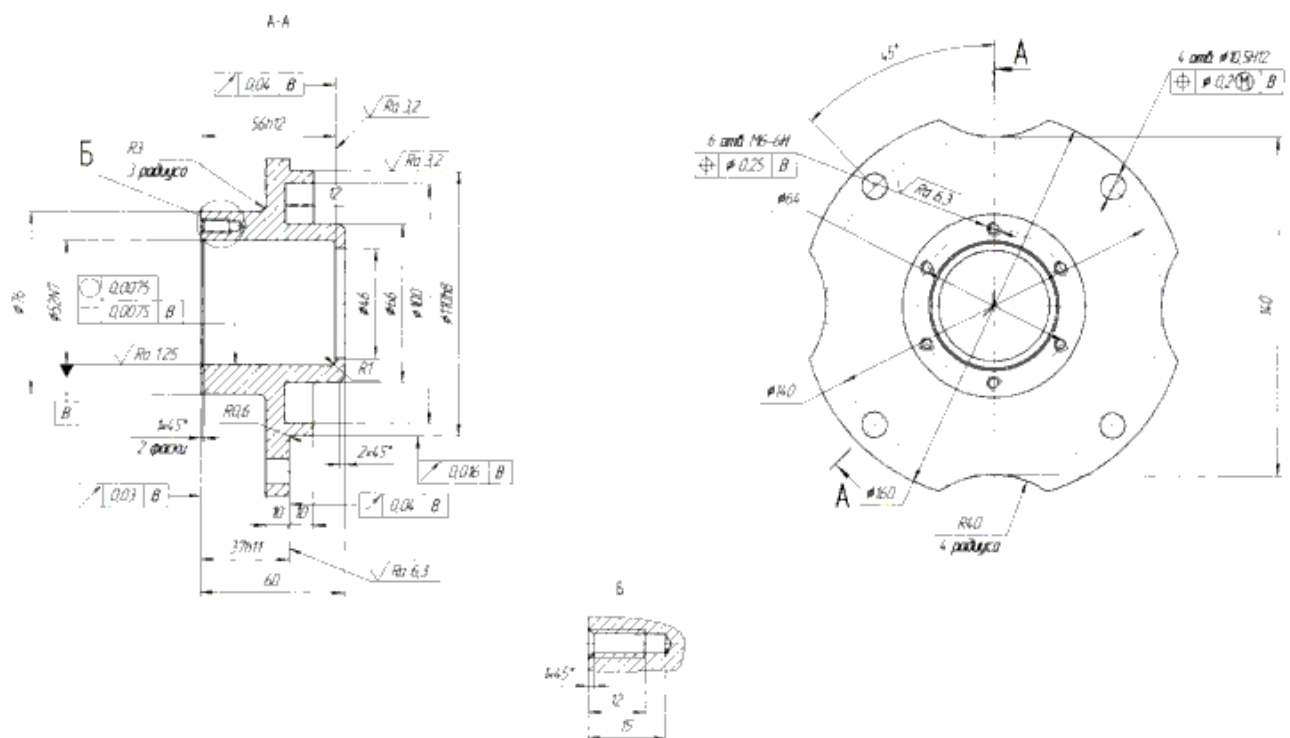


Рисунок 1.1 – Чертёж детали

1.2 Анализ соответствия требований чертежа детали требованиям ее назначения

Корпус входит в подборку трамвайной тележки и базируется в узле присоединительной поверхностью – торцем, и крепится винтами по отверстиям $\varnothing 10,5$. Внутри по прессовой посадке установлены наружные кольца подшипников качения, то выполнение поверхности $\varnothing 52N7$ с шероховатостью $Ra 1,25$ оправдано, поскольку это требуется для обеспечения точности положения колец подшипников и влияет на работоспособность узла. Выполнение присоединительного торца с допуском торцового биения $0,03$ мм обусловлено служебным назначением детали.

								Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата				8

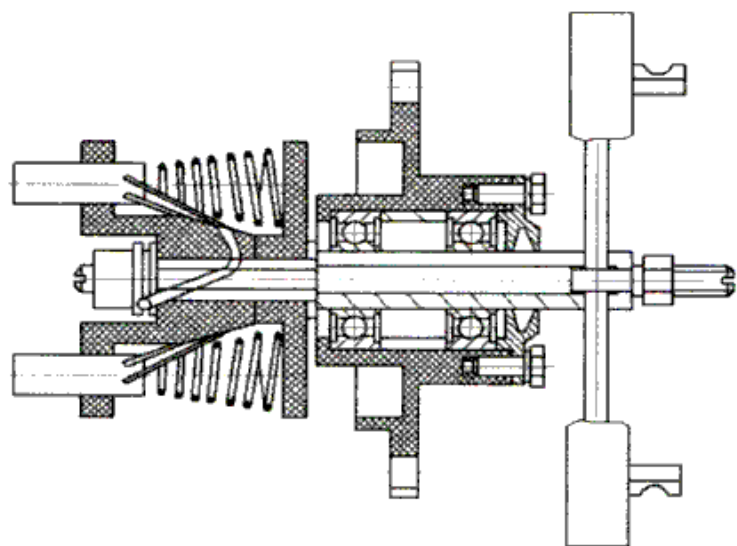


Рисунок 1.2 – Эскиз узла

Выполнение заплечика для подшипников с допуском торцового биения необходимо для нормальной работы узла. Выполнение поверхности $\varnothing 110$ с шероховатостью Ra 3,2 и торца с шероховатостью Ra 6,3, а также требование радиального биения 0,016 мм, и торцового биения 0,04 мм, необходимо и оправдано с целью повышения срока службы узла, поскольку по этой поверхности деталь контактирует с уплотнительным кольцом.

1.3 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений

Многие отрасли промышленности испытывают серьезные трудности, обусловленные влиянием мирового экономического кризиса. В частности, в автомобильной промышленности наблюдается 50-процентный спад объемов продаж новых автомобилей. В последние годы на японском, корейском, американском и других рынках наблюдается падение объемов производства автомобилей и, соответственно, снижение прибыли компаний. Для повышения производительности в автомобильной промышленности требуется значительное сокращение времени, затрачиваемого на металлообработку. Для снижения времени цикла на 20...40% необходимо применение современных технологий, несущих значительные выгоды по сравнению с традиционными методами. Компания ISCAR предлагает уникальный металлообрабатывающий инструмент, который позволит существенно сократить трудоемкость производства в автомобильной промышленности. Компания ISCAR известна своими инновационными решениями в области высокоскоростного металлообрабатывающего инструмента. Качество, производительность, стабильность и надежность инструмента ISCAR стали неоспоримыми, а новизна конструкций и технологий металлообработки являются уникальными.

Компания ISCAR предлагает высокопроизводительный инструмент серии HELITURN TG и HELITURN LD, обладающий особой геометрией с криволинейной режущей кромкой, позволяющий значительно снизить силы резания. Дополнительный эффект дает применение высококачественных твердых сплавов и покрытий -

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		
					9	

тий известной серии SUMO TEC. Большинство автозапчастей, например, вал шестерни, ведущие валы и передаточные валы, требуют применения инновационных технологий для черновой/чистовой механообработки. Высокотехнологичный токарный инструмент компании ISCAR позволяет сократить время механообработки на 30...50%. Благодаря минимальному количеству проходов и высокой скорости механообработки удастся добиться максимальной эффективности токарной обработки при минимальном затрачиваемом времени.

Специалисты компании ISCAR первыми разработали высокотехнологичный универсальный инструмент для точения канавок приведённый в соответствии с рисунком 1.3. В частности, это режущие пластины серии HELI-GRIP и CUT-GRIP. По сравнению с традиционным инструментом универсальные режущие пластины обладают неоспоримыми преимуществами и устанавливают новый стандарт качества в области механообработки автомобильных деталей. Данный инструмент предлагаю использовать в 020 операции для растачивания канавки. Инструмент создан специально для механообработки ведущих валов, распределительных валов, деталей гидравлической системы и коробки передач с учетом жестких допусков и требований.



Рисунок 1.3 – Инструмент для точения канавок

Такие универсальные режущие пластины позволяют обойтись меньшим количеством токарного инструмента (на 40%), необходимого для выполнения подобных операций. Универсальные канавочные пластины подходят для выполнения различных операций, включая прорезку канавок и токарную обработку, а также благодаря особой геометрии предусматривают возможность облегченной (с малой глубиной резания) проточки углублений (шеек) между торцевыми поверхностями деталей.

Снижением необходимого количества инструментов для данного цикла механообработки удастся добиться до 30 % экономии времени. Компания ISCAR разработала специальный инструмент для изготовления распредвалов двигателей грузовиков, предусматривающий возможность протачивания канавки врезанием за один проход с использованием пластин шириной до 28 мм (1,1 дюйма). Характерная особенность этих пластин - это короткая стружка, быстро удаляемая из рабочей зоны и не касающаяся обработанной поверхности. После обработки такой пластиной поверхность детали становится идеальной. Прочные V-образные державки обеспечивают надежное крепление пластины и, следовательно, высокое качество механообработки.

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		10

Поскольку последние годы в автомобильной промышленности наблюдается повышенный спрос на детали, изготавливаемые из закаленной стали, компания ISCAR предлагает широкий ассортимент режущих пластин стандарта ISO и серии CUT-GRIP на основе кубического нитрида бора (КНБ), показавшие отличные результаты при механообработке изделий из закаленной стали (52-65 HRC). Кроме одногранных пластин КНБ дополнительно предлагаются четырехгранные и шестигранные режущие пластины типа CNGA, WNGA, DNGA и TNGA. Компания ISCAR также выпускает керамические пластины для механообработки других высокопрочных материалов. Это экономически выгодные инструменты, особенно в сравнении с токарными пластинами КНБ, идеально подходящие для высокоскоростной токарной обработки изделий из высокопрочных материалов.

Использование данного режущего инструмента в России не велико, хотя оно позволило бы повысить скорости резания, обрабатывать детали с большой твердостью, сократить время обработки, повысить качество обрабатываемых поверхностей, производить обработку некоторых видов стали без подачи СОЖ и тд. Все это могло бы снизить общие затраты на производство.

1.4 Задачи проектирования

- разработка технологического процесса
- проектирование цанговой оправки
- проектирование многошпиндельной головки для сверления 6-ти отверстий
- проектирование контрольного приспособления для контроля торцового и радиального биения
- определение безопасных условий работы
- определение себестоимости изготовления детали

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		11

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Анализ технологичности детали и существующего технологического процесса

Технологический процесс механической обработки детали зависит от большого числа факторов, важным из которых является конструкция детали, которая определяет её технологичность.

Технологическая конструкция детали должна предусматривать наиболее рациональный способ получения заготовки. Форма детали позволяет получить заготовку с размерами, близкими к размерам готовой детали.

Заготовка для детали получена рациональным способом - она является поковой штампованной. С учетом заданного объема выпуска и типа производства, заготовку предлагаю производить на КГШП.

Конструкция детали обеспечивает возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления и ремонта. По всем этим параметрам деталь является технологичной.

Анализ существующего техпроцесса позволил выявить следующие факторы, значительно увеличивающие трудоемкость и себестоимость изготовления детали:

- базовый техпроцесс состоит из 10 операций
- вся механическая обработка разбита на простейшие переходы
- обработка на универсальном оборудовании
- технологическая цепочка является хаотичной, т. к. оборудование, на участке, сгруппировано по видам
- для базирования и закрепления детали применяются универсальные приспособления

Токарная обработка данной детали в базовом варианте выполняется на токарно - винторезных станках 16К20 и 163, зажимается в трехкулачковом патроне, предлагаю заменить станок на токарно - винторезный с ЧПУ NEF 400 и разработать на чистовой операции цанговую оправку.

Применение оборудования с ЧПУ позволяет сократить штучное время на обработку.

Сверлильная операция выполняется на радиально - сверлильном станке 2Н55.

В данной операции производится сверление под резьбу и нарезка резьбы М6-6Н. Операция немеханизирована, обработка последовательна. Предлагаю разработать специальную многошпиндельную сверлильную головку для одновременного сверления и нарезания резьбы М6-6Н на вертикально - сверлильном станке.

В базовом техпроцессе контроль расположения поверхностей детали осуществляется на станке индикатором часового типа.

Предлагаю спроектировать центрирующее контрольное приспособление для измерения торцового и радиального биения с рожковой мембраной и пневмоприводом.

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		12

2.2 Разработка предлагаемого варианта технологического процесса

2.2.1 Выбор вида и метода получения заготовки

В современном производстве одним из основных направлений развития технологии механической обработки является использование заготовки с экономически конструктивными формами, обеспечивающими возможность применения наиболее рациональных и экономичных способов их обработки, т.е. обработки с наибольшей производительностью и наименьшими отходами металла в стружку.

Это направление требует непрерывного повышения точности поверхности заготовок с приближенными конструктивными формами и размерами к готовым деталям.

В качестве заготовки, для детали «Корпус», учитывая конструкцию детали, тип производства и прочие параметры предлагается использовать данную деталь, имеющую размеры, приближенные к размерам детали.

Выбор заготовки – штамповка обосновывается большими перепадами диаметральных размеров и расположением отдельных элементов детали в разных плоскостях.

Заготовку такого вида можно получить с помощью различных методов. В проекте будет применяться следующий метод – штамповка на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП). Он позволяет получить несколько заготовок за один ход пресса, экономичнее по расходу металла, чем литье, имеет одну плоскость разъема штампа, в отличие от штамповки на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Такой метод позволяет получить заготовку 12 качества точности, шероховатости Rz 200. В соответствии с рисунком 2.1 изображена форма заготовки, из которой производится деталь.

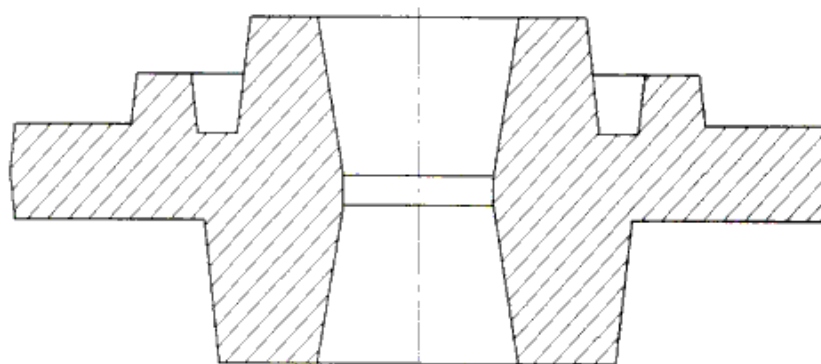


Рисунок 2.1 – Форма заготовки

2.2.2 Определение последовательности обработки поверхностей

Для определения последовательности обработки определим базовые поверхности детали.

Базовые поверхности делятся на вспомогательные, функциональные и основные.

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		13

Основными базовыми поверхностями являются поверхности: $\varnothing 52N7$, торец $\varnothing 76$.

Функциональной базой является поверхность М6-6Н.

Остальные поверхности – вспомогательные базовые поверхности.

В первую очередь производится черновая обработка всех вспомогательных базовых поверхностей, затем – обработка основных базовых поверхностей, и только после этого производится чистовая обработка основных базовых поверхностей и обработка функциональных базовых поверхностей.

2.2.3 Выбор методов и определение количества переходов для обработки поверхностей детали

Диаметральные размеры:

- 1) $\varnothing 160 h14$; $Ra=10$;
 - а) точение черновое IT 12, $Rz = 100$;
 - б) точение получистовое IT 11, $Rz = 50$;
 - в) точение чистовое IT 8, $Rz = 12,5$
- 2) $\varnothing 76 h 14$; $Ra=10$ совмещается с обработкой торца размера $10 \pm IT14/2$ торец правый $Ra=10$;
переходы см. позицию 1
 - а) точение черновое IT 12, $Rz = 100$;
 - б) точение получистовое IT 11, $Rz = 50$;
 - в) точение чистовое IT 8, $Rz = 12,5$;
 - г) точение тонкое IT 6, $Rz = 3,2$.
- 3) $\varnothing 110h8$; $Ra=3,2$ совмещается с обработкой торца размера $10 \pm IT14/2$ торец правый $Ra=6.3$;
 - а) точение черновое IT 12, $Rz = 100$;
 - б) точение получистовое IT 11, $Rz = 50$;
 - в) точение чистовое IT 8, $Rz = 12,5$;
 - г) точение тонкое IT 6, $Rz = 3,2$.
- 4) $\varnothing 66 h14$; $Ra=10$;
переходы см. позицию 1.
- 5) $\varnothing 100H14$; $Ra=10$ совмещается с обработкой линейного размера $12 \pm IT 14/2$ торец $Ra=10$;
 - а) растачивание черновое IT 12, $Rz = 100$;
 - б) растачивание получистовое IT 10, $Rz = 25$;
 - в) растачивание чистовое IT 9, $Rz = 12,5$;
- 6) $\varnothing 46H14$; $Ra=10$;
 - а) растачивание черновое IT 12, $Rz = 100$;
 - б) растачивание получистовое IT 10, $Rz = 25$.
- 7) $\varnothing 52N7$; $Ra=1.25$ совмещается с обработкой линейного размера $56 \pm IT 12/2$ торец $Ra=3,2$;
 - а) растачивание черновое IT 12, $Rz = 100$;
 - б) растачивание получистовое IT 10, $Rz = 25$;

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		14

- в) растачивание чистовое IT 9, Rz = 12,5;
- г) растачивание тонкое IT 7, Rz = 3,2.
- 8) Обработка отверстий $\varnothing 10,5H12$ Ra=25 с обеспечением размера $\varnothing 140 \pm IT14/2$;
 - а) сверление IT 12, Rz = 100.
- 9) Обработка отверстий $\varnothing 4,9H12$ под резьбу с обеспечением размеров $15 \pm 0,215$ Ra= 25; $\varnothing 64 \pm IT14/2$;
 - а) сверление IT 12, Rz = 100;
- 10) Обработка M16– 6H; Ra =6,3 с обеспечением размера $12 \pm 0,215$ и $\varnothing 64 \pm IT14/2$;
 - а) нарезание метчиком IT 6, Rz = 25.
- 11) Фрезерование пазов R40 Ra =6,3 с обеспечением размера $12 \pm 0,215$;
 - а) фрезерование черновое IT 10, Rz = 25.

Линейные размеры:

1) Размер 60 h14; торец левый Ra=10; торец правый Ra=10

Торец левый:

- а) торцевое точение черновое IT14; Rz=200;
- б) торцевое точение получистовое IT12; Rz=100;
- в) торцевое точение чистовое IT9; Rz=25.

Торец правый:

- а) торцевое точение черновое IT14; Rz=200;
- б) торцевое точение получистовое IT 12; Rz=100;
- в) торцевое точение чистовое IT9; Rz=25;
- г) торцевое точение тонкое IT 7; Rz=6,3.

2) Размер 37h11; торец левый Ra=10; торец правый Ra=6,3

Обработка правого торца совмещена с обработкой $\varnothing 110h8$; Ra=3,2, переходы:

- а) торцевое точение черновое IT14; Rz=200;
- б) торцевое точение получистовое IT 12; Rz=100;
- в) торцевое точение чистовое IT9; Rz=25;
- г) торцевое точение тонкое IT 7; Rz=6,3.

3) Размер 56h12; торец левый Ra=10; торец правый Ra=3,2

Обработка правого торца совмещена с обработкой $\varnothing 52N7$; Ra=2,5, переходы см. позицию 2 торец правый.

4) Размер 10H14 торец левый Ra=6,3; торец правый Ra=10

Торец левый см. позицию 2. Торец правый переходы см. позицию 1.

5) Размер 10h14 торец левый Ra=10; торец правый Ra=6,3

Торец правый см. позицию 2. Торец левый переходы см. позицию 1.

6) Размер 12 H14 торец левый Ra=10; торец правый Ra=10

Торец правый см. позицию 4. Торец левый переходы см. позицию 1.

2.2.4 Формирование операций

Операция 000 Заготовительная. Штамповка на КГШП.

Операция 005 Токарная.

Точение $\varnothing 76, \varnothing 160$ начерно, черновая подрезка правых торцев размеров 10, 60.

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		15

Операция 010 Токарная с ЧПУ. Станок NEF 400.

Точение черновое $\varnothing 66$, $\varnothing 110$, с подрезкой торцев размеров, 60, 37, 10; получистовое точение $\varnothing 160$, растачивание $\varnothing 46$, $\varnothing 52$ с подрезкой торца 56 черновое, растачивание $\varnothing 100$ начерно с подрезкой торца 12 черновое.

Операция 015 Автоматно-токарная. Станок NEF 400

1 переход: Растачивание отверстия $\varnothing 52$ с подрезкой торца 56, точение $\varnothing 76$ и растачивание отверстия $\varnothing 46$ получистовое, получистовая подрезка торцев размеров 10, 60; чистовое точение $\varnothing 160$.

2 переход: Растачивание отверстия $\varnothing 52$ с подрезкой торца 56 чистовое, чистовая подрезка торцев размеров 10, 60.

3 переход, тонкое растачивание $\varnothing 52$ с подрезкой торца размера 56

Операция 020 Токарная. Станок NEF 400

1 переход: Точение получистовое $\varnothing 66$, $\varnothing 110$, с подрезкой торцев размеров 60, 37, 10; получистовое растачивание $\varnothing 100$ с подрезкой торца 12.

2 переход: Точение чистовое $\varnothing 110$, с подрезкой торцев размеров 60, 37.

3 переход: Точение чистовое $\varnothing 66$, растачивание чистовое $\varnothing 100$ с подрезкой торца размера 12; Точение тонкое $\varnothing 110$ с подрезкой торца размера 37.

Операция 021 Токарная. Станок NEF 400

Чистовое точение $\varnothing 76$ с подрезкой торца размера 10.

Операция 025 Фрезерная. Станок 6P13.

Фрезерование пазов R40.

Операция 030 Сверлильная.

Одновременное сверление отверстий $\varnothing 10,5$

Операция 035 Сверлильная. 1 переход: сверление одновременно отв. $\varnothing 4,9$. 2 переход: нарезание резьбы в 6-ти отверстиях М6-6Н.

Операция 040 Слесарная.

Операция 045 Контрольная.

2.3 Размерный анализ разработанного технологического процесса

Размерный анализ проводится по методике профессора Матвеева В.В. [2]

Размерный анализ выполняют в следующей последовательности:

а) преобразуем чертеж детали в двух проекциях, на ось OX и ось OZ в системе координат XOZ;

б) намечаем маршрут обработки детали по операциям;

в) вычерчиваем схемы размеров по осям OX и OZ;

д) записываем уравнения размерных цепей и производим их расчет.

Преобразованный чертеж детали показан в двух проекциях: на ось OZ – в соответствии с рисунком 2.2 и на ось OX – в соответствии с рисунком 2.3, в системе координат XOZ.

Технологический маршрут обработки детали по операциям приведен в соответствии с таблицей 2.1

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		16

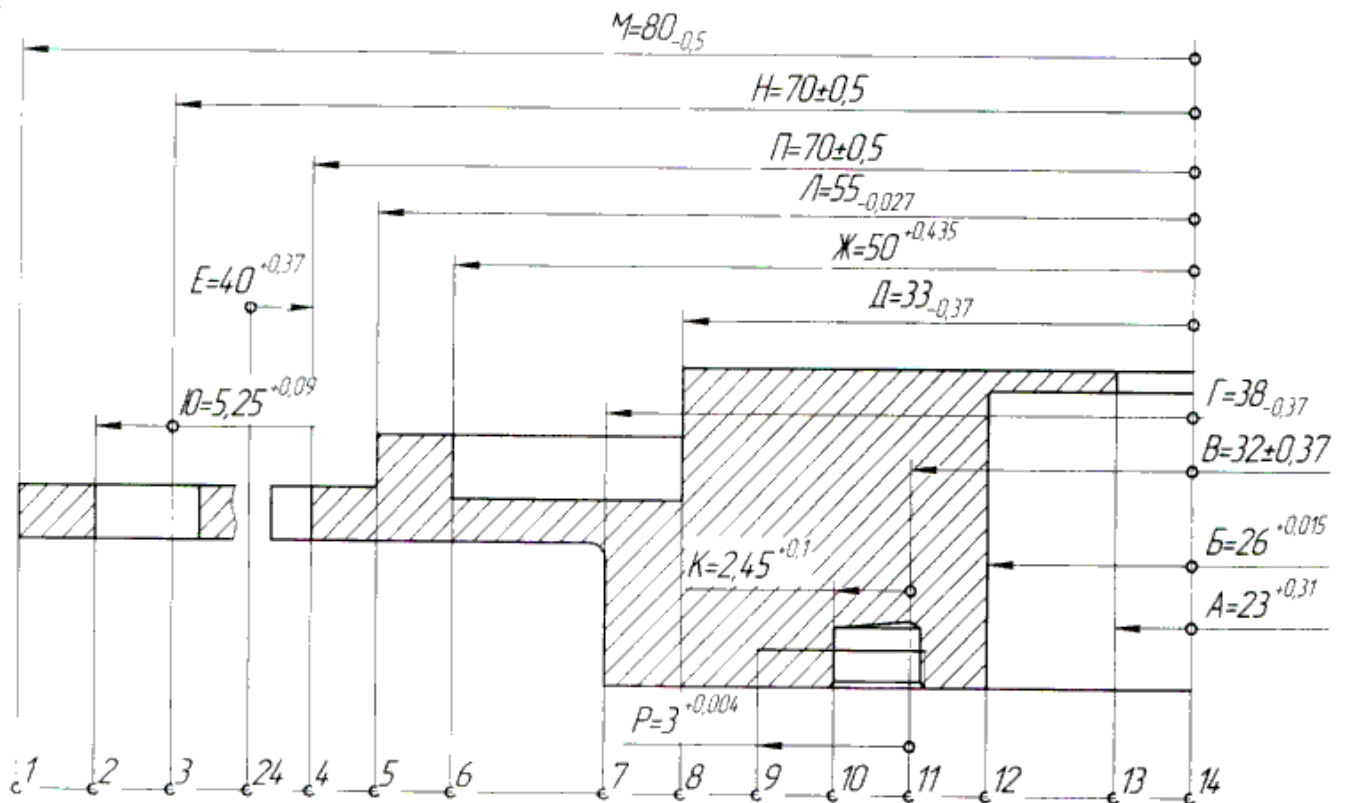


Рисунок 2.2 – Преобразованный чертёж на ось OX

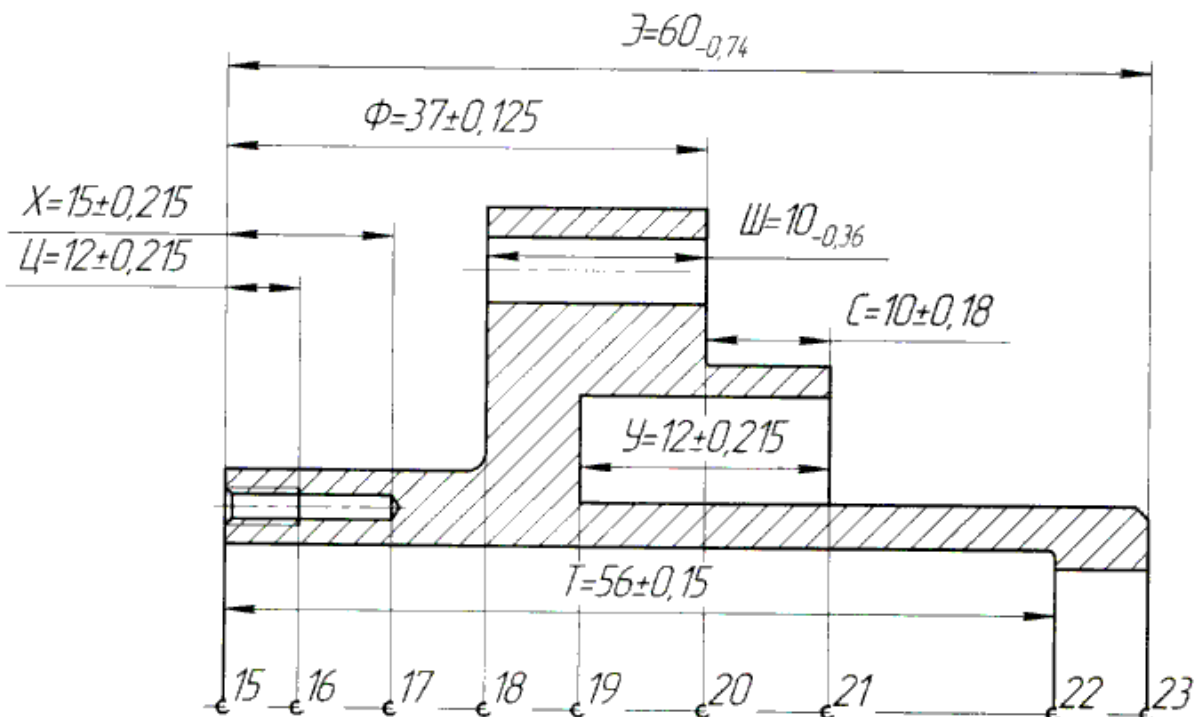


Рисунок 2.3 – Преобразованный чертёж на ось OZ

Таблица 2.1 – Маршрут обработки детали

Опера-ция	Эскиз	Допуски и ТТ
000 Заготовительная		<p> $T2A^0=1$ $T2D^0=1,2$ $T2M^0=1,6$ $T2Ж^0=1,4$ $T2Л^0=1,4$ $T2Г^0=1,2$ $TЭ^0=1,2$ $TУ^0=0,7$ $TС^0=0,36$ $TФ^0=1$ $TШ^0=0,36$ $◎13^0 14^0=0,8$ $◎7^0 14^0=1$ $◎5^0 14^0=1$ $◎8^0 14^0=1$ $◎6^0 14^0=1$ $◎1^0 14^0=1,2$ </p>
005 Токарная с ЧПУ		<p> $T2M^5=0,4$ $T2Г^5=0,3$ $TГ^5=0,74$ $TШ^5=0,36$ $TЭ^5=TЭ^5_{\text{табл}}$ $+Δ^0_{23}=0,74+0,5=1,24$ $◎7^5 8^0=0,25$ $◎1^5 8^0=0,3$ $⊥7^5 18^5=0,4$ </p>

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Продолжение таблицы 2.1

Опера-ция	Эскиз	Допуски и ТТ
010 Токарная с ЧПУ		<p> $T2B^{10}=0,3$ $T2Д^{10}=0,3$ $T2A^{10}=0,25$ $T2Ж^{10}=0,35$ $T2Л^{10}=0,35$ $T2M^{10}=0,25$ $TУ^{10}=0,43$ $TС^{10}=0,36$ $TЭ^{10}=TЭ^{10}_{\text{табл}}$ $+\Delta^{5}_{15}=0,74+0,3=1,04$ $TГ^{10}=TГ^{10}_{\text{табл}}$ $+\Delta^{5}_{15}=0,74+0,3=1,04$ $TФ^{10}=TФ^{10}_{\text{табл}}$ $+\Delta^{5}_{15}=0,62+0,3=0,92$ $\odot 13^{10}7^5=0,2$ $\odot 8^{10}7^5=0,25$ $\odot 6^{10}7^5=0,25$ $\odot 5^{10}7^5=0,25$ $\odot 1^{10}7^5=0,2$ $\odot 12^{10}7^5=0,2$ $\perp 20^{10}12^5=0,4$ </p>
015 Токарная с ЧПУ 1 переход		<p> $T2A^{15(1)}=0,1$ $T2M^{15(1)}=0,063$ $T2Г^{15(1)}=0,19$ $T2Б^{15(1)}=0,12$ $TГ^{15(1)}=0,3$ $TШ^{15(1)}=0,15$ $TЭ^{15(1)}=TЭ^{15(1)}_{\text{табл}} + \Delta^{10}_{23}$ $=0,3+0,3=0,6$ $\odot 12^{15(1)}8^{10}=0,1$ $\odot 13^{15(1)}8^{10}=0,08$ $\odot 7^{15(1)}8^{10}=0,16$ $\odot 1^{15(1)}8^{10}=0,05$ $\perp 22^{15(1)}12^{15(1)}=0,1$ </p>

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата

Продолжение таблицы 2.1

Опера-ция	Эскиз	Допуски и ТТ
015 Токарная с ЧПУ 2 переход		$T_{2B}^{15(2)}=0,074$ $TT^{15(2)}=0,074$ $T_{\text{Э}}^{15(2)}=T_{\text{Э}}^{15(2)}_{\text{табл}}$ $+\Delta_{23}^{10}=0,074+0,3=0,374$ $\textcircled{\text{O}}12^{15(2)}8^{10}=0,06$ $\textcircled{\text{O}}7^{15(2)}8^{10}=0,04$ $\perp 22^{15(2)}12^{15(2)}=0,025$ $\perp 15^{15(2)}12^{15(2)}=0,03$
015 Токарная с ЧПУ 3 переход		$T_{2B}^{15(3)}=0,03$ $TT^{15(3)}=0,03$ $\textcircled{\text{O}}12^{15(3)}8^{10}=0,025$ $\perp 22^{15(3)}12^{15(3)}=0,01$

Продолжение таблицы 2.1

Опера-ция	Эскиз	Допуски и ТТ
020 Токарная 1 переход		$T_{2D}^{20(1)}=0,19$ $T_{2Ж}^{20(1)}=0,14$ $T_{2Л}^{20(1)}=0,22$ $T_{У}^{20(1)}=0,18$ $T_{С}^{20(1)}=0,15$ $T_{Э}^{20(1)}=T_{Э}^{20(1)}$ табл $+Δ_{15}^{15(2)}=0,3+0,03=0,33$ $T_{Ф}^{20(1)}=T_{Ф}^{20(1)}$ табл $+Δ_{15}^{15(2)}=0,25+0,03=0,28$ $◎_{8}^{20(1)}_{12}^{15(3)}=0,16$ $◎_{6}^{20(1)}_{12}^{15(3)}=0,1$ $◎_{5}^{20(1)}_{12}^{15(3)}=0,16$ $⊥_{20}^{20(1)}_{12}^{15(3)}=0,16$
020 Токарная 2 переход		$T_{2Л}^{20(2)}=0,054$ $T_{Э}^{20(2)}=T_{Э}^{20(2)}$ табл $+Δ_{15}^{15(2)}=0,074+0,03=0,104$ $T_{Ф}^{20(2)}=T_{Ф}^{20(2)}$ табл $+Δ_{15}^{15(2)}=0,062+0,03=0,092$ $◎_{5}^{20(2)}_{12}^{15(3)}=0,04$ $⊥_{20}^{20(2)}_{12}^{15(3)}=0,04$

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Продолжение таблицы 2.1

Опера-ция	Эскиз	Допуски и ТТ
<p>020 Токарная 3 переход</p>		<p> $T_{2L}^{20(3)}=0,035$ $T_{\Phi}^{20(3)}=T_{\Phi}^{20(3)}_{\text{табл}}$ $+\Delta_{15}^{15(2)}=0,025+0,03=0,055$ $\perp_{20}^{20(3)}12^{15(3)}=0,016$ $T_C^{20(2)}=0,036$ $T_U^{20(3)}=0,043$ $T_{2Ж}^{20(3)}=0,087$ $T_{2Д}^{20(3)}=0,046$ $\odot 8^{20(3)}12^{15(3)}=0,04$ $\odot 6^{20(3)}12^{15(3)}=0,06$ $\odot 5^{20(3)}12^{15(3)}=0,025$ </p>
<p>021 Токарная</p>		<p> $T_{2\Gamma}^{201}=0,046$ $T_{\text{Ш}}^{21}=0,036$ $\odot 7^{21}8^{20(2)}=0,04$ </p>

Продолжение таблицы 2.1

Опера-ция	Эскиз	Допуски и ТТ
025 Фрезерная		$T2\Pi^{25}=0,63$ $T2E^{25}=0,12$
030 Сверлильная I переход		$T2Ю^{30(1)}=0,18$ $T2H^{30(1)}=0,25$

Продолжение таблицы 2.1

Опера-ция	Эскиз	Допуски и ТТ
030 Сверлильная 2 переход		$T2Ю^{30(2)}=0,07$ $T2Н^{30(2)}=0,25$
035 Сверлильная 1 переход		$T2K^{35(1)}=0,12$ $TВ^{35(1)}=0,74$ $TХ^{35(1)}=0,43$

Продолжение таблицы 2.1

Опера-ция	Эскиз	Допуски и ТТ
035 Сверлильная 2 переход		$T2P^{35(2)}=0,008$ $ТВ^{35(2)}=0,74$ $ТЦ^{35(2)}=0,43$

В соответствии с рисунками 2.4 и 2.5 представлены размерные схемы по оси OZ и OX.

В соответствии с рисунком 2.6 представлена схема пространственных отклонений.

Расчет размерных цепей по схеме пространственных отклонений

1. $[5,12]=5^{20(3)}, 12^{15(3)}$
 $0,016=0,016$ – обеспечивается.
2. $[20,12]=20^{20(3)}, 12^{15(3)}$
 $0,04 \geq 0,016$ – обеспечивается.
3. $[22,12]=22^{15(3)}, 12^{15(3)}$
 $0,04 \geq 0,01$ – обеспечивается.
4. $[15,12]=15^{15(2)}, 12^{15(2)}$
 $0,03 \geq 0,03$ – обеспечивается.

Расчет межоперационных размеров по схеме линейных размеров.

$$Z_{20}^{20(3)} = \Phi^{20(2)} - \Phi^{20(3)}$$

Дано: $\Phi^{20(3)}_{\min} = 36,9725$ $\Phi^{20(3)}_{\max} = 37,0725$ $T\Phi^{20(2)} = 0,092$

$$Z_{20}^{20(3)}_{\min} = 0,025 + 0,02 = 0,045 \text{ мм}$$

$$Z_{20}^{20(3)}_{\min} = \Phi^{20(2)}_{\min} - \Phi^{20(3)}_{\max}$$

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Инв № подл	Подл и дата	Взам инв №

Колыч	Лист	№ док	Подл	Дата

151900.2016.021.000 ПЗ

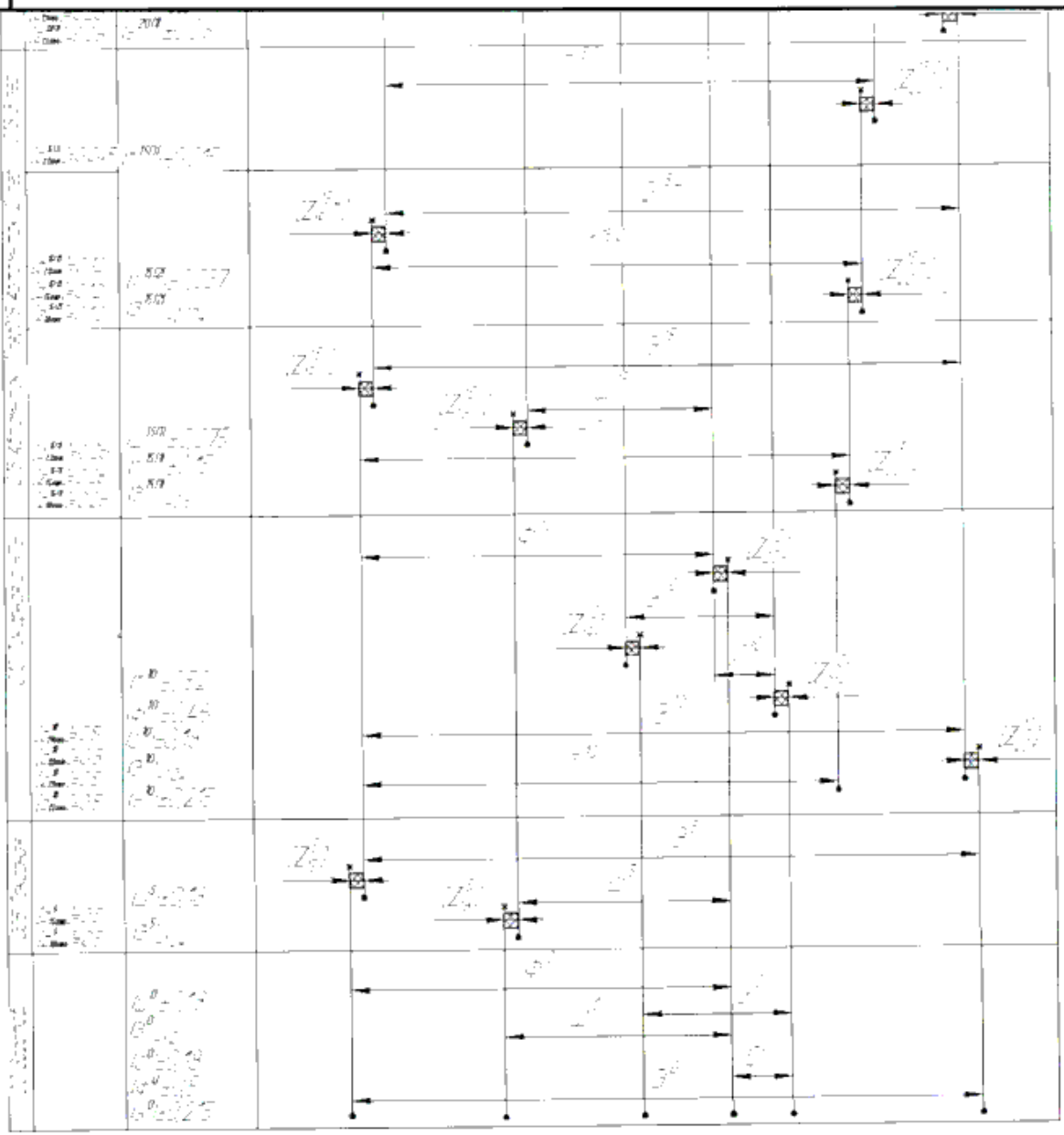


Рисунок 2.4 - Схема линейных размеров

Инв № подл	Подп и дата	Взам инв №

Изм	Колуч	Лист	№ док	Подп	Дата

151900.2016.021.000 ПЗ

Лист	27
------	----

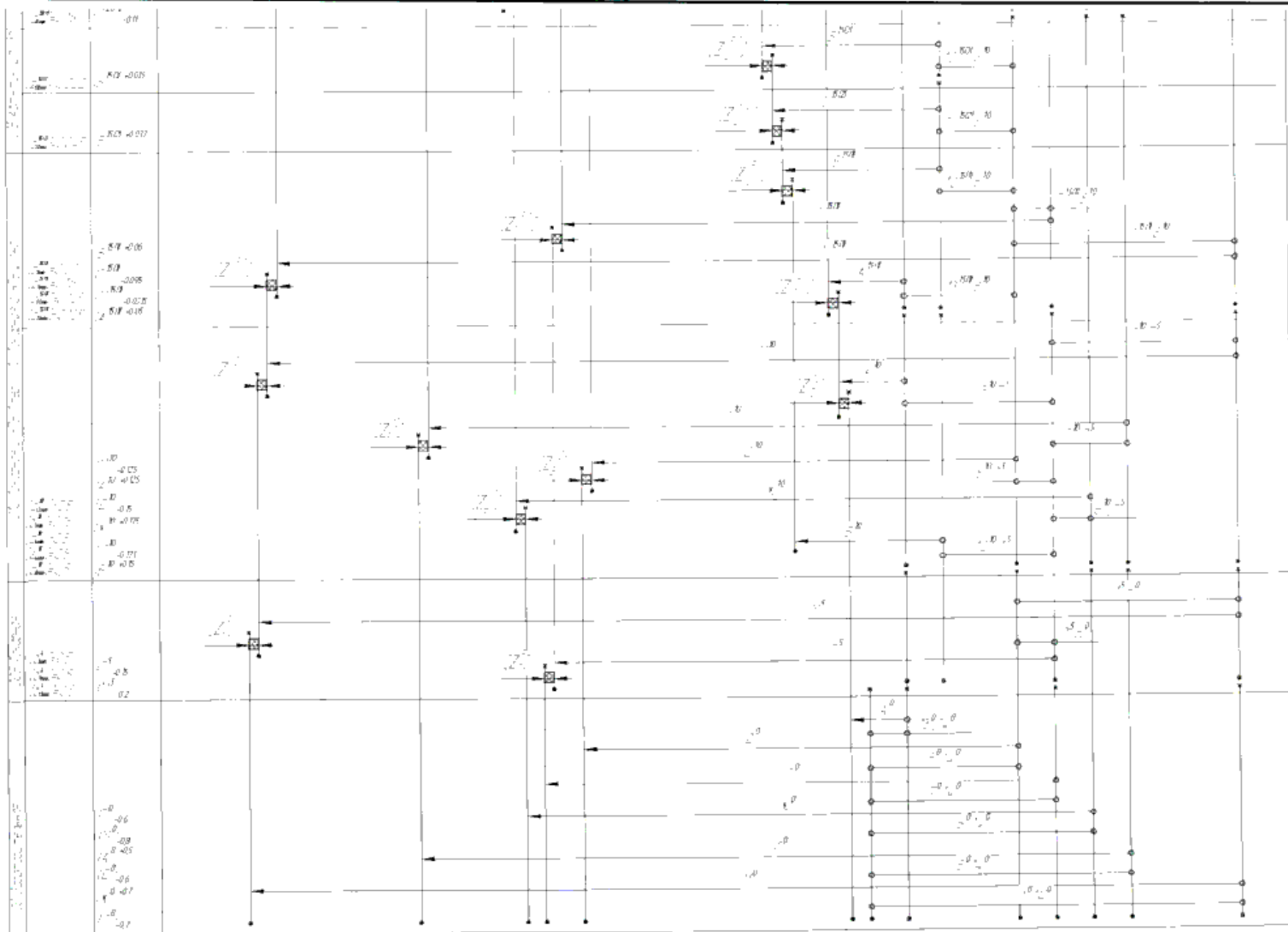


Рисунок 2.5 - Схема диаметральных размеров

Инд. № подл.

Подп и дата

Взам инд. №

Имя	Фамилия	№ докум.	Лист	Листов

151900.2016.021.000 И3

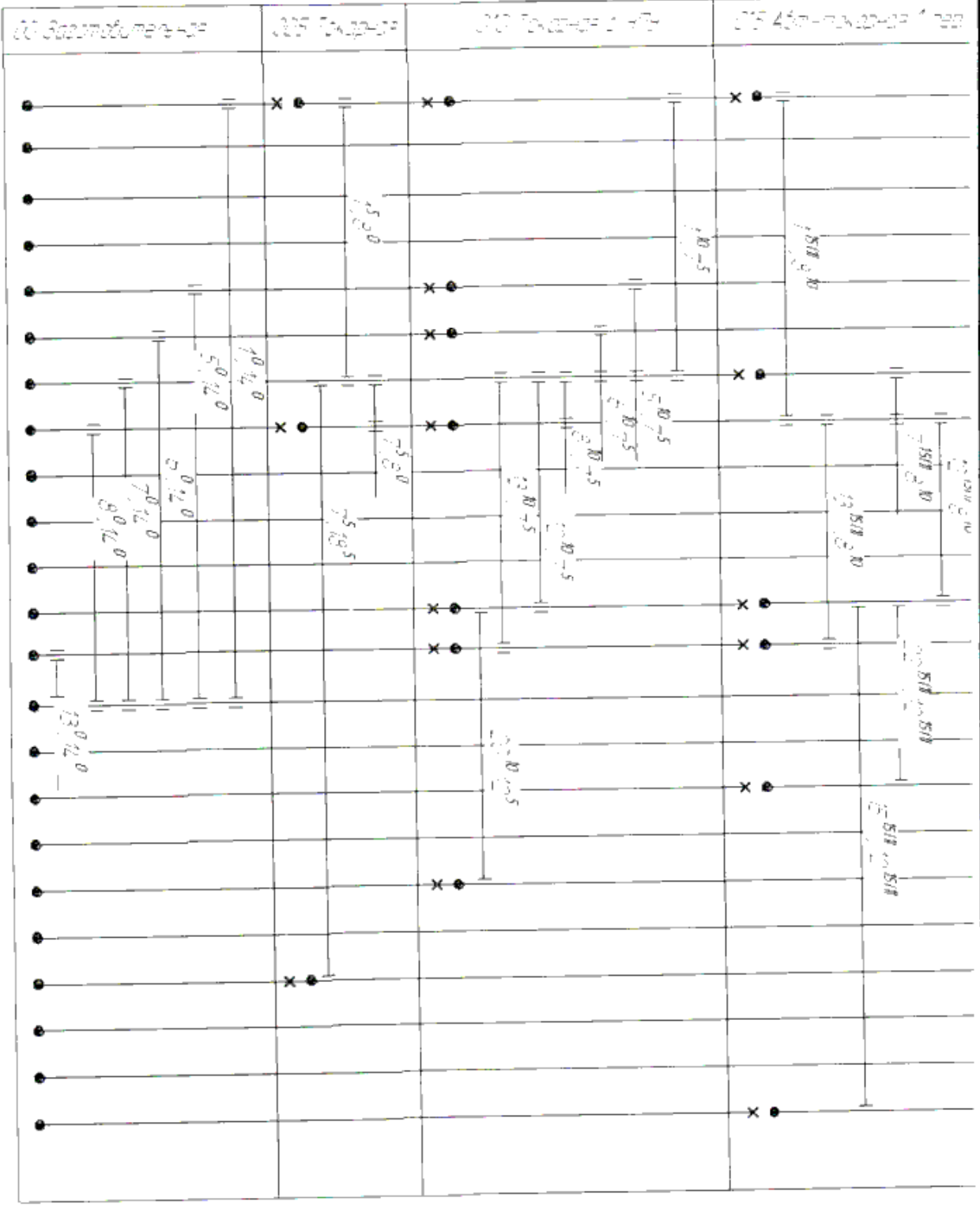
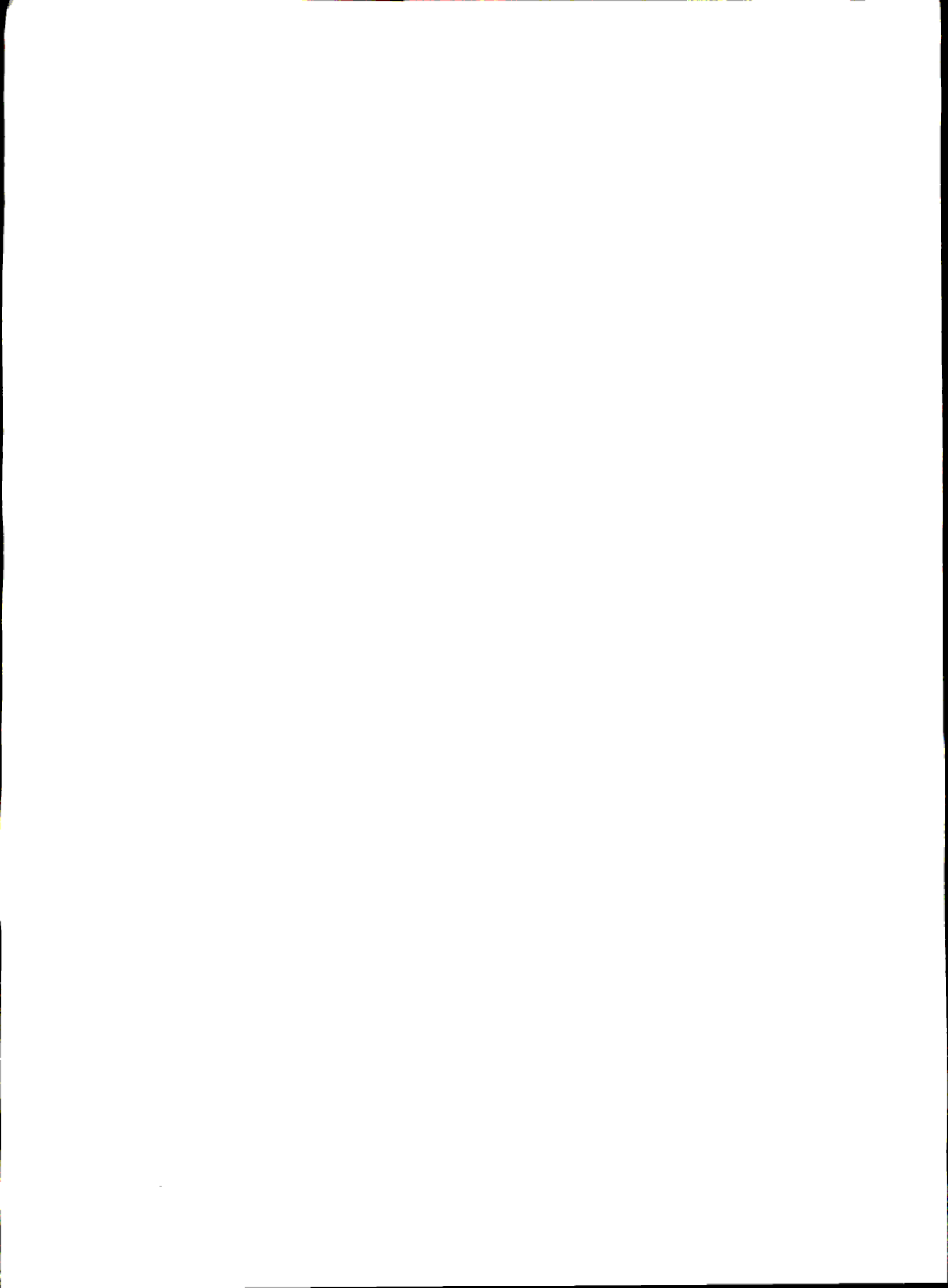


Рисунок 2.6 - Схема пространственных отклонений



$$\Phi_{\min}^{20(2)} = \Phi_{\max}^{20(3)} + Z_{20}^{20(3)}_{\min}$$

$$\Phi_{\min}^{20(2)} = 37,0275 + 0,045 = 37,0725 \text{ мм}$$

$$\Phi_{\max}^{20(2)} = \Phi_{\min}^{20(2)} + T\Phi^{20(2)} = 37,0725 + 0,092 = 37,5785 \text{ мм}$$

$$Z_{20}^{20(3)}_{\max} = \Phi_{\max}^{20(2)} - \Phi_{\min}^{20(3)}$$

$$Z_{20}^{20(3)}_{\max} = 37,0725 - 36,9725 = 0,192 \text{ мм}$$

Номинальный размер $\Phi^{20(2)} = \Phi_{\max}^{20(2)} - ES = 37,5785 - 0,046 = 37,1185 \text{ мм}$.

Ответ: $\Phi^{20(2)} = 37,11 \pm 0,046$ $Z_{20}^{20(3)}_{\max} = 0,192 \text{ мм}$.

Остальные уравнения, составленные по схеме линейных размеров, рассчитываются аналогично. Результаты расчёта сводим в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты расчёта размерных цепей по схеме линейных размеров

Исходное уравнение	Известные величины	Рассчитанные размеры
$Z_{20}^{20(2)} = \Phi^{20(1)} - \Phi^{20(2)}$	$\Phi_{\min}^{20(2)} = 37,0725$; $\Phi_{\max}^{20(2)} = 37,5785$; $T\Phi^{20(1)} = 0,28$; $Z_{20}^{20(2)}_{\min} = 0,1 + 0,02 = 0,12 \text{ мм}$.	$\Phi^{20(1)} = 37,86 \pm 0,14$; $Z_{20}^{20(2)}_{\max} = 0,956 \text{ мм}$.
$Z_{20}^{20(1)} = \Phi^{10} - \Xi^{10} + \Xi^{15(2)} - \Phi^{20(1)}$	$\Phi_{\min}^{20(1)} = 37,72$; $\Phi_{\max}^{20(1)} = 38$; $T\Phi^{10} = 0,92$; $Z_{20}^{20(1)}_{\min} = 0,2 + 0,06 = 0,26 \text{ мм}$.	$\Phi^{10} = 41,14 \pm 0,46$; $Z_{20}^{20(1)}_{\max} = 2,92 \text{ мм}$.
$Z_{20}^{10} = \Phi^0 - \Xi^0 + \Xi^5 - \Phi^{10}$	$\Phi_{\min}^{10} = 40,654$; $\Phi_{\max}^{10} = 41,574$; $T\Phi^0 = 1$; $Z_{20}^{10}_{\min} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ мм}$.	$\Phi^0 = 44,4965 \pm 0,5$; $Z_{20}^{10}_{\max} = 4,04 \text{ мм}$.
$Z_{21}^{20(3)} = C^{20(1)} + \Phi^{20(1)} - \Phi^{20(3)} - C^{20(3)}$	$C_{\min}^{20(3)} = 9,982$; $C_{\max}^{20(3)} = 10,018$; $TC^{20(1)} = 0,15$; $Z_{21}^{20(3)}_{\min} = 0,1 + 0,02 = 0,12 \text{ мм}$.	$C^{20(1)} = 9,565 \pm 0,075$; $Z_{21}^{20(3)}_{\max} = 0,492 \text{ мм}$.
$Z_{21}^{20(1)} = C^{10} + \Phi^{10} - \Xi^{10} + \Xi^{15(2)} - \Phi^{20(1)} - C^{20(1)}$	$C_{\min}^{20(1)} = 9,49$; $C_{\max}^{20(1)} = 9,64$; $TC^{10} = 0,36$; $Z_{21}^{20(1)}_{\min} = 0,2 + 0,06 = 0,26 \text{ мм}$.	$C^{10} = 9,82 \pm 0,18$; $Z_{21}^{20(1)}_{\max} = 1,87 \text{ мм}$.
$Z_{21}^{10} = C^0 + \Phi^0 - \Xi^0 + \Xi^5 - \Phi^{10} - C^{10}$	$C_{\min}^{10} = 9,64$; $C_{\max}^{10} = 10$; $TC^0 = 0,36$; $Z_{21}^{10}_{\min} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ мм}$.	$C^0 = 8,38 \pm 0,18$; $Z_{21}^{10}_{\max} = 2,04 \text{ мм}$.
$Z_{19}^{20(3)} = Y^{20(3)} - C^{20(3)} - \Phi^{20(3)} + \Phi^{20(1)} + C^{20(1)} - Y^{20(1)}$	$Y_{\min}^{20(3)} = 11,9785$; $Y_{\max}^{20(3)} = 12,0215$; $TY^{20(1)} = 0,18$; $Z_{20}^{20(3)}_{\min} = 0,1 + 0,02 = 0,12 \text{ мм}$.	$Y^{20(1)} = 11,888 \pm 0,09$; $Z_{19}^{20(3)}_{\max} = 0,715 \text{ мм}$.

Продолжение таблицы 2.2

Исходное уравнение	Известные величины	Рассчитанные размеры
$Z_{19}^{20(1)} = y^{20(1)} - C^{20(1)} - \Phi^{20(1)} + \mathfrak{E}^{15(2)} - \mathfrak{E}^{10} + \Phi^{10} + C^{10} - y^{10}$	$y^{20(1)}_{\min} = 11,798;$ $y^{20(1)}_{\max} = 11,978;$ $Ty^{10} = 0,43;$ $Z_{19}^{20(1)}_{\min} = 0,2 + 0,06 = 0,26 \text{ мм.}$	$y^{10} = 11,59 \pm 0,215;$ $Z_{19}^{20(1)}_{\max} = 1,055 \text{ мм}$
$Z_{19}^{10} = y^{10} - C^{10} - \Phi^{10} + \mathfrak{E}^5 - \mathfrak{E}^0 + \Phi^0 + C^0 - y^0$	$y^{10}_{\min} = 11,37;$ $y^{10}_{\max} = 11,8;$ $Ty^0 = 0,43;$ $Z_{19}^{10}_{\min} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ мм.}$	$y^0 = 9,16 \pm 0,215;$ $Z_{19}^{10}_{\max} = 2,17 \text{ мм.}$
$Z_{23}^{20(2)} = \mathfrak{E}^{20(1)} - \mathfrak{E}^{20(2)}$	$\mathfrak{E}^{20(2)}_{\min} = 59,896;$ $\mathfrak{E}^{20(2)}_{\max} = 60;$ $T\mathfrak{E}^{20(1)} = 0,33;$ $Z_{23}^{20(2)}_{\min} = 0,1 + 0,02 = 0,12 \text{ мм.}$	$\mathfrak{E}^{20(1)} = 60,21_{-0,33}$ $Z_{23}^{20(2)}_{\max} = 0,31 \text{ мм.}$
$Z_{23}^{20(1)} = \mathfrak{E}^{15(2)} - \mathfrak{E}^{20(1)}$	$\mathfrak{E}^{20(1)}_{\min} = 59,88;$ $\mathfrak{E}^{20(1)}_{\max} = 60,21;$ $T\mathfrak{E}^{15(2)} = 0,374;$ $Z_{23}^{20(1)}_{\min} = 0,2 + 0,06 = 0,26 \text{ мм.}$	$\mathfrak{E}^{15(2)} = 60,324_{-0,374}$ $Z_{23}^{20(1)}_{\max} = 0,444 \text{ мм}$
$Z_{15}^{15(2)} = \mathfrak{E}^{15(1)} - \mathfrak{E}^{15(2)}$	$\mathfrak{E}^{15(2)}_{\min} = 59,95;$ $\mathfrak{E}^{15(2)}_{\max} = 60,324;$ $T\mathfrak{E}^{15(1)} = 0,6;$ $Z_{15}^{15(2)}_{\min} = 0,1 + 0,02 = 0,12 \text{ мм.}$	$\mathfrak{E}^{15(1)} = 61,044_{-0,6}$ $Z_{15}^{15(2)}_{\max} = 1,094 \text{ мм.}$
$Z_{15}^{15(1)} = \mathfrak{E}^{10} - \mathfrak{E}^{15(1)}$	$\mathfrak{E}^{15(1)}_{\min} = 60,444;$ $\mathfrak{E}^{15(1)}_{\max} = 61,044;$ $T\mathfrak{E}^{10} = 1,04;$ $Z_{15}^{15(1)}_{\min} = 0,2 + 0,06 = 0,26 \text{ мм.}$	$\mathfrak{E}^{10} = 62,344_{-1,04}$ $Z_{15}^{15(1)}_{\max} = 1,9 \text{ мм.}$
$Z_{23}^{10} = \mathfrak{E}^5 - \mathfrak{E}^{10}$	$\mathfrak{E}^{10}_{\min} = 61,304;$ $\mathfrak{E}^{10}_{\max} = 62,344;$ $T\mathfrak{E}^5 = 0,62;$ $Z_{23}^{10}_{\min} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ мм.}$	$\mathfrak{E}^5 = 63,264_{-0,62}$ $Z_{23}^{10}_{\max} = 1,96 \text{ мм.}$
$Z_{15}^5 = \mathfrak{E}^0 - \mathfrak{E}^5$	$\mathfrak{E}^5_{\min} = 62,644;$ $\mathfrak{E}^5_{\max} = 63,264;$ $T\mathfrak{E}^0 = 1,2;$ $Z_{15}^5_{\min} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ мм.}$	$\mathfrak{E}^0 = 64,764_{-1,2}$ $Z_{15}^5_{\max} = 2,12 \text{ мм.}$
$Z_{18}^{21} = \mathbb{Ш}^{15(1)} - \Phi^{10} + \mathfrak{E}^{10} - \mathfrak{E}^{15(2)} + \Phi^{20(2)} - \mathbb{Ш}^{21}$	$\mathbb{Ш}^{21}_{\min} = 9,982;$ $\mathbb{Ш}^{21}_{\max} = 10,018;$ $T\mathbb{Ш}^{15(1)} = 0,15;$ $Z_{18}^{21}_{\min} = 0,1 + 0,02 = 0,12 \text{ мм.}$	$\mathbb{Ш}^{15(1)} = 13,735 \pm 0,075$ $Z_{18}^{21}_{\max} = 1,032 \text{ мм.}$
$Z_{18}^{15(1)} = \mathbb{Ш}^5 - \Phi^0 + \mathfrak{E}^0 - \mathbb{Ш}^{15(1)} - \mathfrak{E}^5 + \Phi^{10} - \mathbb{Ш}^{15(1)}$	$\mathbb{Ш}^{15(1)}_{\min} = 13,66;$ $\mathbb{Ш}^{15(1)}_{\max} = 13,81;$ $T\mathbb{Ш}^5 = 0,36;$ $Z_{18}^{15(1)}_{\min} = 0,2 + 0,06 = 0,26 \text{ мм.}$	$\mathbb{Ш}^5 = 18,29 \pm 0,18$ $Z_{18}^{15(1)}_{\max} = 3,59 \text{ мм.}$

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Продолжение таблицы 2.2

Исходное уравнение	Известные величины	Рассчитанные размеры
$Z_{18}^5 = \text{Ш}^0 - \text{Ш}^5$	$\text{Ш}_{\min}^5 = 18,11;$ $\text{Ш}_{\max}^5 = 18,47;$ $\text{ТШ}^0 = 1;$ $Z_{18}^5_{\min} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ мм.}$	$\text{Ш}^0 = 19,5 \pm 0,18$ $Z_{18}^5_{\max} = 4,42 \text{ мм.}$
$Z_{22}^{15(3)} = \text{T}^{15(3)} - \text{Э}^{15(2)} + \text{Э}^{15(1)} - \text{T}^{15(2)}$	$\text{T}^{15(3)}_{\min} = 55,985;$ $\text{T}^{15(3)}_{\max} = 56,015;$ $\text{ТТ}^{15(2)} = 0,074;$ $\text{Э}^{15(1)}_{\min} = 60,444;$ $\text{Э}^{15(1)}_{\max} = 61,044;$ $\text{Э}^{15(2)}_{\min} = 59,95;$ $\text{Э}^{15(2)}_{\max} = 60,324;$ $Z_{22}^{15(3)}_{\min} = 0,02 + 0,025 = 0,045 \text{ мм.}$	$\text{T}^{15(2)} = 56,023 \pm 0,037;$ $Z_{22}^{15(3)}_{\max} = 1,12 \text{ мм.}$
$Z_{22}^{15(2)} = \text{T}^{15(2)} - \text{Э}^{15(1)} + \text{Э}^{10} - \text{T}^{15(1)}$	$\text{T}^{15(2)}_{\min} = 55,986;$ $\text{T}^{15(2)}_{\max} = 56,06;$ $\text{Э}^{15(1)}_{\min} = 60,444;$ $\text{Э}^{15(1)}_{\max} = 61,044;$ $\text{Э}^{10}_{\min} = 61,304;$ $\text{Э}^{10}_{\max} = 62,344;$ $Z_{22}^{15(2)}_{\min} = 0,1 + 0,02 = 0,12 \text{ мм.}$	$\text{ТТ}^{15(1)} = 0,3;$ $\text{T}^{15(1)} = 55,976 \pm 0,15;$ $Z_{22}^{15(2)}_{\max} = 2,13 \text{ мм.}$
$Z_{22}^{15(1)} = \text{T}^{15(1)} - \text{T}^{10}$	$\text{T}^{15(1)}_{\min} = 55,826;$ $\text{T}^{15(1)}_{\max} = 56,126;$ $\text{ТТ}^{10} = 1,04;$ $Z_{22}^{15(1)}_{\min} = 0,2 + 0,06 = 0,26 \text{ мм.}$	$\text{T}^{10} = 55,04 \pm 0,52;$ $Z_{22}^{15(1)}_{\max} = 1,92 \text{ мм.}$

Расчёт межоперационных размеров по схеме диаметральных размеров

Операция 015.

$$Z_{12}^{15(3)}_{\min} = \text{Б}^{15(3)} - \text{Б}^{15(2)} - 12^{15(3)} 8^{10} - 12^{15(2)} 8^{10}$$

Дано: $\text{Б}^{15(3)}_{\min} = 26$ $\text{Б}^{15(3)}_{\max} = 26,015$ $\text{ТБ}^{15(2)} = 0,037$

Минимальный припуск на обработку равен сумме шероховатости предшествующего перехода и глубины дефектного слоя поверхности

$$Z_{12}^{15(3)}_{\min} = 0,01 + 0,012 = 0,022 \text{ мм}$$

Далее определяем увеличивающие и уменьшающие звенья

$$Z_{12}^{15(3)}_{\min} = \text{Б}^{15(3)}_{\min} - \text{Б}^{15(2)}_{\max} - 12^{15(3)} 8^{10}_{\max} - 12^{15(2)} 8^{10}_{\max}$$

выразим неизвестную величину $\text{Б}^{15(2)}_{\max}$

$$\text{Б}^{15(2)}_{\max} = \text{Б}^{15(3)}_{\min} - 12^{15(3)} 8^{10}_{\max} - 12^{15(2)} 8^{10}_{\max} - Z_{12}^{15(3)}_{\min}$$

$$\text{Б}^{15(2)}_{\max} = 26 - 0,0125 - 0,03 - 0,022 = 25,9355 \text{ мм}$$

$$\text{Б}^{15(2)}_{\min} = \text{Б}^{15(2)}_{\max} - \text{ТБ}^{15(2)} = 25,9355 - 0,037 = 25,8985 \text{ мм}$$

$$Z_{12}^{15(2)}_{\max} = \text{Б}^{15(3)}_{\max} - 12^{15(3)} 8^{10}_{\min} - 12^{15(2)} 8^{10}_{\min} - Z_{12}^{15(3)}_{\max}$$

$$Z_{12}^{15(2)}_{\max} = 26,015 - 25,8985 + 0,0125 + 0,03 = 0,159 \text{ мм}$$

Номинальный размер $B^{15(2)} = B^{15(2)}_{\max} - ES = 25,9355 - 0,037 = 25,8985$

Ответ: $B^{15(2)} = 25,8985^{+0,037}$ $Z_{12}^{15(3)}_{\max} = 0,159$ мм.

Остальные уравнения, составленные по схеме диаметральных размеров, рассчитываются аналогично. Результаты расчёта сводим в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 – Результаты расчёта размерных цепей по схеме диаметральных размеров

Исходное уравнение	Известные величины	Рассчитанные размеры
$Z_{12}^{15(2)} = B^{15(2)} - B^{15(1)} - 12^{15(2)} 8^{10} - 12^{15(1)} 8^{10}$	$B^{15(2)}_{\min} = 25,8985;$ $B^{15(2)}_{\max} = 25,9355;$ $T_B^{15(1)} = 0,06$ $12^{15(2)} 8^{10} = \pm 0,3;$ $12^{15(1)} 8^{10} = \pm 0,05;$ $Z_{12}^{15(2)}_{\min} = 0,02 + 0,025 = 0,045$ мм.	$B^{15(1)} = 25,7135^{+0,06};$ $Z_{12}^{15(2)}_{\max} = 0,302$ мм.
$Z_{12}^{15(1)} = B^{15(1)} - B^{10} - 12^{15(1)} 8^{10} - 8^{10} 7^5 - 12^{10} 7^5$	$B^{15(1)}_{\min} = 25,7135;$ $B^{15(1)}_{\max} = 25,4135;$ $T_B^5 = 0,15;$ $12^{15(1)} 8^{10} = \pm 0,05;$ $8^{10} 7^5 = \pm 0,125;$ $12^{10} 7^5 = \pm 0,1;$ $Z_{12}^{15(1)}_{\min} = 0,1 + 0,025 = 0,125$ мм.	$B^5 = 25,2635^{+0,15};$ $Z_{12}^{15(1)}_{\max} = 0,685$ мм.
$Z_{13}^{15(1)} = A^{15(1)} - A^{10} - 13^{15(1)} 8^{10} - 8^{10} 7^5 - 13^{10} 7^5$	$A^{15(1)}_{\min} = 23;$ $A^{15(1)}_{\max} = 23,05;$ $T_A^{10} = 0,125;$ $13^{15(1)} 8^{10} = \pm 0,04;$ $8^{10} 7^5 = \pm 0,125;$ $13^{10} 7^5 = \pm 0,1;$ $Z_{13}^{15(1)}_{\min} = 0,1 + 0,025 = 0,125$ мм.	$A^{10} = 22,485^{+0,125};$ $Z_{13}^{15(1)}_{\max} = 0,83$ мм.
$Z_{13}^{10} = A^{10} - A^0 - 13^{10} 7^5 - 7^5 8^0 - 8^0 14^0 - 13^0 14^0$	$A^{10}_{\min} = 22,485;$ $A^{10}_{\max} = 22,61;$ $T_A^0 = 0,5;$ $13^{10} 7^5 = \pm 0,1;$ $8^0 14^0 = \pm 0,5;$ $7^5 8^0 = \pm 0,125;$ $13^0 14^0 = \pm 0,4;$ $Z_{13}^{10}_{\min} = 0,2 + 0,3 = 0,5$ мм.	$A^0 = 20,36^{+0,5};$ $Z_{13}^{10}_{\max} = 2,88$ мм.
$Z_5^{20(3)} = L^{20(2)} - L^{20(3)} - 5^{20(3)} 12^{15(3)} - 5^{20(2)} 12^{20(2)}$	$L^{20(3)}_{\min} = 54,9825;$ $L^{20(3)}_{\max} = 55;$ $T_L^{20(2)} = 0,027;$ $5^{20(3)} 12^{15(3)} = \pm 0,0125;$ $5^{20(2)} 12^{15(3)} = \pm 0,02;$ $Z_5^{20(3)}_{\min} = 0,0125 + 0,02 = 0,033$ мм.	$L^{20(2)} = 55,0925_{-0,027};$ $Z_5^{20(3)}_{\max} = 0,142$ мм.

Продолжение таблицы 2.3

Исходное уравнение	Известные величины	Рассчитанные размеры
$Z_5^{20(2)} = \frac{\text{Л}^{20(1)} - \text{Л}^{20(2)} - 5^{20(2)} 12^{15(3)} - 5^{20(1)} 12^{20(2)}}{1}$	$\begin{aligned} \text{Л}^{20(2)}_{\min} &= 55,0655; \\ \text{Л}^{20(2)}_{\max} &= 55,0925; \\ \text{ТЛ}^{20(1)} &= 0,11; \\ 5^{20(2)} 12^{15(3)} &= \pm 0,02; \\ 5^{20(1)} 12^{15(3)} &= \pm 0,08; \\ Z_5^{20(2)}_{\min} &= 0,05 + 0,02 = 0,07 \text{ мм.} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{Л}^{20(1)} &= 55,3725_{-0,11}; \\ Z_5^{20(2)}_{\max} &= 0,407 \text{ мм.} \end{aligned}$
$Z_5^{20(1)} = \frac{\text{Л}^{10} - \text{Л}^{20(1)} - 5^{20(1)} 12^{15(3)} - 12^{15(3)} 8^{10} - 8^{10} 7^5 - 5^{10} 7^5}{1}$	$\begin{aligned} \text{Л}^{20(1)}_{\min} &= 55,2625; \\ \text{Л}^{20(1)}_{\max} &= 55,3725; \\ \text{ТЛ}^{10} &= 0,175; \\ 5^{20(1)} 12^{15(3)} &= \pm 0,08; \\ 12^{15(3)} 8^{10} &= \pm 0,0125; \\ 8^{10} 7^5 &= \pm 0,125; \\ 5^{10} 7^5 &= \pm 0,125; \\ Z_5^{20(1)}_{\min} &= 0,1 + 0,06 = 0,16 \text{ мм.} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{Л}^{10} &= 56,05_{-0,175}; \\ Z_5^{20(1)}_{\max} &= 1,13 \text{ мм.} \end{aligned}$
$Z_5^{10} = \frac{\text{Л}^0 - \text{Л}^{10} - 5^{10} 7^5 - 7^5 8^0 - 8^0 14^0 - 5^0 14^0}{1}$	$\begin{aligned} \text{Л}^{10}_{\min} &= 55,875; \\ \text{Л}^{10}_{\max} &= 56,05; \\ \text{ТЛ}^0 &= 0,7; \\ 5^{10} 7^5 &= \pm 0,125; \\ 7^5 8^0 &= \pm 0,125; \\ 8^0 14^0 &= \pm 0,5; \\ 5^0 14^0 &= \pm 0,5; \\ Z_5^{10}_{\min} &= 0,2 + 0,06 = 0,26 \text{ мм.} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{Л}^0 &= 58,26_{-0,7}; \\ Z_5^{10}_{\max} &= 3,63 \text{ мм.} \end{aligned}$
$Z_1^{15(1)} = \frac{\text{М}^{10} - \text{М}^{15(1)} - 1^{15(1)} 8^{10} - 8^{10} 12^5 - 1^{10} 12^5}{1}$	$\begin{aligned} \text{М}^{15(1)}_{\min} &= 79,9685; \\ \text{М}^{15(1)}_{\max} &= 80; \\ \text{ТМ}^{10} &= 0,125; \\ 1^{15(1)} 8^{10} &= \pm 0,025; \\ 8^{10} 12^5 &= \pm 0,125; \\ 1^{10} 12^5 &= \pm 0,1; \\ Z_1^{15(1)}_{\min} &= 0,05 + 0,02 = 0,07 \text{ мм} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{М}^{10} &= 80,445_{-0,125}; \\ Z_1^{15(1)}_{\max} &= 0,726 \text{ мм.} \end{aligned}$
$Z_1^{10} = \frac{\text{М}^5 - \text{М}^{10} - 1^{10} 7^5 - 7^5 8^0 - 1^5 8^0}{1}$	$\begin{aligned} \text{М}^{10}_{\min} &= 80,32; \\ \text{М}^{10}_{\max} &= 80,445; \\ \text{ТМ}^5 &= 0,2; \\ 1^{10} 7^5 &= \pm 0,1; \\ 7^5 8^0 &= \pm 0,125; \\ 1^5 8^0 &= \pm 0,15; \\ Z_1^{10}_{\min} &= 0,1 + 0,06 = 0,16 \text{ мм} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{М}^5 &= 81,18_{-0,2}; \\ Z_1^{10}_{\max} &= 1,23 \text{ мм.} \end{aligned}$

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Продолжение таблицы 2.3

Исходное уравнение	Известные величины	Рассчитанные размеры
$Z_1^5 = M^0 - M^5 - 1^5 8^0 - 8^0 14^0 - 1^0 14^0$	$M_{\min}^5 = 80,98;$ $M_{\max}^5 = 81,18;$ $TM^0 = 0,8;$ $1^5 8^0 = \pm 0,15;$ $8^0 14^0 = \pm 0,5;$ $1^0 14^0 = \pm 0,6;$ $Z_1^{10}{}_{\min} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ мм}$	$M^0 = 83,49_{-0,8};$ $Z_1^5{}_{\max} = 3,76 \text{ мм.}$
$Z_7^{21} = \Gamma^{15(1)} - \Gamma^{21} - 7^{21} 8^{20(2)} - 8^{20(2)} 12^{15(3)} - 12^{15(3)} 8^{10} - 7^{15(1)} 8^{10}$	$\Gamma_{\min}^{21} = 37,977;$ $\Gamma_{\max}^{21} = 38;$ $T\Gamma^{15(1)} = 0,095;$ $7^{21} 8^{20(2)} = \pm 0,02;$ $12^{15(3)} 8^{10} = \pm 0,0125;$ $8^{20(2)} 12^{15(3)} = \pm 0,02;$ $7^{15(1)} 8^{10} = \pm 0,08;$ $Z_7^{21}{}_{\min} = 0,05 + 0,02 = 0,07 \text{ мм.}$	$\Gamma^{15(1)} = 38,297_{-0,095};$ $Z_7^{21}{}_{\max} = 0,388 \text{ мм.}$
$Z_7^{15(1)} = \Gamma^5 - \Gamma^{15(1)} - 7^{15(1)} 8^{10} - 8^{10} 7^5 - 7^5 8^0$	$\Gamma_{\min}^{15(1)} = 38,202;$ $\Gamma_{\max}^{15(1)} = 38,297;$ $T\Gamma^5 = 0,15;$ $7^{15(1)} 8^{10} = \pm 0,08;$ $8^{10} 7^5 = \pm 0,125;$ $7^5 8^0 = \pm 0,125;$ $Z_7^{15(1)}{}_{\min} = 0,1 + 0,06 = 0,16 \text{ мм.}$	$\Gamma^5 = 38,937_{-0,15};$ $Z_7^{15(1)}{}_{\max} = 1,315 \text{ мм.}$
$Z_7^5 = \Gamma^0 - \Gamma^5 - 7^5 8^0 - 8^0 14^0 - 7^0 14^0$	$\Gamma_{\min}^5 = 38,787;$ $\Gamma_{\max}^5 = 38,937;$ $T\Gamma^0 = 0,6;$ $7^5 8^0 = \pm 0,125;$ $8^0 14^0 = \pm 0,5;$ $7^0 14^0 = \pm 0,5;$ $Z_7^5{}_{\min} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ мм.}$	$\Gamma^0 = 41,162_{-0,6};$ $Z_7^5{}_{\max} = 3,26 \text{ мм.}$
$Z_8^{20(3)} = D^{20(1)} - D^{20(3)} - 8^{20(3)} 12^{15(3)} - 8^{20(1)} 12^{15(3)}$	$D_{\min}^{20(3)} = 32,977;$ $D_{\max}^{20(3)} = 33;$ $T D^{20(1)} = 0,095;$ $8^{20(3)} 12^{15(3)} = \pm 0,02;$ $8^{20(1)} 12^{15(3)} = \pm 0,08;$ $Z_8^{20(3)}{}_{\min} = 0,05 + 0,02 = 0,07 \text{ мм.}$	$D^{20(1)} = 33,265_{-0,095};$ $Z_8^{20(3)}{}_{\max} = 0,388 \text{ мм.}$

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата

Продолжение таблицы 2.3

Исходное уравнение	Известные величины	Рассчитанные размеры
$Z_8^{20(1)} = D^{10} - D^{20(1)} - 8^{20(1)} 12^{15(3)} - 12^{15(3)} 8^{10}$	$D_{\min}^{20(1)} = 33,17;$ $D_{\max}^{20(1)} = 33,265;$ $T D^{10} = 0,15;$ $8^{20(1)} 12^{15(3)} = \pm 0,08;$ $12^{15(3)} 8^{10} = \pm 0,0125;$ $Z_8^{20(1)}_{\min} = 0,1 + 0,06 = 0,16 \text{ мм.}$	$D^{10} = 33,6675_{-0,15};$ $Z_8^{20(1)}_{\max} = 0,59 \text{ мм.}$
$Z_8^{10} = D^0 - D^{10} - 8^{10} 7^5 - 7^5 8^0$	$D_{\min}^{10} = 33,5175;$ $D_{\max}^{10} = 33,6675;$ $T D^0 = 0,6;$ $8^{10} 7^5 = \pm 0,125;$ $7^5 8^0 = \pm 0,125;$ $Z_8^{10}_{\min} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ мм.}$	$D^0 = 34,777_{-0,6};$ $Z_8^{10}_{\max} = 1,51 \text{ мм.}$
$Z_6^{20(3)} = Ж^{20(3)} - Ж^{20(1)} - 6^{20(3)} 12^{15(3)} - 6^{20(1)} 12^{15(2)}$	$Ж_{\min}^{20(3)} = 50;$ $Ж_{\max}^{20(3)} = 50,0435;$ $Ж^{20(1)} = 0,07;$ $6^{20(3)} 12^{15(3)} = \pm 0,03;$ $6^{20(1)} 12^{15(3)} = \pm 0,05;$ $Z_6^{20(3)}_{\min} = 0,02 + 0,025 = 0,045 \text{ мм.}$	$Ж^{20(1)} = 49,805^{+0,07};$ $Z_6^{20(3)}_{\max} = 0,318 \text{ мм.}$
$Z_6^{20(1)} = Ж^{20(1)} - Ж^{10} - 6^{20(1)} 12^{15(3)} - 12^{15(3)} 8^{10} - 8^{10} 7^5 - 6^{10} 7^5$	$Ж_{\min}^{20(1)} = 49,805;$ $Ж_{\max}^{20(1)} = 49,875;$ $T Ж^{10} = 0,175;$ $6^{20(1)} 12^{15(3)} = \pm 0,05;$ $12^{15(3)} 8^{10} = \pm 0,0125;$ $8^{10} 7^5 = \pm 0,125;$ $6^{10} 7^5 = \pm 0,125;$ $Z_6^{20(1)}_{\min} = 0,02 + 0,025 = 0,045 \text{ мм.}$	$Ж^{10} = 49,1925^{+0,175};$ $Z_6^{20(1)}_{\max} = 0,995 \text{ мм.}$
$Z_6^{10} = Ж^{10} - Ж^0 - 6^{10} 7^5 - 7^5 8^0 - 8^0 14^0 - 6^0 14^0$	$Ж_{\min}^{10} = 49,1925;$ $Ж_{\max}^{10} = 49,3675;$ $T Ж^0 = 0,7;$ $6^{10} 7^5 = \pm 0,125;$ $7^5 8^0 = \pm 0,125;$ $8^0 14^0 = \pm 0,5;$ $6^0 14^0 = \pm 0,5;$ $Z_6^{10}_{\min} = 0,2 + 0,3 = 0,5 \text{ мм.}$	$Ж^0 = 46,9825^{+0,7};$ $Z_6^{10}_{\max} = 3,63 \text{ мм.}$

По результатам размерного анализа представлена заготовка в соответствии с рисунком 2.7 с минимальными припусками под обработку.

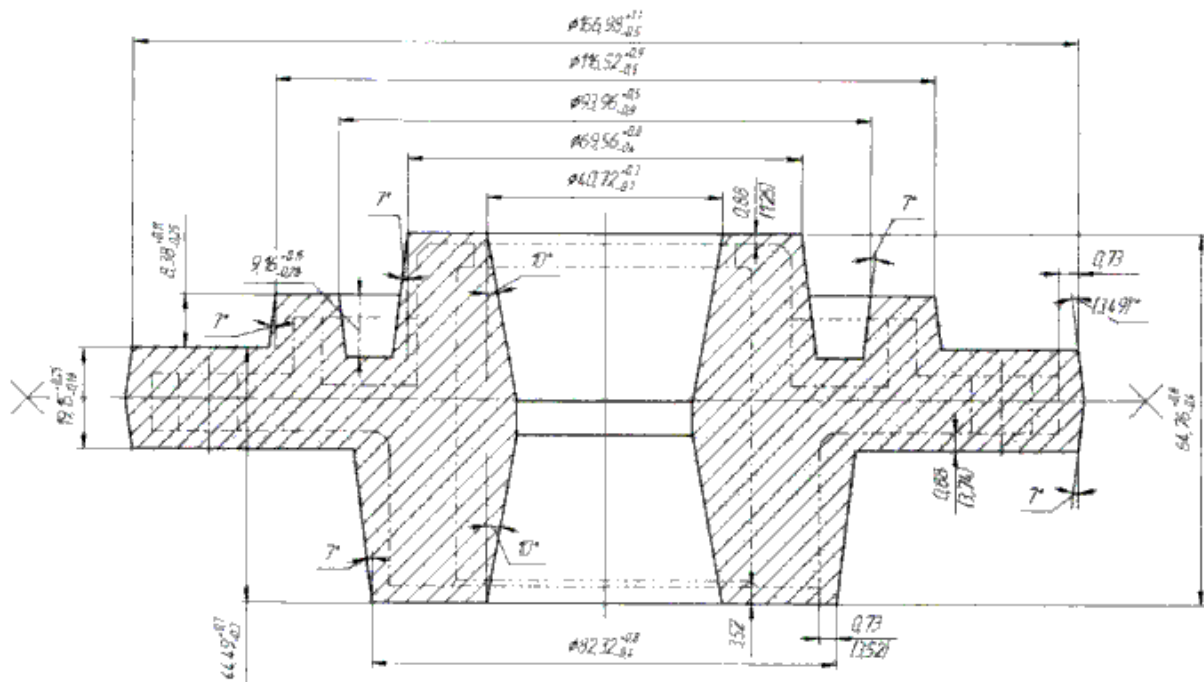


Рисунок 2.7 – Эскиз заготовки

2.4 Расчет режимов резания и нормирование технологического процесса

Расчет режимов резания выполняется на операцию 025 приведённую в соответствии с рисунком 2.8. На данной операции производится одновременное сверление 4-х отверстий $\phi 10,5$ мм.

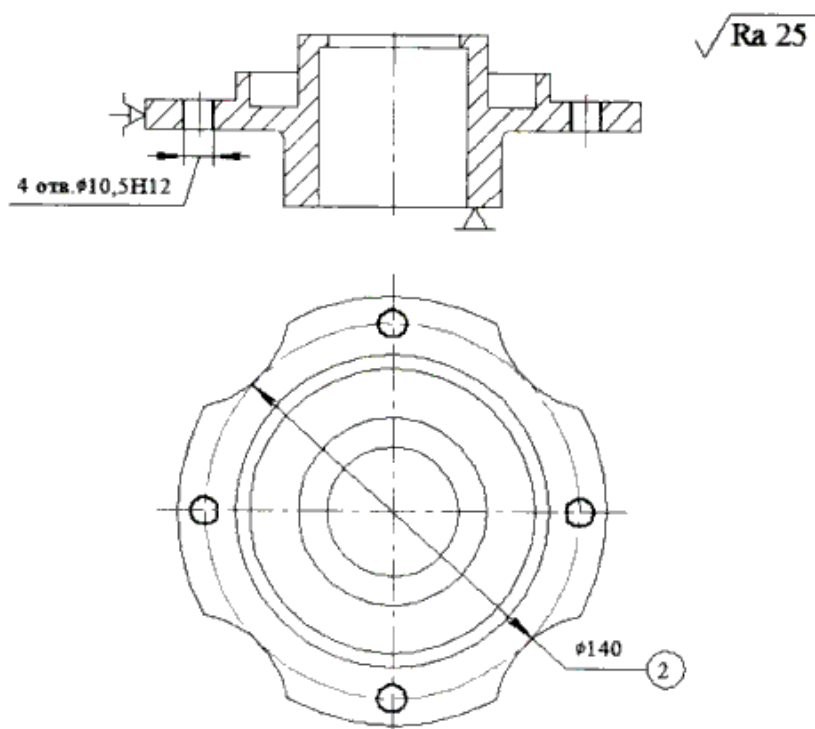


Рисунок 2.8 – Схема обработки для операции 025

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

151900.2016.021.000 ПЗ

Лист

36

Исходные данные:

Станок 2Н125; мощность станка – 7,5; материал заготовки – Сталь 20-2ГП-М1-ТВ1 ГОСТ 1050-88

Рекомендуемая подача при сверлении отверстия $\varnothing 10,5$ [3] $S=0,2$ мм/об, уточняем по паспорту станка и принимаем ближайшую $S=0,1$ мм/об.

Глубина резания при сверлении $t=0,5D$, $t=5,25$ мм [3].

Скорость резания определяем по формуле [3].

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин,}$$

где C_v – коэффициент скорости резания, $C_v=9,8$;

D – диаметр отверстия, $D=10,5$ мм;

q , m , x , y – постоянные коэффициенты;

T – период стойкости, $T=20$;

t – глубина резания, $t=5,25$ мм;

S – подача, $S=0,1$ мм/об;

Значения постоянных $q=0,4$, $y=0,7$ $m=0,2$ $x=0$ принимаем из [3].

K_v – поправочный коэффициент на скорость резания состоящий из ряда коэффициентов

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

где K_{mv} – коэффициент качества обрабатываемого материала;

K_{uv} – коэффициент на инструментальный материал, $K_{uv}=1$;

K_{lv} – коэффициент учитывает влияние глубины обрабатываемого отверстия, принимается по [3], $K_{lv}=1$.

$$K_{mv} = C_m \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n,$$

где C_m – коэффициент характеризующий группу стали по обрабатываемости, $C_m=1$;

n – показатель степени, $n=0,9$;

σ_B – предел прочности.

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{480} \right)^{-0,9} = 1,5625^{-0,9} = 0,67$$

Определяем скорость резания

$$V = \frac{9,8 \cdot 10,5^{0,4}}{20^{0,2} \cdot 5,25^0 \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 0,67 = 46,3 \text{ м/мин}$$

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

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		37

$$n = \frac{1000 \cdot 46,3}{3,14 \cdot 10,5} = 1404 \text{ об/мин}$$

По паспорту станка принимаем ближайшее число оборотов $n=355$ об/мин и определяем фактическую скорость резания;

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин.}$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 10,5 \cdot 355}{1000} = 11,7 \text{ м/мин}$$

Определяем крутящий момент и осевую силу при сверлении

$$M = C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \text{ Н}\cdot\text{м,}$$

где C_m – постоянный коэффициент, $C_m = 0,0345$;

$K_p = K_{mp}$ – коэффициент, учитывает механические свойства обрабатываемого материала.

Значения постоянных $q=2$, $y=0,8$ принимаем из [3].

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где n – показатель степени, $n=0,75$ [2].

$$K_{mp} = \left(\frac{480}{750} \right)^{0,75} = 0,715$$

Определяем крутящий момент

$$M = 9,8 \cdot 0,0345 \cdot 10,5^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,715 = 4,22 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

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

где значения постоянных $q=1$, $y=0,7$ принимаем из [3].

$$P_o = 68 \cdot 10,5^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,715 = 102 \text{ кг}$$

Мощность, затрачиваемая на резание:

$$N = \frac{M \cdot n}{975}, \text{ кВт,}$$

$$N = \frac{4,22 \cdot 355}{9750} = 0,154 \text{ кВт}$$

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		38

Результаты расчетов режимов резания для остальных поверхностей сводим в таблицу 2.4

Таблица 2.4 – Режимы резания

Операция	Д, мм	L, мм	t, мм	i	S, мм/об	n, об/мин	V, м/сек	N, кВт	P _z , Н
005 токарная Ø160	166,98	17,8	2,31	1	0,15	200	104,9	1,02	594
Ø 76	82,03	26,77	1,98	1	0,15	200	51,5	0,48	566
торца разм. 10	166,98	42,2	1,36	1	0,15	200	104,9	0,6	350
торца пр. разм. 60	82,03	13,8	1,5	1	0,15	200	51,5	0,36	430
010 ток с ЧПУ Ø160	162,36	16,4	0,735	1	0,15	200	101,96	0,32	190
Ø 46	44,97	9,3	1,76	1	0,15	200	28,25	0,254	551
Ø110	116,5	9,42	2,21	1	0,15	200	73,16	0,67	560
Ø 100	93,96	11,58	2,38	1	0,15	200	59	0,64	667
Ø 66	69,55	23,4	1,109	1	0,15	200	43,67	0,23	325
торца разм. 37	162,36	25,13	3,38	1	0,15	200	101,96	1,45	873
торца разм. 10	116,5	6,86	3,38	1	0,15	200	73,16	1,09	917
Ø52	50,53	55,5	4,54	1	0,15	200	31,7	0,72	1400
торца разм. 12	93,96	15,5	0,565	1	0,15	200	59	0,152	158
торца разм.60	69,55	10,68	0,92	1	0,15	200	43,67	0,19	270
015 авт.-ток 1п. Ø52	51,247	55,97	0,45	1	0,15	200	32,2	0,073	138
Ø76	78,06	27,47	0,765	1	0,15	200	49,02	0,17	220
Ø46	46	6,85	0,515	1	0,15	200	28,9	0,076	160
Ø160	160,89	13,35	0,45	1	0,15	200	101	0,19	116,5
торца разм.56	51,427	2,7	0,48	1	0,15	200	32,3	0,078	147
торец разм.10	160,89	42,2	3,055	1	0,15	200	101	1,3	790
торец разм.60	76,53	15,3	1,3	1	0,15	200	48	0,3	376
015 ток 2п. Ø52	51,8	56,023	0,185	1	0,2	200	32,53	0,03	57

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

151900.2016.021.000 ПЗ

Лист

39

Продолжение таблицы 2.4

Операция	Д, мм	L, мм	t, мм	i	S, мм/об	n, об/мин	V, м/сек	N, кВт	P _z , Н
торца разм.56	51,8	2,9	0,047	1	0,2	200	32,53	0,01	17,9
торец разм.60	76	15	0,72	1	0,2	200	47,7	0,2	258
015 авт.-ток 3п. Ø52	52	56	0,1	1	0,15	200	32,65	0,016	30,6
торца разм.56	52	3	0,023	1	0,15	200	32,65	0,003	7
020 ток. 1 п. Ø110	112,1	9,44	0,68	1	0,15	200	70,4	0,213	185
Ø100	99,61	11,89	0,61	1	0,15	200	62,5	0,174	170
Ø66	67,34	24,8	0,4	1	0,15	200	42,3	0,082	118
торца разм. 37	160	25	3,28	1	0,15	200	100,48	1,4	650
торца разм. 10	112,1	5,56	3,25	1	0,15	200	70,4	1,02	587
торца разм. 12	99,61	16,54	0,305	1	0,15	200	62,5	0,087	84,8
торца разм. 60 лев.	66,53	7,26	0,114	1	0,15	200	41,8	0,023	33,7
020 ток. 2 п. Ø110	110,75	10,53	0,28	1	0,15	200	69,5	0,087	76,6
торца разм. 37	160	24,25	0,86	1	0,15	200	100,48	0,36	222
торца разм.60	60	10	0,21	1	0,15	200	37,7	0,04	63
020 ток. 3 п. Ø110	110,185	10	0,09	1	0,15	200	69,3	0,028	24,6
торца разм. 37	160	25	0,11	1	0,15	200	100,48	0,047	28,5
торца разм. 12	100	17	0,11	1	0,15	200	69,08	0,034	30,12
торца разм. 10	110,75	5,37	0,306	1	0,15	200	69,5	0,095	84
Ø100	100	12	0,195	1	0,15	200	69,08	0,06	53,4
Ø66	66,53	25	0,265	1	0,15	200	41,8	0,053	78,3
021 ток. Ø76	76,53	27,32	0,265	1	0,2	200	48	0,075	95

Продолжение таблицы 2.4

Операция	Д, мм	L, мм	t, мм	i	S, мм/об	n, об/мин	V, м/сек	N, кВт	P _з , Н
торец разм.10	160	42	0,576	1	0,2	200	100,48	0,3	185
025фрез 4 паза	80	15	10	1	0,06	250	62,8	2,77	2700
030 свер. Ø10,5	10,5	16,5	5,25	1	0,1	355	11,7	0,154	4,22
035 свер. с ЧПУ 1п. Ø4,9	4,9	18	2,45	1	0,1	355	5,46	0,05	1,3Нм
2 пер.М6	6	15	0,55	1	1	63	6,94	0,021	0,33Нм

Нормирование операций производим по справочнику [4].

Рассмотрим операцию 025 сверлильную.

Основное (машинное) время сверления определяется расчетным путем по формуле [4]

$$T_o = \frac{L + l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot S}, \text{ мин,}$$

где L – длина отверстия, L=10 мм;

l₁ – величина подвода, мм;

l₂ – величина врезания инструмента, мм;

l₃ – величина перебега инструмента, мм;

n – число оборотов инструмента, n=355 об/мин;

S – подача инструмента, S = 0,1 мм/ об.

Определяем по справочнику [4] l₁ = 2 мм, l₂ = 2 мм, l₃ = 4 мм

Определяем основное время

$$T_o = \frac{10 + 2 + 2 + 4}{355 \cdot 0,1} = 0,5 \text{ мин}$$

Штучное время на операцию определяется по формуле [4]

$$T_{шт} = T_o + T_{вс} + T_{обс} + T_{орг} + T_{отд}, \text{ мин,}$$

где T_о – основное (технологическое) время, T_о=0,5 мин;

T_{вс} – вспомогательное время;

T_{обс} – время технического обслуживания;

T_{орг} – время организационного обслуживания;

T_{отд} – время перерыва;

Вспомогательное время представляет сумму

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		41

$$T_{вс} = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм}, \text{ МИН,}$$

где $T_{ус}$ – время на установку и снятие детали;

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

$T_{изм}$ – время на контрольные измерения

Сумма $T_o + T_{всп}$ есть $T_{оп}$ – оперативное время

Вспомогательное время на установку и снятие детали определяем по [4]
 $T_{уст} = 0,115$ мин.

Вспомогательное время связанное с переходом определяем по карте [4]
 $T_{пер} = 0,05$ мин, а также сюда входит время на смазывание инструмента 0,1 мин, так как применяем четырёхшпиндельную головку 0,4 мин, включить вращение шпинделя кнопкой 0,015 мин, время на выводы сверла для удаления стружки, по [4] 0,05 мин. Окончательно суммируя получаем $T_{пер} = 0,515$ мин.

Вспомогательное время связанное с измерением определяем [4], при измерении пробкой и шаблоном, $T_{изм} = 0,24 + 0,09 = 0,33$ мин.

Получаем вспомогательное время

$$T_{всп} = 0,115 + 0,515 + 0,06 = 0,69 \text{ мин.}$$

$$T_{оп} = T_o + T_{вс} = 0,5 + 0,69 = 1,19 \text{ мин}$$

Вспомогательное время на обслуживание рабочего места определяем по [4] в процентах от оперативного, 2,5 % , получаем 0,03 мин.

Время на отдых и личные надобности определяется в процентах от оперативного по [4] $T_{отд} = 5\%$, получаем 0,06 мин.

Определяем штучное время

$$T_{шт} = 1,19 + 0,03 + 0,06 = 1,28 \text{ мин}$$

Подготовительно – заключительное время на наладку станка, инструмента определяем по [4], $T_{пз} = 10$ мин. Также в подготовительно-заключительное время войдет время на установку и снятие многшпиндельной головки по нормативу 20 мин, получаем $T_{пз} = 30$ мин.

Остальные расчеты сводим в таблицу 2.5

Таблица 2.5 – Нормирование операций в минутах

№ операции	T_o	$T_{в}$	$T_{шт}$	$T_{п.з}$
005	7,18	0,52	8,47	20
010	7,2	0,64	8,63	20
015	10,76	0,74	12,65	20
020	7,99	0,74	9,6	20
021	1,8	0,4	2,45	20
025	0,8	1,14	2,73	23
030	0,5	0,69	1,28	30
035	4,13	4,22	9,5	30

Выводы по разделу два

В данном разделе выбрана рациональная форма заготовки. По методике профессора Матвеева сформированы операции и составлен технологический процесс обработки детали, проведен размерный анализ и получены межоперационные размеры и размеры заготовки.

Выполнен расчёт режимов резания, и результаты пооперационно сведены в таблицу. Рассчитано штучное время операций технологического процесса.

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		43

3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Проектирование оправки цанговой

3.1.1 Разработка теоретической схемы базирования

Для обеспечения требований к взаимному расположению базовых и обрабатываемых поверхностей необходимо лишить деталь 6 степеней свободы. Выбираем базирование детали исходя из рекомендаций [5].

На теоретической схеме базирования, показанной в соответствии с рисунком 3.1 используем опорную базу – торец, направляющую базу – цилиндрическую поверхность. Применена следующая схема базирования:

– деталь в пространстве лишается 3-х степеней свободы при базировании наружной цилиндрической поверхностью детали на посадочную поверхность зажимных элементов;

– деталь в пространстве лишается 2-й степеней свободы при базировании детали торцом.

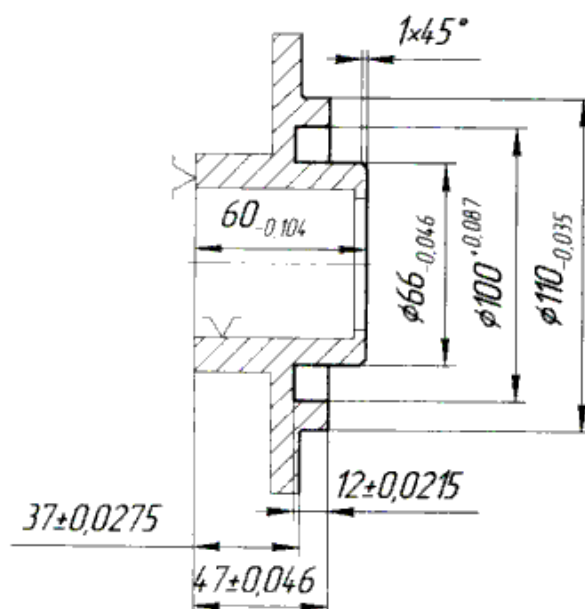


Рисунок 3.1 – Теоретическая схема базирования

3.1.2 Проектирование схемы приспособления

На основании схемы базирования разрабатываем схему приспособления, изображённую в соответствии с рисунком 3.2.

Принимаем рекомендуемый зажимной узел – цангу. Цанга обеспечивает хорошую точность центрирования и хорошие условия закрепления детали, используется большая поверхность закрепления, которая не подвержена деформации (технологическая база диаметр $\varnothing 52H7$). Зажим происходит под действием силы Q – толкающая сила на штифтах 5, которые получают движение от пластины пневмокамеры 4, находящейся в корпусе 3 патрона. Штифты давят на конусы 6, которые раз -

									Лист
									44
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата	151900.2016.021.000 ПЗ				

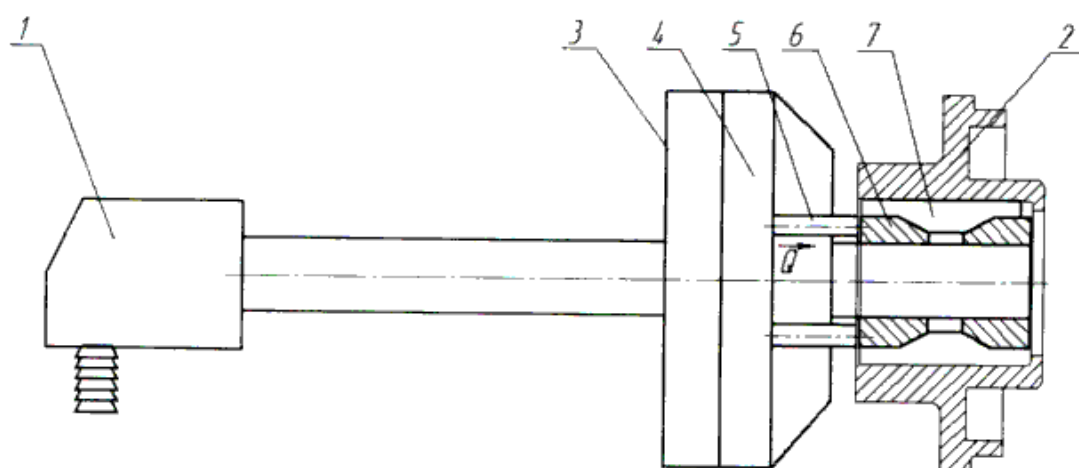


Рисунок 3.2 – Схема приспособления

жимают цангу 7, которая центрирует и зажимает заготовку 2. Конусы зафиксированы на патроне и между ними находится пружина возвратная 8.

Применение пневмопривода дает большие преимущества:

- 1) значительное сокращение времени на зажим и разжим (в 5 раз) вследствие быстроты пневмопривода (1 сек);
- 2) постоянство силы зажима заготовки в приспособлении;
- 3) простота управления зажимными устройствами.

Сжатый воздух поступает в пневмокамеру от муфты 1 для вращающихся приводов.

3.1.3 Расчет элементов приспособления

Определяем схему действия сил и формулу равновесия в соответствии с рисунком 3.3. Опасен проворот заготовки от действия момента резания создаваемого силой резания.

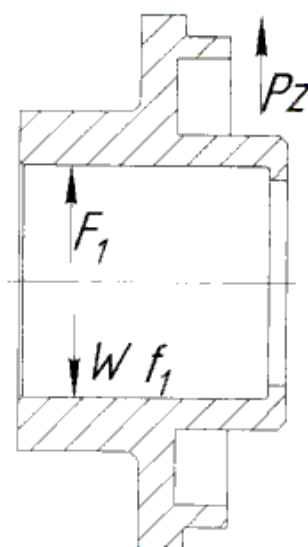


Рисунок 3.3 – Расчетная схема действующих сил

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата

151900.2016.021.000 ПЗ

Лист

45

Для данной схемы сил будет уравнение [5];

$$k \cdot P - W \cdot f_1 = 0,$$

где k – коэффициент запаса;

P – сила стремящаяся сдвинуть заготовку (сила резания);

W – потребная сила зажима;

F_1 – сила трения, создаваемая силой нормального давления в контактах заготовки с зажимным элементом;

$f_1 = 0,2$ – коэффициент трения.

Сила зажима

$$W = \frac{k \cdot P}{f_1}$$

где K – коэффициент запаса, учитывающий нестабильность силовых воздействий на заготовку:

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

где $K_0 = 1,5$ – гарантированный коэффициент запаса;

$K_1 = 1$ – учитывает увеличение сил резания из-за случайных неровностей на поверхности заготовки;

$K_2 = 1,15$ – учитывает увеличение сил резания при затуплении инструмента, принимаем по [5];

$K_3 = 1$ – учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании;

$K_4 = 1$ – учитывает постоянство сил резания;

$K_5 = 1$ – характеризует эргономику приспособления;

$K_6 = 1$ – учитывают при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку установленную плоской поверхностью:

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,72,$$

$$W = \frac{1,7 \cdot 650}{0,2} = 5525 \text{ Н.}$$

Силу тяги (привода) цанги определяем по коэффициенту усиления, принимаемому из таблицы

$$P_{\text{пр}} = \frac{(W + W') \cdot k_y}{K_y},$$

где $k_y = 3,53$, при половине угла скоса цанги 5° ;

W' – сила сжатия лепестков цанги для выбора зазора между ее губками, Н
Для четырехлепестковой цанги [5]

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		46

$$W' = 200 \cdot \left(\frac{s \cdot D^3 \cdot h}{l^3} \right), \text{ Н}$$

где D – диаметр, за который закрепляют, D=52 мм;

h – толщина стенки цанги, h=3,5 мм;

s – радиальный зазор, s=0,5 мм;

l – вылет или расстояние между средними точками зажимающих конусов, l = 35 мм;

$$W' = 200 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 52^3 \cdot 3,5}{35^3} \right) = 1147 \text{ Н}$$

$$P_{\text{пр}} = \frac{(1147 + 5525)}{3,53} = 1900 \text{ Н.}$$

Принимаем по [3], ближайший нормализованный диаметр пневмокамеры D=160 мм, статическая сила на штоке 2800 Н при давлении сети 0,4 МПа.

Проверим шпонку на смятие

$$\sigma = \frac{2T}{d \cdot l \cdot (h - t_1)} \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

где σ – фактическое напряжение растяжения, МПа;

T – действующий момент, T=52 Нм;

d – диаметр вала, d=18 мм;

t1 – глубина паза вала, t1=5,2 мм;

h – высота шпонки, h=7,5 мм;

l – длина шпонки, l=15,7 мм

[σ] – допускаемое напряжение смятия, МПа, [σ] принимают для материала шпонки стали 45, [σ]=250 МПа,

$$\sigma = \frac{2 \cdot 52 \cdot 1000}{18 \cdot 15,7 \cdot (7,5 - 5,2)} = 160 \text{ МПа}$$

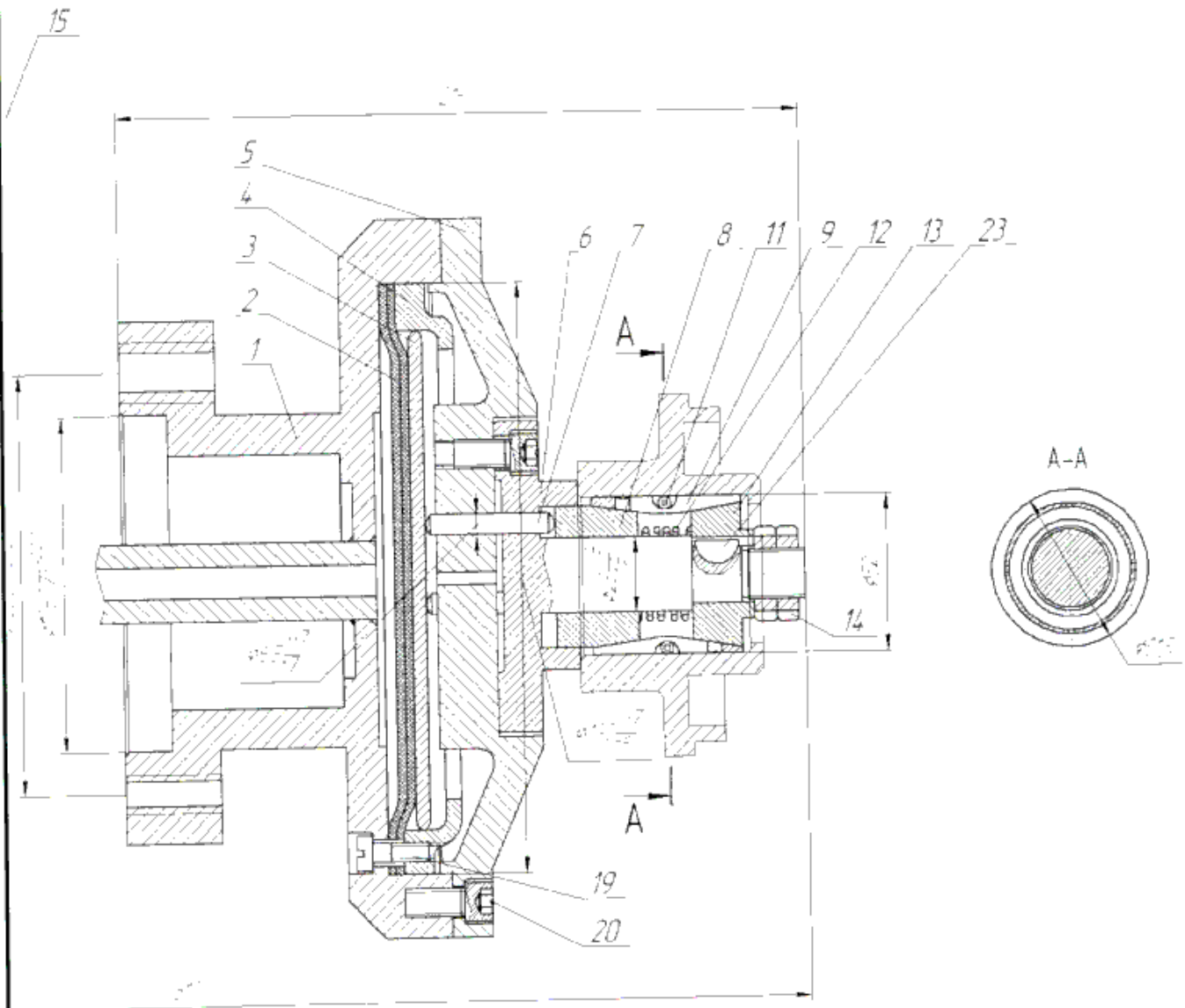
$$\sigma < [\sigma]$$

3.1.4 Компоновка приспособления

В соответствии с рисунком 3.4 показано приспособление – цанговая оправка для центрирования и зажима детали для токарной обработке.

Деталь устанавливают на цангу поз.9. Через трубу поз.17 поступает сжатый воздух от муфты поз.10 для вращающихся приводов, в которой труба поз.17 установлена в подшипниках поз.22, фиксированных кольцом поз.21 и крышкой поз.15, привертываемой винтами поз.18 через уплотнение поз.16.

				Лист	
				151900.2016.021.000 ПЗ	
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата	47



цанговая

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

151900.2016.021.000 ПЗ

Лист
48

Под давлением воздуха диафрагма поз.2, закрепленная в корпусе поз.1 при помощи тарели поз.4 и винтов поз.19, переместится вправо и передвинет диск поз.3. Усилие от диска передается на три штифта поз.7 перемещающихся в корпусе поз.6 прикрепленном к фланцу поз.5 винтами поз.20. Фланец установлен на корпусе поз.1 и закреплен винтами поз.20.

На корпусе поз.6 собран цанговый механизм. На цилиндрической части корпуса поз.6 установлены конуса поз.8 и поз.13, между которыми находится возвратная пружина поз.12. Конус поз.13 фиксируется на корпусе поз.6 гайками поз.14. Также этот конус передает крутящий момент посредством шпонки поз.23. Цанга поз.9 установлена на конусах. На цанге установлена кольцевая пружина поз.11 помогающая снять деталь после обработки, свести лепестки. Также эта пружина не дает перемещаться цанге.

Штифты поз.7, упираются в распорный конус поз.8 перемещают его вправо, и затем оба конуса войдут в конические отверстия цанги, вследствие чего и увеличится ее наружный диаметр, так как цанга имеет по три прорези с каждой стороны, позволяющие ей деформироваться.

3.2 Расчёт и проектирование многошпиндельной головки для сверления 6-ти отверстий.

3.2.1 Определение многошпиндельной головки

Многошпиндельные сверлильные головки применяются для одновременной обработки нескольких отверстий. Разрабатываем специальную сверлильную головку с постоянным расстоянием между осями по рекомендуемой последовательности проектирования многошпиндельных головок [6]. Исходя из условий обработки (отверстия образованы на торце детали, оси направлены параллельно оси детали) выбираем конструкцию привода – кривошипный.

Элементы режимов резания для сверления одного отверстия найдены в технологическом разделе: подача $S=0,1$ мм/об, $n=355$ об/мин, $V_{рез}=5,46$ м/мин $P_{ос}=970$ Н, $M=7,8$ нМ, $N=0,3$ кВт.

Суммарная мощность головки:

$$N_{гол} = \frac{N}{\eta_{гол}}, \text{ кВт},$$

где $\eta_{гол}$ - к.п.д. сверлильной головки, $\eta_{гол}=0,8...0,9$, принимаем $\eta_{гол}=0,9$,

$$N_{гол} = \frac{0,3}{0,9} = 0,34 \text{ кВт}$$

Суммарная мощность, потребляемая всеми режущими инструментами головки при работе не должна превышать мощности сверлильного станка:

$$N_{ст} \geq \frac{N_{гол}}{\eta_{ст}},$$

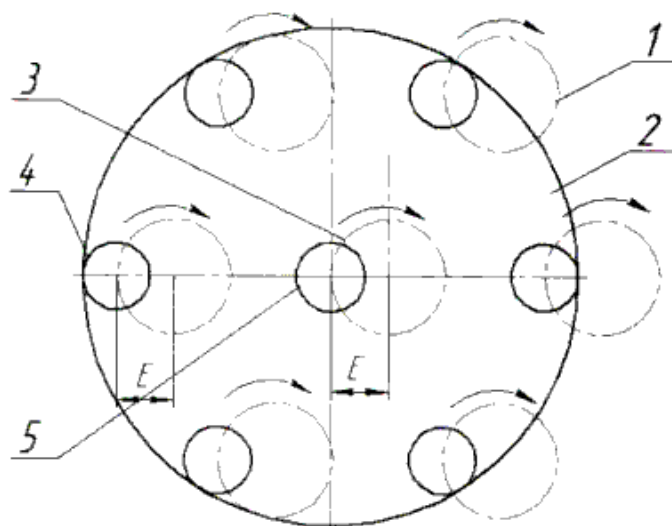
									Лист
									49
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата	151900.2016.021.000 ПЗ				

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя станка, $N_{ст}=2,2$ кВт; $\eta_{ст}$ – к.п.д. механизма станка, для сверлильных станков $\eta_{ст}=0.8$,

$$\frac{0,34}{0.8} = 0,42 < 2,2, \text{ условие выполняется.}$$

3.2.2 Разработка кинематической схемы многошпиндельной головки

Следуя рекомендациям [6] принимаем прототип головки, имеющей кинематическую схему, показанную в соответствии с рисунком 3.5. Насадка предназначена для одновременного сверления близкорасположенных отверстий. Вращение производится поводком. Все шпиндели связаны одним водилом. Эксцентриситеты водила и шпинделей равны.



- где 1 – траектория вращения кривошипа шпинделей;
 2 – водило;
 3 – траектория вращения водила;
 4 – кривошип шпинделей;
 5 – кривошип водила.

Рисунок 3.5 – Кинематическая схема шестишпиндельной сверлильной головки

3.2.3 Подбор подшипников головки

Подбор подшипников осуществляем исходя из конструктивных соображений и долговечности подшипника, что обеспечивается запасом по грузоподъемности. Ориентировочное ресурсное время работы головки 10000 часов.

Так как сила в зацеплении с рабочим шпинделем $F_t=530$ Н, то в зависимости от принятого диаметра вала принимаем по ГОСТ 8338-75 подшипник легкой серии номер 203 со статической радиальной грузоподъемностью $C_0=12,7$ кН, динамиче-

									Лист
									50
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата	151900.2016.021.000 ПЗ				

ской грузоподъемностью $C=6,2$ кН с размерами: ширина $B=8$ мм, наружный диаметр $D=26$ мм, $d=12$ мм.

Определим расчетный ресурс (долговечность) подшипника, ч

$$L_{ah} = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^k \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n}, \text{ ч}$$

где C – базовая динамическая грузоподъемность, Н;

P – радиальная нагрузка, Н;

k – показатель степени, для шариковых подшипников $k=3$;

n – частота вращения кольца, $n=355$ об/мин ;

a_1 – коэффициент долговечности в функции необходимой надежности, принимаем по [6] $a_1=0,21$ при вероятности безотказной работы 99%;

a_{23} – коэффициент, характеризующий совместное влияние на долговечность особых свойств металла деталей подшипника и условий эксплуатации, принимаем со стр.108 [6] для шарикоподшипников $a_{23}=0,7$;

$$L_{ah} = 0,21 \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{6200}{530}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 355} = 1,1 \cdot 10^4 \text{ ч,}$$

Что больше требуемого ресурса.

Сила в подшипнике водила будет равна силе резания от всех шпинделей. $F=3180$ Н, принимаем шариковый радиальный подшипник 205 со статической радиальной грузоподъемностью $C_0=25,5$ кН, динамической грузоподъемностью $C=19,8$ кН по ГОСТ 8338-75.

$$L_{ah} = 0,21 \cdot 0,7 \cdot \left(\frac{25500}{3180}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 500} = 1,3 \cdot 10^4 \text{ ч,}$$

что больше требуемого ресурса.

Упорный подшипник рабочих шпинделей принимаем по ГОСТ 7872-89 со статической грузоподъемностью 10 кН номер 8202Н, с размерами: $d=10$ мм, наружный диаметр $D=25$ мм, ширина $H=8$ мм.

Принимаем рекомендуемые посадки колец подшипников качения в корпус и на вал по [6].

3.2.4 Компоновка многошпиндельной головки

В соответствии с рисунком 3.6 показана многошпиндельная головка для одновременного сверления 6-ти отверстий $\varnothing 4,9$ мм.

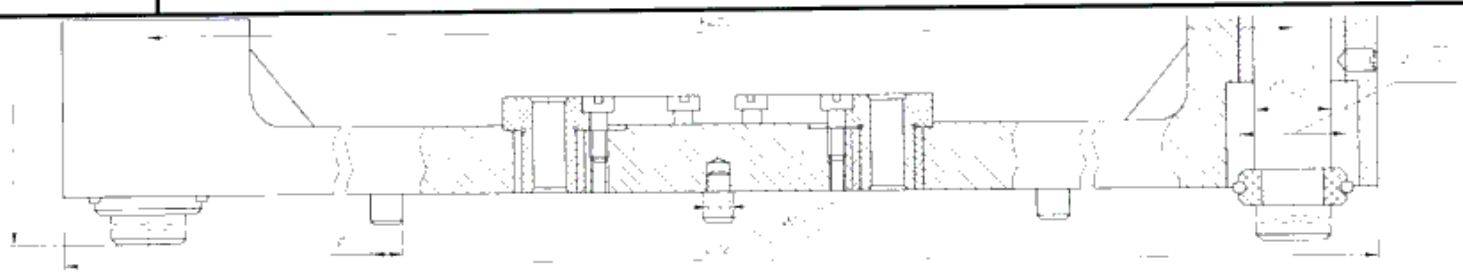
В корпусе поз.2 на подшипниках поз. 23 и поз.24 установлены шпиндели поз.50. Подшипники поз.23 воспринимают осевую нагрузку от шпинделей через

									Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата					51

Инв № подл	Подп и дата	Взам инв №

Изм	Кол	Лист	Мѡдѡл	Подп	Датѡ

151900.2016.021.000 ПЗ



Б

A-A'

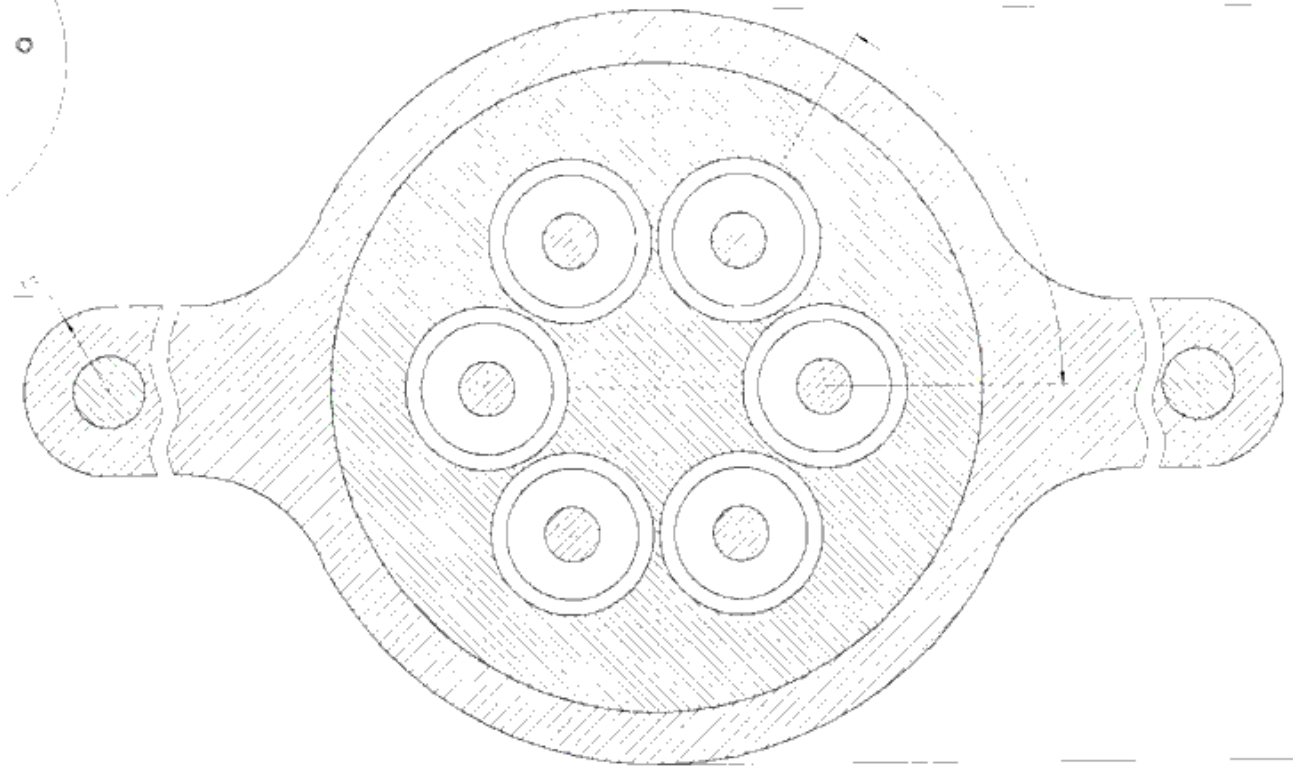
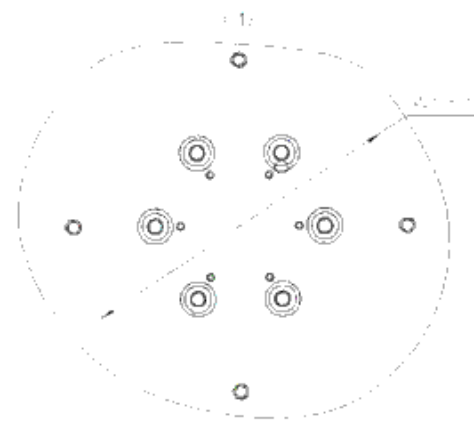


Рисунок 3.6 - Многошпиндельная головка для сверления 6-ти отверстий

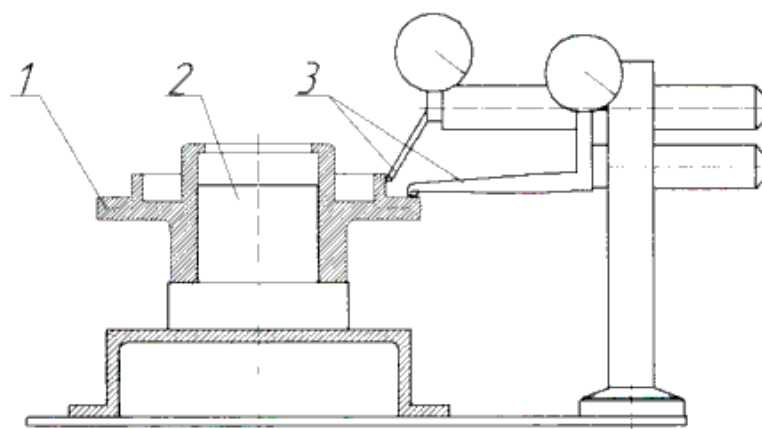
шайбы поз.8. Крышки поз.5 закрывают камеры шпинделей, крепятся винтам поз.17 к корпусу поз.2.

Шпиндели выполнены с кривошипами, вращающимися от водила поз.30, которое в свою очередь вращается от поводка поз.1 и установлено с эксцентриситетом. Поводок поз.1 вращается на подшипниках поз.25, запрессованных в хомуте поз.10. Поводок крепится гайкой поз.22 и пластиной поз.7. Корпус поз.2 напрессован на хомут поз.10. Балансир поз.40 служит для устранения дисбаланса при вращении поводка. Пластина поз.9 закрывает смотровое окно. Плита кондукторная поз.20 установлена на скалках с пружинами и закреплена гайками поз.21. В шпиндели установлены быстросменные втулки крепления инструмента.

3.3 Проектирование контрольного приспособления для замера радиального и торцового биения

3.3.1 Разработка схемы замера

На схеме измерения показанной в соответствии с рисунком 3.7 на оправку 2 надевается деталь 1 и при помощи щупа 3 и головки снимаются показания.



где 1 – контролируемая деталь;
2 – оправка;
3 – щуп измерительной головки индикаторного типа

Рисунок 3.7 – Схема измерения

3.3.2 Разработка схемы приспособления

В качестве зажимного элемента принимаем рекомендуемый центрирующий и зажимной элемент – рожковую мембрану. Мембранные приспособления не обеспечивают большой силовой зажим, но обеспечивают высокую точность центрирования в связи с чем распространены в контрольных приспособлениях.

Базирование изделия при контроле радиального и торцового биения производится по поверхности, которая указана в качестве базы и обозначении допуска.

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата

Оправка должна быть с прецизионным вращением. Схема приспособления разработана в соответствии с рисунком 3.8

Рожковая мембрана представляет собой металлический диск 3 с выполненными заодно с диском рожками 2. Зажим детали 1 осуществляется за счет упругой деформации мембраны. Предварительный прогиб диска 3 создается посредством силы Q, передаваемой от встроенного силового привода – пневмокамеры 4 через шток 5. Одевается деталь 1, выключается привод, и осуществляется вращение, оправка установлена на подшипнике 8. Пневмокамера крепится к корпусу приспособления 6.

Измерительное устройство представляет собой штатив 7 установленный на корпусе 6 приспособления. Тип измерительного прибора-индикатор часового типа ИЧ10 по ГОСТ 577-68 с диапазоном измерения 0-1 мм, допускаемой погрешностью 2 мкм, ценой деления 0,01 мм. Измерительное усилие 150 сН.

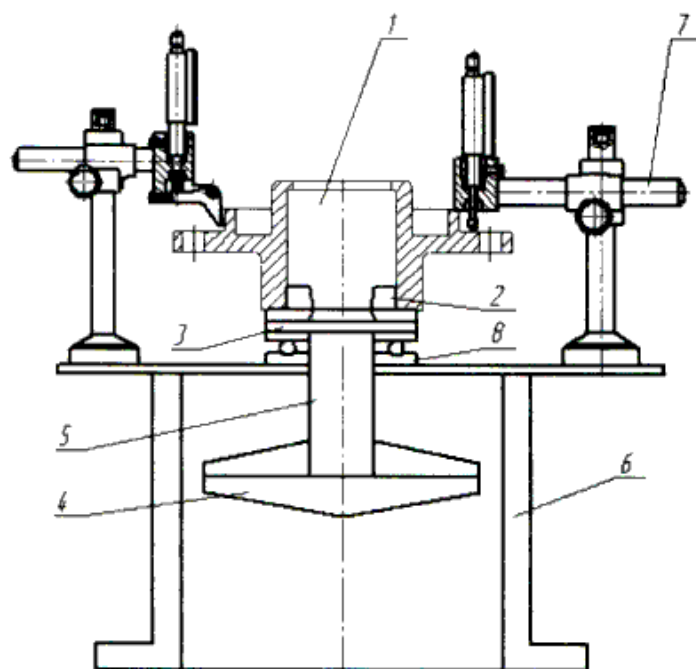


Рисунок 3.8 – Схема приспособления

3.3.3 Расчет элементов приспособления

Поскольку требуется сцентрировать деталь с помощью мембранного приспособления, то предварительно задают параметры мембраны и расчет производится для нахождения силы на штоке механизированного привода, необходимой для прогиба мембраны и сведения кулачков по эмпирической формуле [7].

$$Q = \frac{4 \cdot \pi \cdot B \cdot \varphi'}{2,3 \cdot \log\left(\frac{a}{b}\right)}, \text{ Н,}$$

									Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата					54

где B – цилиндрическая жесткость мембраны, Н/м;
 φ' – угол наибольшего разжима кулачков, рад;
 a – радиус наружной поверхности мембраны, $a=80$ мм;
 b – радиус базовой поверхности детали, $b=26$ мм;
 h – толщина мембраны, $h=3$ мм;

$$B = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)}, \text{ кг см,}$$

где E – модуль упругости $E = 2,1 \cdot 10^6$, кгс/см²;
 μ – коэффициент для стали $\mu = 0,3$;

$$B = \frac{2100000 \cdot 0,3^3}{12 \cdot (1 - 0,3^2)} = 59327,2 \text{ кг} \cdot \text{см}.$$

$$\varphi' = \frac{\delta}{2 \cdot l} + \frac{\Delta}{2 \cdot l}, \text{ рад,}$$

где δ – допуск изготовления размера базовой поверхности детали, $\delta = 0,03$ мм;
 l – расстояние до средней точки заделки кулачка мембраны, $l=44$ мм;
 Δ – диаметральный зазор необходимый для возможности установки детали в приспособление [7], мм,

$$\Delta = 0,0008 \cdot b + 0,02, \text{ мм,}$$

$$\Delta = 0,0008 \cdot 26 + 0,02 = 0,041 \text{ мм}.$$

$$\varphi' = \frac{0,03}{2 \cdot 44} + \frac{0,041}{2 \cdot 44} = 0,0005 \text{ рад.}$$

$$Q = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 59327 \cdot 0,0005}{2,3 \cdot \log\left(\frac{80}{26}\right)} = 630 \text{ Н.}$$

Принимаем диаметр пневмокамеры 150 мм и диаметр опорного диска 100 мм. Если рабочая полость штоковая, то имеем силу на штоке 2100 Н. Принимаем возвратную пружину с диаметром проволоки $d=6$ мм, диаметром витка 80мм и силой при максимальной деформации $F=560$ Н. Получаем силу на штоке

$$Q = P_s - F, \text{ Н,}$$

$$Q = 2100 - 560 \approx 1500 \text{ Н,}$$

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		55

что больше требуемой силы на штоке пневмопривода. Принимаем предварительно назначенные размеры мембраны и пневмокамеры.

3.3.4 Компоновка приспособления

В соответствии с рисунком 3.9 представлено приспособление с пневмокамерой для центрирования и зажима детали посредством рожковой мембраны.

Чтобы установить деталь на буртик рожков необходимо их свести предварительно к центру, чтобы был зазор.

Мембрана поз.40 состоит из оправки, в которой вмонтирована мембрана с выступами, к которым прикреплены кулачки. Также в оправку вкручены ручки, за которые вращаем оправку при измерении. Оправка имеет цилиндрическую шлифованную поверхность, которой она сопрягается со втулкой поз.14, запрессованной в корпус поз.1.

Оправка мембраны посажена на сепараторный подшипник поз.50. Внутри корпуса поз.1 расположена пневмокамера состоящая из фланца поз.2 и крышки поз.4, соединенных болтами поз.19 с гайками поз.22 и шайбами поз.25, и между которых фиксируется диафрагма поз.5.

В крышке поз.4 установлена пружина поз.8, которая возвращает шток в исходное положение. Диафрагма опирается на пружину поз.8, посредством опоры поз.6 с диском поз.7, которые зафиксированы на штоке поз.16 с помощью гайки поз.11. Шток изолируется во фланце посредством прокладки поз.12, прикрепленной с помощью кольца поз.3 и винтов поз.21.

Пневмокамера крепится фланцем поз.2 к направляющей мембраны поз.40 посредством винта поз.13. Шайба поз.9 служит как фрикционная. Шток поз.16 взаимодействует с мембраной посредством гайки поз.23 с шайбой поз.24, которые прикручены к шпильке поз.15, в свою очередь верную в шток и зафиксированную гайкой поз.17.

Муфта со штоком вращаются, поэтому для подвода воздуха на штоке установлена вращающуюся муфта поз.30.

Для измерения на корпусе поз.1 устанавливают магнитные стойки с индикаторными головками. Стойка поз.10 для измерения торцового биения, а стойка поз.20 для измерения радиального биения. Цена деления индикатора 0,01 мм.

3.3.5 Расчет приспособления на точность

Погрешность при измерении радиального биения определяется из следующих составляющих:

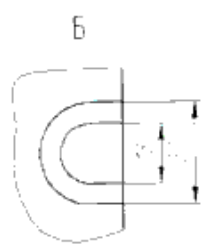
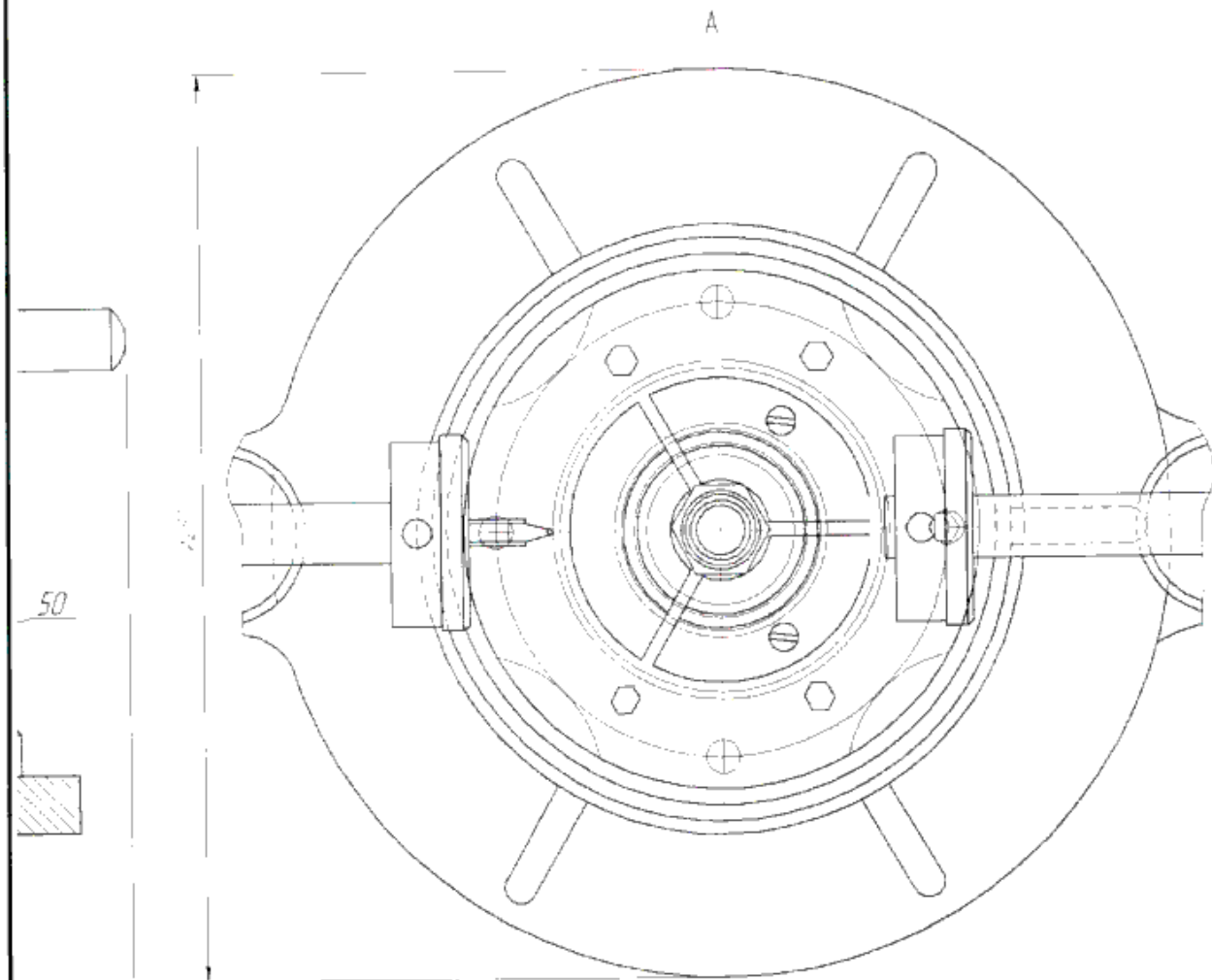
1) погрешность от зазоров в направляющей оправки.

Принимаем ориентировочно $\Delta_1 = 0,0075$ мм.

2) погрешность, вызываемая вариациями в показаниях индикатора, величина которых составляет $\Delta_2 = 0,002$ мм.

3) погрешность формы базовых поверхностей кулачков 0,002...0,006 мм, принимаем 0,004 мм

										Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата	151900.2016.021.000 ПЗ					56



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

для радиального и торцового биения

Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

15190.2016.021.000 ПЗ

4) предельная суммарная погрешность измерения биений детали относительно базового диаметра

$$\Sigma_{\text{сум}} = \frac{\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}}{2} \text{ мм,}$$

$$\Sigma_{\text{сум}} = \frac{\sqrt{0,0075^2 + 0,002^2 + 0,004^2}}{2} = \frac{0,0087}{2} = 0,044 \text{ мм.}$$

Величина относительной погрешности определяется отношением суммарной погрешности к установленному допуску:

$$\Delta_{\text{отн}} = \frac{0,0044}{0,016} \cdot 100\% = 27,5\%.$$

Погрешность при измерении торцового биения определяется из следующих составляющих:

1) погрешность от биения торца установленной в корпусе втулки, на которой вращается подшипник. Принимаем ориентировочно $\Delta_1 = 0,01$ мм.

2) погрешность, вызываемая вариациями в показаниях индикатора, величина которых составляет $\Delta_2 = 0,002$ мм.

3) погрешность формы торцовой базовой поверхности кулачков $0,002 \dots 0,006$ мм, принимаем $0,004$ мм

4) предельная суммарная погрешность измерения биений детали относительно базового диаметра

$$\Sigma_{\text{сум}} = \frac{\sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}}{2} \text{ мм,}$$

$$\Sigma_{\text{сум}} = \frac{\sqrt{0,01^2 + 0,002^2 + 0,004^2}}{2} = 0,0055 \text{ мм.}$$

Величина относительной погрешности определяется отношением суммарной погрешности к установленному допуску:

$$\Delta_{\text{отн}} = \frac{0,0055}{0,04} \cdot 100\% = 14\%.$$

Вывод по разделу три

В разделе разработано центрирующая конструкция приспособления с пневмоприводом и цангой для токарной обработки. Для этого определена теоретическая схема базирования, разработана схема приспособления и выполнен силовой расчёт приспособления.

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		58

Для одновременной обработки предварительных отверстий под резьбу М6-6Н разработана многошпиндельная головка.

Для контроля торцового и радиального биения разработано специальное центрирующее приспособление с рожковой мембраной. Для этого определена схема измерения, разработана схема приспособления, выполнен расчёт приспособления на точность.

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		59

4. СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Выбор и определение количества оборудования

Предлагается спроектировать поточную линию. Работа линии будет осуществляться в две смены. Исходные данные и расчёт количества потребного оборудования приведены в таблицах 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1 – Исходные данные

Номер операции	Наименование операции	Модель станка	Нормы времени				Разряд рабочих
			T_o	T_v	$T_{ш}$	$T_{п.з}$	
005	Токарная с ЧПУ	NEF 400	34,93	3,04	41,8	20	4
010	Фрезерная	6P13	0,8	1,14	2,73	25	3
015	Сверлильная	2Н125	4,63	4,91	10,78	31	3
020	Слесарная	верстак	2,4	0,5	3,1	7	2

Определение типа производства

Тип производства – среднесерийное.

Программа выпуска деталей $N_{год} = 2000$ шт/год

Годовой приведённый выпуск деталей $N_{пр} = 30000$ шт.

Таблица 4.2 – Количество потребного оборудования

Номер операции	Модель станка	$N_{пр}$ шт.	F_d ч	$T_{шк}$ мин	$S_{расч}$ шт.	$S_{пр}$ шт.	K_3
005	NEF 400	30000	4015	43,8	5,45	6	0,91
010	6P13			3,19	0,4	1	0,4
015	2Н125			11,98	1,49	2	0,74
020	верстак			3,24	0,27	1	0,27
Итого:							0,82

На разрабатываемом участке принятое число станков равно 9 штук, график загрузки представлен в соответствии с рисунком 4.1.

4.2 Определение необходимого состава работающих и их численности

4.2.1 Многостаночное обслуживание

Многостаночное обслуживание применяется на станках с достаточно высоким уровнем автоматизации. Наилучшие возможности имеются при наличии несколь-

ких одинаковых станков, выполняющих одну и ту же операцию, т.е станков-дублеров.

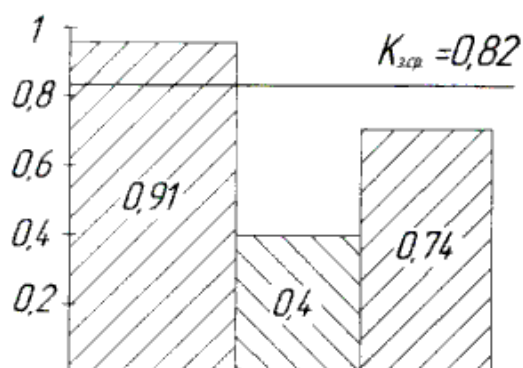


Рисунок 4.1 – График загрузки оборудования

При выполнении операций, включающих два и более переходов, выполняемых на универсальных станках с ручным управлением, для определения возможности многостаночного обслуживания необходимо построить циклограмму многостаночного обслуживания. В соответствии с рисунком 4.2 приведена циклограмма многостаночного обслуживания для 005 операции.

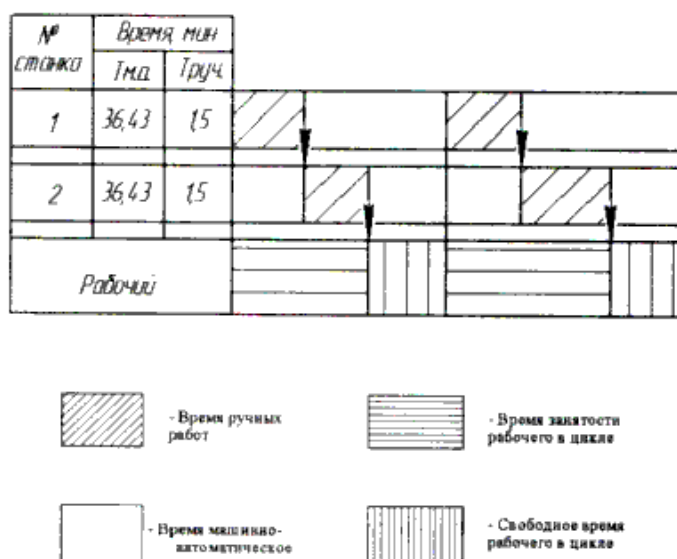


Рисунок 4.2 – Циклограмма многостаночного обслуживания для 005 операции

Расчет для операции с ЧПУ: $T_o = 34,93$; $T_b = 3,04$
 $T_b = T_{ву} + T_{мв}$

$T_{ву} = 0,5$;

$T_{р.ч.} = 0,5 + 1 = 1,5$

$T_{м.авт.} = 34,93 + 1,5 = 36,43$

$S_m = 1,5 / 36,43 + 1 = 1,04$ мин

Принято $S_m = 2$ шт.

4.2.2 Определение количества вспомогательных рабочих

При укрупненном проектировании численность вспомогательных рабочих определяют общим числом без указания профессии в процентах от числа производственных рабочих. По нормам, независимо от типа производства, для механических цехов число вспомогательных рабочих составляет 20–25% от числа производственных.

$$R_{\text{вс}} = \frac{R_c \cdot 20\%}{100\%}, \text{ чел.},$$

$$R_{\text{вс}} = \frac{11 \cdot 20\%}{100\%} = 2 \text{ чел.}$$

где R_c – количество рабочих станочников, $R_c = 11$ чел.

4.2.3 Определение количества инженерно - технических работников

К категории ИТР механического цеха относятся начальник цеха и его заместители, старшие и сменные мастера, технологи, механики, специалисты по вычислительной технике и системам управления и т.д. Нормы для расчета числа ИТР приведены в [9]

$$R_{\text{итр}} = \frac{R_c \cdot 21\%}{100\%}, \text{ чел.}$$

$$R_{\text{итр}} = \frac{11 \cdot 21\%}{100\%} = 2 \text{ чел.}$$

4.2.4 Определение количества служащих

Категория служащих включает работников цеховой бухгалтерии, учетчиков, табельщиков, распределителей работ, копировщиков, секретарей и др. Создание АСУ для бухгалтерского учета позволяет централизовать эту работу в масштабе завода, а в цехах иметь лиц, ведущих лишь первоначальную бухгалтерскую документацию. Численность служащих определена по нормам, приведенным в [9]

$$R_{\text{сл}} = \frac{R_c \cdot 1,7\%}{100\%}, \text{ чел.}$$

$$R_{\text{сл}} = \frac{11 \cdot 1,7\%}{100\%} \approx 1 \text{ чел.}$$

									Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата	151900.2016.021.000 ПЗ				62

4.2.5 Определение количества работников технического контроля

Работники технического контроля в состав работающих цеха не включаются, а их численность может быть найдена по нормам, представленным в [9].

Рассчитываем число контролёров R_k

$$R_k = \frac{R_c \cdot 9\%}{100\%}, \text{ чел.}$$

$$R_k = \frac{11 \cdot 9\%}{100\%} \approx 1 \text{ чел.}$$

Рассчитываем число контрольных мастеров $R_{км}$

$$R_{км} = \frac{R_c \cdot 0,8\%}{100\%}, \text{ чел.}$$

$$R_{км} = \frac{11 \cdot 0,8\%}{100\%} \approx 1 \text{ чел.}$$

4.3 Определение площади складов

Величину площади складов определяют исходя из необходимости хранения определенного количества запаса металла, заготовок, полуфабрикатов или деталей с учетом допустимой грузонапряжённости пола складского помещения по [9]

$$S_0 = \frac{Q_0 \cdot a_{ср}}{\Phi \cdot g_{ср} \cdot K_{и}}, \text{ м}^2,$$

где Q_0 – общий черновой вес материалов или заготовок, подлежащих механической обработке в течение года, вес заготовок $Q_0=230\text{т}$; вес деталей $Q_0=174\text{т}$;

$a_{ср}$ – среднее количество дней, на которое принимается запас материала (запас материалов и заготовок должен быть невелик и содержать минимум, необходимый для бесперебойной работы станков), $a_{ср}=6$ дней [9];

Φ – количество рабочих дней в году ($\Phi = 250$);

$g_{ср}$ – среднедопустимая нагрузка на площадь цеха, т/м^2 (принимается $2 \dots 3 \text{ т/м}^2$);

$K_{и}$ – коэффициент использования площади склада – отношение полезной площади склада к его общей площади, включая проходы, проезды. При напольном транспорте (электропогрузчики) $K_{и} = 0,25 \dots 0,3$; при обслуживании мостовыми и подвесными кранами, штабелерами $K_{и} = 0,35 \dots 0,4$.

$$S_3 = \frac{230 \cdot 6}{250 \cdot 0,7 \cdot 0,4} = \frac{1380}{70} = 19,7 \text{ м}^2$$

									Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата					63

$$S_d = \frac{174 \cdot 6}{250 \cdot 0,7 \cdot 0,4} = \frac{1044}{200} = 14,9 \text{ м}^2$$

4.4 Выбор типа транспортных и грузоподъемных средств и определение их количества

Выбор того или иного вида цехового транспорта зависит от характера продукции, ее веса и размеров; вида производства и формы организации работы; размеров грузооборота; назначения транспорта [9]. Внутри зданий используются машины с электроприводом, а для работы на открытых площадках – машины с двигателями внутреннего сгорания.

Для планируемого участка механической обработки в качестве передвижного цехового транспорта примем электротележку с грузоподъемностью от 0,5 до 5т.

Крановое оборудование.

Для планируемого участка механической обработки примем мостовой однобалочный кран (до 5 т) применяются для транспортирования внутри цеха и складов [9]

4.4.1 Расчет необходимого количества подъемно - транспортного оборудования

Для своевременного обеспечения цехов материалами, заготовками, деталями и узлами необходимо определять необходимое количество подъемно - транспортных средств. Для точного определения следует учитывать массу грузов, путь перемещения, время, затрачиваемое на подъем грузов, и многие другие условия.

Расчет необходимого количества электротележек и др. транспорта определяется в зависимости от веса деталей, перевозимых в течение года, времени пробега и времени на ее загрузку и разгрузку

$$K_T = \frac{Q \cdot i}{q \cdot 60 \cdot \Phi \cdot m \cdot K_p} \left(\frac{l_{cp}}{v_{cp}} + t_z + t_p \right), \text{ шт.},$$

где Q – вес деталей, транспортируемых в год, Q = 174 т;

i – среднее количество транспортных операций на одну деталь;

q – заполнение электротележки за один рейс, т, (примерно 75% от её грузоподъемности) принимаем q = 0,75 т;

Φ – номинальный годовой фонд времени электротележки при работе в одну смену, Φ = 2070 ч.;

m – количество смен работы электротележки в сутки, m=2;

K_p – коэффициент, учитывающий простой тележки из - за ремонта K_p = 0,97;

v_{cp} – средняя скорость электротележки v_{cp} = 150 м/мин;

t_z, t_p – время на загрузку и разгрузку электротележки за каждую операцию (по 5...10 мин).

При дробном числе оно округляется до целого и называется принятым количеством K_{T пр.}

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		64

$$K_r = \frac{174 \cdot 4}{0,75 \cdot 60 \cdot 2070 \cdot 2 \cdot 0,97} \left(\frac{40}{150} + 10 + 10 \right) = 0,6 \text{ шт.}$$

Принимаем $K_{r \text{ гр.}} = 1$ шт.

Количество мостовых кранов для механических цехов

$$K = \frac{D \cdot i}{\Phi \cdot m} \cdot \frac{\left(\frac{l_{\text{ср}}}{V_{\text{ср}}} + t_z + t_p \right)}{\Phi_n \cdot K_1},$$

где D – количество перевезённых грузов (контейнеров с деталями) на годовую программу выпуска N деталей,

$$D = \frac{N \cdot G_1}{G_k}$$

$$D = \frac{30000 \cdot 2}{150} = 400 \text{ шт}$$

где G_1 – вес одной детали, $G_1=2$;

G_k – вес контейнера с деталями;

m – количество рабочих смен в сутки;

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

i – количество крановых операций на один перевезённый груз;

$l_{\text{ср}}$ – средняя длина пути на одну крановую операцию, м;

$V_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения крана;

t_z, t_p – время на одну загрузку и одну разгрузку, мин;

Φ_n – номинальный фонд времени работы крана, $\Phi_n=480_{\text{мин}}$;

K_1 – коэффициент, учитывающий простой крана, $K_1=0,85$.

$$K = \frac{400 \cdot 5}{240 \cdot 2} \cdot \frac{\left(\frac{60}{150} + 5 + 5 \right)}{480 \cdot 0,85} = 0,1$$

Принимаем 1 кран. В соответствии с рисунком 4.3 представлен мостовой кран.

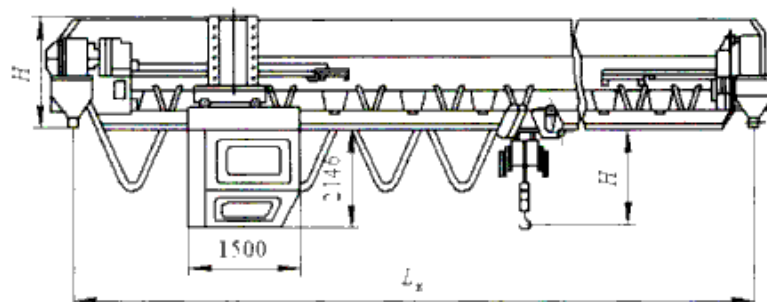


Рисунок 4.3 – Кран мостовой

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата

4.5 Выбор способа транспортирования стружки

Несмотря на внедрение экономичных методов производства заготовок в процессе обработки резанием образуется значительное количество стружки. Стружку, прежде всего, необходимо отвести из зоны образования, а далее транспортировать ее к месту сбора и переработки.

Так как стружку, образующуюся на площади 1000–2000 м² в количестве до 300 кг/ч от отдельно стоящих станков, целесообразно собирать в специальную тару и безрельсовым транспортом доставлять к местам переработки. Наиболее эффективно применение стружечного конвейера расположенного под полом, магистраль которого вынесена за пределы рабочих мест. Выбираю скребково-штанговую конструкцию, когда на штанге шарнирно закреплены скребки, сдвигающие стружку при движении штанги. В соответствии с рисунком 4.4 представлена секция скребково-штангового конвейера.

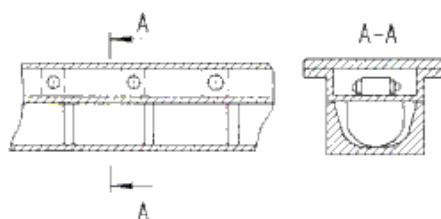


Рисунок 4.4 – Секция скребково-штангового конвейера

Размер производственной площади механического цеха с учетом площади, занимаемой верстаками слесарей, подсчитывается следующим образом:

– при детальном проектировании цеха производственная площадь определяется на основании разработанного плана расположения всего оборудования, рабочих мест, проездов, проходов и пр.

– в случае укрупненного проектирования производственная площадь определяется по удельной площади, приходящейся на 1 станок. В среднем она составляет: для малых станков – 10–12 м², средних – 15–25 м², крупных – 25–70 м², особо крупных – 70–200 м² на станок. Таким образом, площадь, занимаемую станками $F_{ст}$, можно подсчитать по формуле

$$F_{ст} = \sum C_{пр} \cdot f_{уд}, \text{ м}^2,$$

где $C_{пр}$ – принятое число станков данного типоразмера, $C_{пр}=9$ шт;

$f_{уд}$ – удельная производственная площадь, приходящаяся на 1 станок данного типоразмера, $f_{уд}=21 \text{ м}^2$.

$$F_{ст} = \sum 15 \cdot 9 = 135 \text{ м}^2.$$

Рассчитываем этапом рассчитывается масса стружки.

$$m_{стр} = \frac{(m_{дет} - m_{заг}) N^{ГР}}{1000},$$

где $m_{дет}^Б = 2,0 \text{ кг}$ – масса детали;

$m_{заг}^Б = 3,2 \text{ кг}$ – масса заготовки для детали.

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

$$m_{\text{СТР}} = \frac{(3,2 - 2,0) \cdot 30000}{1000} = 41 \text{ т.}$$

$$\frac{m_{\text{СТР}}}{S_{\text{уд}}} = \frac{41}{135} = 0,303 \text{ т/м}^2.$$

Так как $\frac{m_{\text{СТР}}}{S_{\text{уд}}} > 0,3 \text{ т/м}^2$, то назначается система уборки стружки К – комбинированная.

4.6 Планировка участка, определение его основных размеров

Планировка цеха – это план расположения производственного, подъемно-транспортного и др. оборудования, инженерных сетей, рабочих мест, проездов, проходов и др.

При разработке планировки учитываются следующие основные требования:

- 1) оборудование в цехе размещается в соответствии с принятой формой организации технологических процессов.
- 2) расположение оборудования, проходов и проездов гарантирует удобство и безопасность работы, возможность монтажа и демонтажа, ремонта оборудования; удобство подачи заготовок и инструмента; удобство уборки отходов;
- 3) планировка увязана с применяемыми подъемно-транспортных средств;
- 4) в планировках предусмотрены кратчайшие пути перемещения заготовок, деталей, узлов в процессе производства, исключая возвратные движения. В таблице 4.3 приведены нормы расстояний между станками, стенами и колоннами.

Таблица 4.3 – Нормы расстояний между станками и от станков до стен и колонн

Расстояние		Нормы расстояний между станками при их размерах в мм		
		до 4000×2000	до 8000×4000	
Между станками по фронту (а)		900	1500	
Между тыльными сторонами станков (б)		800	1200	
Между станками при поперечном расположении к проезду	при расположении станков «в затылок» (в)	1500	2000	
	при расположении станков фронтом друг к другу и обслуживании 1 рабочим	одного станка (г)	2500	3000
		двух станков (д)	1500	–
От стен или колонн здания до	тыльной или боковой стороны станка (е)	800	900	
	фронта станка (ж)	1500	2000	

Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Разработанный участок располагается в среднем пролёте шириной 12000 мм и шагом колонн 6000 мм.

Минимальная высота пролёта определяется по высоте до головки подкранового рельса. Основные размеры пролёта здания приведены в соответствии с рисунком 4.5.

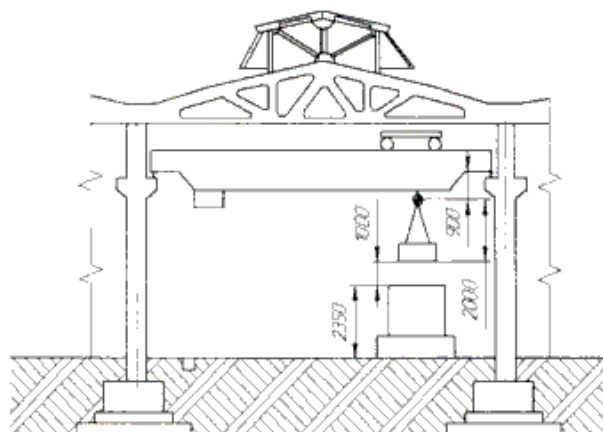


Рисунок 4.5 – Основные размеры пролёта здания

Высота до головки подкранового рельса (м) рассчитывается по формуле [9]

$$H_k = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \text{ м,}$$

где h_1 – максимальная высота оборудования, $h_1=2,35$ м;

h_2 – минимальное расстояние между оборудованием и перемещаемым грузом, $h_2=1$ м;

h_3 – высота транспортируемых грузов, $h_3=2$ м;

h_4 – высота крана, $h_4=0,9$ м.

Оборудованием с максимальной высотой являются станки модели 2Н125 высотой 2,35 м.

$$H_k = 2,35 + 1 + 2 + 0,9 = 6,25 \text{ м.}$$

Расчётное значение корректируется до ближайшего стандартного. Принимаем $H_k = 6,15$ м. В зависимости от величины H_k принимаем высоту пролёта $H = 8,4$ м.

Колонны здания железобетонные серии КЭ-01-49 с консолями прямоугольного сечения 400×800 мм, приведены в соответствии с рисунком 4.6

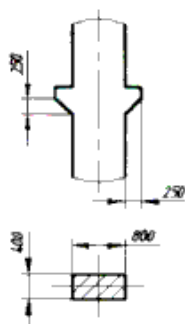


Рисунок 4.6 – Колонны средних пролётов серии КЭ-01-49

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		68

Торцовые колонны здания смещены внутрь относительно разбивочной оси на 500 мм. Это необходимо для того, чтобы пропустить колонны фахверка. Фундаменты под колонны представляют собой отдельно стоящие железобетонные ступенчатые конструкции, на которые устанавливаются также железобетонные фундаментные балки под стены.

Верхняя плоскость фундамента располагается на 150 мм ниже уровня пола, подошва фундамента – на 1,95м. Размеры фундаментов назначаются в зависимости от серии и сечения колонны и приведены в соответствии с рисунком 4.7

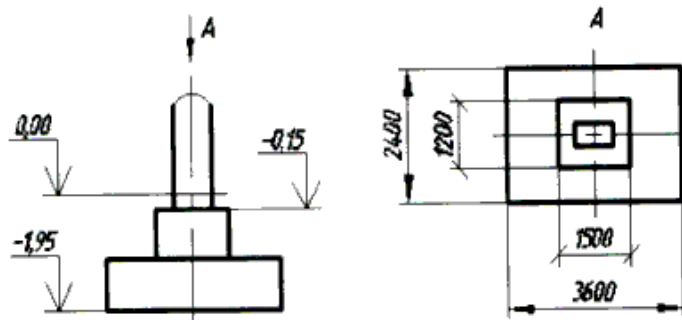


Рисунок 4.7 – Фундамент под колонны

Несущей конструкцией здания являются железобетонные решётчатые фермы серии 1.462-3. Габаритные размеры фермы: длина 21960 мм, высота 1390 мм, толщина 200 мм, приведены в соответствии с рисунком 4.8

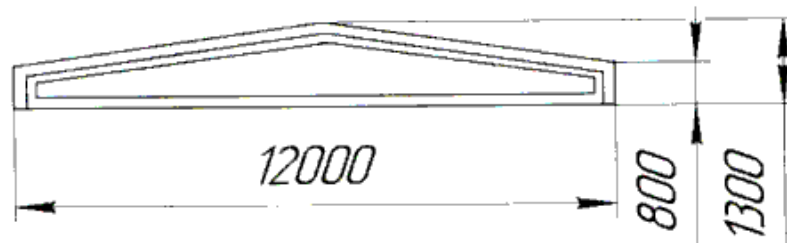


Рисунок 4.8 – Железобетонная ферма серии 1.462-3

В соответствии с рисунком 4.9 представлена конструкция кровли.

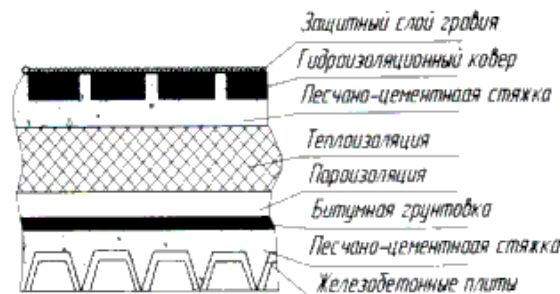


Рисунок 4.9 – Конструкция кровли

					Лист
					151900.2016.021.000 ПЗ
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата	69

Ограждающим покрытием здания является утеплённая многослойная кровля. Кровля состоит из сборных настилов, укладываемых по фермам.

Несущим настилом являются железобетонные плиты. В качестве первого слоя применяется песчано - цементная стяжка, выравнивающая плиты покрытия и заполняющая их швы. Она покрывается пароизоляцией из пергаменты по битумной грунтовке. Затем укладывается утеплитель, представляющий собой плиты из пеннобетона.

Чтобы создать достаточно жёсткое и ровное основание для гидроизоляционного ковра, на поверхность теплоизоляционного покрытия накладывают стяжку из песчано-цементного раствора. Гидроизоляция покрытия здания выполняется из трёх-четырёх слоёв рулонных гидроизоляционных материалов, последовательно наклеиваемых внахлест при помощи горячей битумной мастики. Для улучшения сопротивляемости разрушению дёгтевого ковра под действием солнечной радиации ковёр покрывают слоем светлого гравия с зёрнами размером 6...10 мм, вдавленного в горячем виде в кровельную мастику с помощью катка весом 500 Н.

В качестве наружного ограждения применяются стены толщиной 500 мм. Вход на территорию цеха осуществляется через распашные ворота. Ширина ворот 2,5 м, высота – 4,2 м.

Оборудование на участке устанавливается непосредственно на полу. Пол представляет собой многослойную конструкцию, изображённую в соответствии с рисунком 4.10, включающую трамбованный грунт, надёжную бетонную подготовку толщиной 200...300 мм, песчано-цементную стяжку для выравнивания, слой гидроизоляции, а также покрытие пола из бетона.

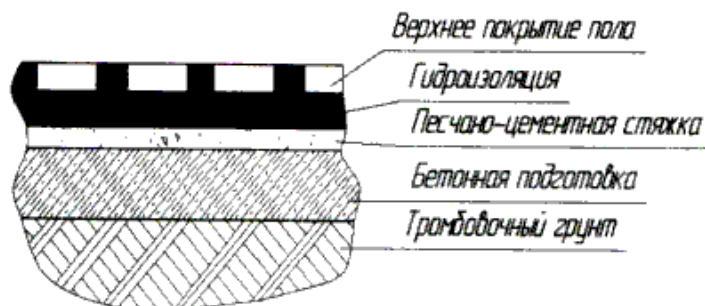


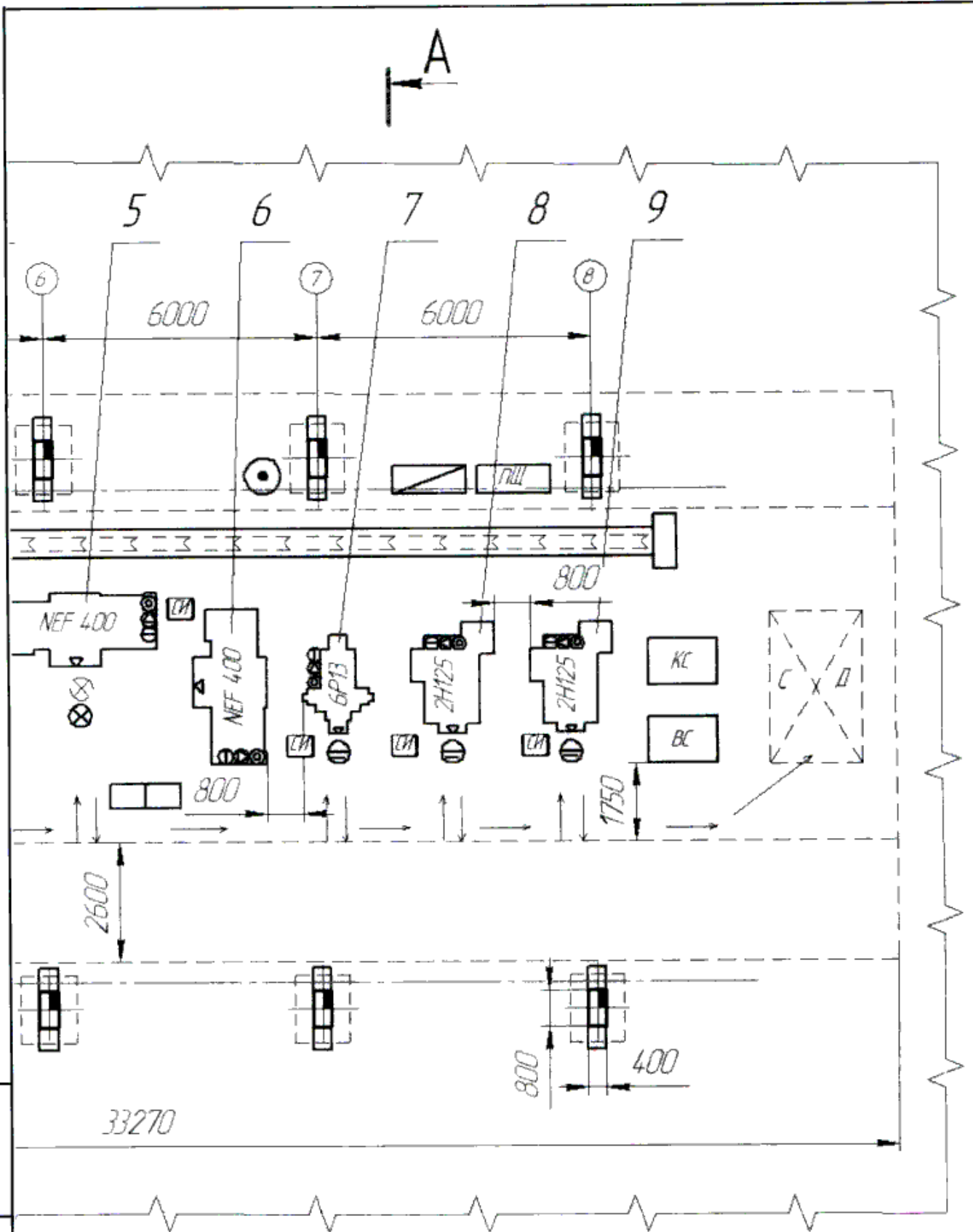
Рисунок 4.10 – Конструкция пола

В соответствии с рисунком 4.11 представлена планировка участка.

Выводы по разделу четыре

В строительном разделе произведены расчёты количества оборудования, количества производственных и вспомогательных рабочих. Для готового объёма выпуска деталей рассчитаны транспортные средства, склад заготовок, подъёмно-транспортное оборудование, транспортирование стружки. Также рассчитаны размеры участка механической обработки детали «Корпус»

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		70



- Планировка

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Коллч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

151900.2016.021.000 ПЗ

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В данном разделе предлагается раскрыть вопросы, отражающие комплекс мероприятий, обеспечивающих создание благоприятных и безопасных условий труда.

5.1 Обеспечение электробезопасности на производственном участке

В данном дипломном проекте был спроектирован участок механической обработки детали «Корпус». На данном участке располагается электрооборудование, которое является потенциальным источником опасности. На участке расположены станки различных групп: токарные, сверлильные, суммарная мощность которых составляет 75 кВт, напряжение – 220/380 В. Так же потенциально опасными являются система транспортирования стружки, вентиляция.

Находящиеся на участке электрические шкафы обозначенные табличкой «Стой. Высокое напряжение!» являются источником электрической опасности, поскольку открывать и работать с ними могут только работники, имеющие удостоверение о допуске работы с установками до 1000в. Также источниками электрической опасности являются корпуса электродвигателей станков, вводные коробки, осветительные приборы, силовые сети оборудования, электропровода освещения и бытового назначения.

Цеховое напряжение промышленное 380/220В трехфазная четырехпроводная сеть с глухозаземленной нейтралью. В этих сетях нейтрали генераторов и трансформаторов присоединены к заземляющим устройствам. Четвертый провод сети присоединен к заземленной нейтрали, поэтому он называется нулевым.

Характерны два случая прикосновения к токоведущим частям: когда человек касается одновременно двух проводов (двухфазное или двухполюсное прикосновение) и когда касается лишь одного провода (однофазное или однополюсное прикосновение).

При двухфазном прикосновении человек под наибольшим (линейным) напряжением сети. Такое прикосновение весьма опасно и не зависит от режима нейтрали. Опасность поражения не уменьшается и в том случае, если человек надежно изолирован от земли.

Случаи двухфазного прикосновения характерны для установок до 1000В. Однофазное прикосновение менее опасно, поскольку напряжение, под которым оказывается человек, меньше линейного в 1,73 раза.

При аварийном режиме, когда одна из фаз сети замкнута на землю через небольшое сопротивление, напряжение, под которым окажется человек, прикоснувшийся к неповрежденной фазе, всегда будет меньше линейного, но больше фазного.

Таким образом, прикосновение человека к фазному проводу сети с глухозаземленной нейтралью в аварийный период более опасно, чем при нормальном режиме.

Воздействие электротока на человека усугубляется также наличием токопроводящих полов и близко расположенных заземленных предметов, так как одновремен-

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		72

нное прикосновение человека к этим предметам и корпусу электрооборудования, случайно оказавшемуся под напряжением, или непосредственно к токоведущей части, находящейся под напряжением, будет сопровождаться прохождением через человека большого тока. Поэтому относим цех механической обработки к категории помещения с повышенной опасностью, ввиду присутствия токоведущей пыли, с железобетонными полами.

Определяем класс помещения по характеру окружающей среды – пыльное, выделяется токопроводящая пыль, проникающая внутрь ЭУ.

Меры электробезопасности: применение пылеотсасывающих устройств, встраиваемых в режущий инструмент; поверхность пола покрыть негорючим, нетокопроводящим материалом; соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей путем закрытия, ограждения токоведущих частей; применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям; заземления корпусов электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением вследствие повреждения изоляции; дополнительно доработать заземление корпусов оборудования и станин клеммными перемычками; применение надписей и плакатов; проверка знаний по охране труда у лиц, допущенных к эксплуатации электроустановок.

Выполним расчет защитного заземления.

Исходные данные.

Характеристика установки: напряжение – 380В; мощность – 75 кВт (мощность всех станков на участке); режим нейтрали – с заземленной нейтралью; вид грунта – глина.

Выбираем искусственный заземлитель – вертикальная труба:

$$d = 30 \text{ мм}; l = 2 \text{ м}; l_{\text{мз}} = 2 \text{ м}; h = 0,5 \text{ м}.$$

Соединительная полоса:

$$b_{\text{п}} = 40 \text{ мм}; h = 0,5 \text{ м}.$$

Выбираем допустимое сопротивление заземляющего устройства в зависимости от мощности установок [10], при менее 100 кВт

$$R_{\text{зд}} = 10 \text{ Ом}.$$

Определим расчетное удельное сопротивление грунта, учитывая коэффициент климатической зоны Южного Урала $\psi = 1,5$ для вертикальных и $\psi = 3,5$ для горизонтальных заземлителей по формуле

$$\rho = \rho_{\text{г}} \cdot \psi,$$

где $\rho_{\text{г}}$ – удельное сопротивление грунта, для глины $\rho_{\text{г}} = 15 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ [10].

$$\rho = 15 \cdot 1,5 = 22,5 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

$$\rho = 15 \cdot 3,5 = 52,5 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Выбираем тип заземляющего устройства: выносное заземляющее устройство, в виде вертикально расположенных труб.

Определяем сопротивление одного искусственного заземлителя:

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		73

$$R_{30} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right),$$

$$R_{30} = \frac{22,5}{2 \cdot \pi \cdot 2} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,03} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,5 + 1}{4 \cdot 1,5 - 1} \right) = 6,08 \text{ Ом.}$$

Определим необходимое число вертикальных искусственных заземлителей методом подбора

$$n_1 = \frac{R_{оз}}{\eta_v \cdot R_{зд}},$$

где η_v – коэффициент использования вертикальных заземлителей, который зависит от числа заземлителей и от отношения расстояния между вертикальными заземлителями к их длине – $l_{мз} / l$, вначале принимаем $\eta_v = 1$.

$$n_1 = \frac{6,08}{1 \cdot 10} = 0,6.$$

Находим по [10] значение коэффициента использования вертикальных заземлителей по ближайшему значению n_1 .

Принимаем $n = 2$.

$$\frac{l_{мз}}{l} = \frac{2}{2} = 1,$$

$$\eta_v = 0,85,$$

$$n_2 = \frac{R_{оз}}{\eta_v \cdot R_{зд}} = \frac{6,08}{0,85 \cdot 10} = 0,71,$$

$$\eta_2 - \eta_1 = 0,71 - 0,6 = 0,11 < 1.$$

Определим длину соединительной полосы для выносного заземляющего устройства

$$l_n = l_{мз} \cdot (n - 1),$$

$$l_n = 2 \cdot (2 - 1) = 2 \text{ м.}$$

Определим сопротивление соединительной полосы

$$R_{по} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_n^2}{b_n \cdot t},$$

$$R_{по} = \frac{52,5}{2 \cdot \pi \cdot 2} \cdot \ln \frac{2 \cdot 2^2}{0,04 \cdot 0,52} = 24,9 \text{ Ом.}$$

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		74

Определим коэффициент использования вертикальных электродов (η_v) и соединительной полосы (η_n), в зависимости от числа заземлителей и отношения расстояния между заземлителями к их длине, $\eta_v = 0,85$, $\eta_n = 0,85$.

Определим расчетное сопротивление искусственных заземлителей.

$$R_{изр} = \frac{R_{зо} \cdot R_{по}}{R_{зо} \cdot \eta_n + n \cdot R_{по} \cdot \eta_v} = \frac{6,08 \cdot 24,9}{6,08 \cdot 0,85 + 2 \cdot 24,9 \cdot 0,85} = 3,2 \text{ Ом.}$$

$$R_{изр} \leq R_{зд},$$

$$3,2 \leq 10.$$

Строим схему заземляющего устройства.

В соответствии с рисунком 5.1 приведена схема заземляющего устройства.

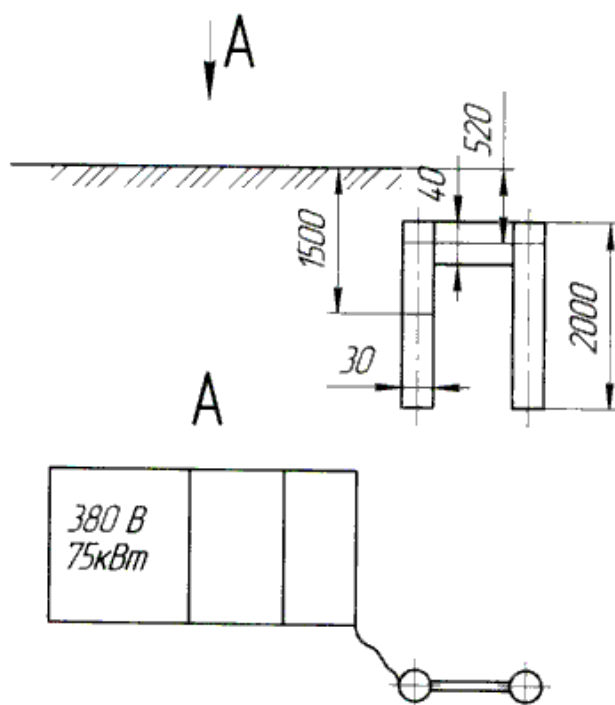


Рисунок 5.1 – Схема заземляющего устройства

5.2 Расчет необходимого воздухообмена

В проектируемом производственном помещении воздух загрязняется различными посторонними примесями: испарения СОЖ, применяемые при механической обработке деталей, пыль, выделяемая при уборке помещения и движения людей, избыточное тепло.

Эти выделения создают неблагоприятные условия для работающих и могут стать причиной заболевания.

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		75

В производственном помещении цеха устроена комбинированная система вентиляции, т. е. естественная и искусственная (механическая). Естественная вентиляция в цехе создает необходимый воздухообмен за счет разности плотности теплого и холодного воздуха, находящегося внутри помещения и более холодного снаружи, а также за счет ветра. В помещении применяется организованная бесканальная естественная вентиляция (аэрация), так как она рекомендуется в помещениях большого объема. Вентиляция осуществляется при помощи фрамуг (поступление воздуха) и вытяжных фонарей (выход воздуха). Преимуществом механической вентиляции можно считать то, что воздухообмен осуществляется независимо от внешних метеорологических условий, а за счет напора воздуха, создаваемого вентиляторами; воздух в зимнее время года подогревается, в летнее – охлаждается и кроме того очищается от загрязнений (пыли и вредных паров и газов). В данном проектируемом помещении применяется приточная механическая система вентиляции, которая производит забор воздуха через воздухозаборное устройство, затем воздух проходит через калорифер, где воздух нагревается и увлажняется и вентилятором подается по воздухопроводам в помещение через насадки для регулировки притока воздуха. Загрязненный воздух вытесняется через двери, окна, фонари, щели.

В холодный период года здание цеха отапливается паровым отоплением, а у входа в здание оборудованы тамбуры и воздушные тепловые завесы.

1) Определение необходимого воздухообмена в помещении зависит от числа находящихся в нем людей [11].

Необходимый воздухообмен в помещении зависит от числа находящихся в нем людей L , $\text{м}^3/\text{ч}$, определяется по формуле [11].

$$L = n \cdot L',$$

где L – необходимый воздухообмен в помещении, $\text{м}^3/\text{ч}$;

n – число людей в помещении, $n=11$;

L' – расход воздуха на 1 человека в зависимости от объема (V) помещения, $\text{м}^3/\text{ч}$.

$$L' = \frac{V}{n}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где V – объем помещения, м^3

$$V = l \cdot b \cdot h, \text{ м}^3$$

где l , b , h – длина, ширина и высота помещения, $l=36$ м, $b=12$ м, $h=8,4$ м.

$$V = 36 \cdot 12 \cdot 8,4 = 3024 \text{ м}^3.$$

$$L' = \frac{3024}{11} = 275 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		76

В проектируемом помещении имеется естественная вентиляция, на одного рабочего приходится 275 м^3 помещения, т.е. расход воздуха на 1 человека будет не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$.

$$L=11 \cdot 20=220 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2) Определение необходимого воздухообмена по выделению вредных веществ $L, \text{ м}^3/\text{ч}$, определяется по формуле [11].

$$L = \frac{G}{q_v - q_{пр}},$$

где G – количество вредных веществ, выделяемых в помещении, $\text{мг}/\text{ч}$;

$q_v, q_{пр}$ – концентрация вредных веществ в вытяжном и приточном воздухе соответственно, $\text{мг}/\text{м}^3$. Концентрация вредных веществ в вытяжном воздухе принимается в 3 раза больше чем средне взвешиваемая концентрация вредных веществ K , т.е. $q_v = 18 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Концентрация вредных веществ в приточном воздухе должна быть минимальной и не должна превышать 30% от предельно допустимой концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны, т.е. $q_{пр}=1,8 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Величину G можно определить по эмпирической формуле [11].

$$G=\mu \cdot V \cdot K,$$

где μ – коэффициент неорганизованного воздухообмена в помещении, обычно применяемый – 2;

V – объем помещения, $V=3024 \text{ м}^3$;

K – средне взвешенная концентрация вредных веществ в помещении, принимаем содержание в воздухе карбида кремния – $6 \text{ мг}/\text{м}^3$.

$$G=2 \cdot 3024 \cdot 6=36288 \text{ мг}/\text{ч}.$$

$$L = \frac{36288}{18 - 1,8} = 2240 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

3) Определение необходимого воздухообмена по избыткам тепла.

Необходимый воздухообмен по избыткам тепла, $L, \text{ м}^3/\text{ч}$, определяется по формуле [11].

$$L = \frac{Q}{C \cdot \rho \cdot (t_{yx} - t_{пр})},$$

где Q – избыточное тепло, выделяемое в помещении, $\text{Дж}/\text{ч}$;

C – удельная весовая теплоемкость воздуха, $1004 \text{ Дж}/\text{кг}$;

ρ – плотность воздуха, равная $1,1 \text{ кг}/\text{м}^3$;

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		77

$t_{пр}$, t_{yx} – температура приточного, температура уходящего из помещения воздуха соответственно, °С.

Температура воздуха, удаляемого из помещения t_{yx} , °С, определяется по эмпирической формуле [11].

$$t_{yx} = t_{зр} + \Delta t \cdot (H - 2),$$

где $t_{зр}$ – температура воздуха в рабочей зоне, $t_{зр} = 21^\circ\text{C}$;

Δt – градиент температуры по высоте помещения (от 1 до 5°);

H – расстояние от пола до центра вытяжных проемов, $H = 8\text{м}$;

2 – высота рабочей зоны, м.

$$t_{yx} = 21 + 3 \cdot (8 - 2) = 39^\circ\text{C};$$

4) Определение теплоизбытков в помещении.

Тепловыделение от людей

Количество тепла, выделяемого человеком $Q_{людей}$, Дж, зависит от его физической нагрузки и от температуры воздуха в помещении. $Q_{людей} = 732550$ Дж.

Тепловыделение от станков

Количество тепла, выделяемого от станков $Q_{станков}$, Дж, определяется по формуле [10].

$$Q_{станков} = 860 \cdot N_{\phi} \cdot \phi_1 \cdot \phi_2 \cdot \phi_3 \cdot \phi_4,$$

где 860 – тепловой эквивалент;

N_{ϕ} – номинальная мощность, расходуемая станками, 65 кВт;

ϕ_1 – коэффициент использования мощности (обычно принимают ϕ_1 от 0,7 до 0,9);

ϕ_2 – коэффициент загрузки (обычно принимают ϕ_2 от 0,5 до 0,8);

ϕ_3 – коэффициент одновременности работы (принимают ϕ_3 от 0,5 до 1,0);

ϕ_4 – коэффициент ассимиляции тепла воздухом, учитывающий, какая частота тепла затрачиваемой механической энергией передается в виде тепла воздуха помещения (колеблется от 0,1 до 1).

Для определения тепловыделений в механических и механосборочных цехах ориентировочно $\phi_4 = 0,25$.

$$Q_{станков} = 860 \cdot 65 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,25 = 3913 \text{ Дж.}$$

Количество тепла, выделяемого в помещении нагретым материалом, $Q_{н. матер.}$ Дж, определяется по формуле

$$Q_{н. матер.} = G_n \cdot C \cdot (t_{нач} - t_k),$$

где G_n – вес нагретого материала, 10 кг;

C – средняя теплоемкость материала, 480,6 Дж;

$t_{нач}$ – начальная температура, 18°C ;

t_k – конечная температура, 30°C .

$$Q_{н. матер.} = 10 \cdot 480,6 \cdot (30 - 18) = 57672 \text{ Дж}$$

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		78

Тепловыделения от источников искусственного освещения

Избытки тепла в помещении от источников света $Q_{\text{ист. св.}}$, можно определить из выражения

$$Q_{\text{ист. св.}} = 860 \cdot N_{\Sigma},$$

где $N_{\Sigma} = 12$ кВт (24 лампы НСП-20) – суммарная потребляемая мощность освещения.

$$Q_{\text{ист. св.}} = 860 \cdot 12 = 10320 \text{ Дж.}$$

Практически принимается, что вся мощность источника света переходит в тепло.

Тепло, вносимое в помещение солнечной радиацией.

В теплый период года (при наружной температуре более плюс 10°C) следует учитывать солнечную радиацию. Количество тепла, поступающего от солнечной радиации $Q_{\text{солн. рад.}}$, Дж, определяется по формуле [11].

$$Q_{\text{солн. рад.}} = F_{\text{ост}} \cdot K_{\text{ост.}} \cdot q_{\text{ост.}}$$

где $F_{\text{ост}} = 40 \text{ м}^2$ – поверхность остекления;

$K_{\text{ост.}} = 0,2$ – коэффициент, зависящий от характеристики остекления;

$q_{\text{ост.}} = 397670 \text{ Дж}$, – солнечная радиация через 1 м^2 поверхности остекления при размещении остекления на юго-восточной стене здания.

Солнечная радиация через стены не учитывается ввиду ее незначительности.

$$Q_{\text{солн. рад.}} = 40 \cdot 0,2 \cdot 397670 = 3181360 \text{ Дж}$$

Определяем суммарное избыточное тепло, поступающее в помещение $Q_{\text{изб.}}$, Дж

$$Q_{\text{изб.}} = Q_{\text{людей}} + Q_{\text{станков}} + Q_{\text{н. матер}} + Q_{\text{ист. св.}} + Q_{\text{солн. рад.}}$$

$$Q_{\text{изб.}} = 732550 + 3913 + 57672 + 10320 + 3181360 = 3985815 \text{ Дж}$$

Избыточное тепло с учетом тепловых потерь $Q_{\text{изб.}}$, Дж, определяют по формуле [11]

$$Q_{\text{изб.}} = Q_{\text{пост.}} - Q_{\text{т.п.}}$$

где $Q_{\text{пост.}}$ – тепло, поступившее в помещение, Дж;

$Q_{\text{т.п.}}$ – тепловые потери, Дж.

Тепловые потери $Q_{\text{т.п.}}$, Дж, можно определить по формуле [11].

$$Q_{\text{т.п.}} = K \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}),$$

где K – коэффициент теплоотдачи, для бетонной стены K от 5441 до 6279 Дж, принимаем $K = 5500 \text{ Дж}$;

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		79

$F = 432 \text{ м}^2$, – площадь поверхности ограждения;

$t_{\text{вн}}, t_{\text{н}}$ – внутренняя и наружная температура воздуха в помещении соответственно, °С. Расчетные параметры наружного воздуха $t_{\text{н}} = 19,5^\circ\text{С}$, внутреннего $t_{\text{вн}} = 20,5^\circ\text{С}$.

$$Q_{\text{т.п.}} = 5500 \cdot 432 \cdot (20,5 - 19,5) = 2376000 \text{ Дж}$$

$$Q_{\text{изб.}} = 3985815 - 2376000 = 1609815 \text{ Дж.}$$

$$L = \frac{1609815}{1004 \cdot 1,1 \cdot (21 - 19)} = 1457 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Используя расчетное значение, по аэродинамическим характеристикам подбирается вентиляционная установка.

5.3 Мероприятия по защите от чрезвычайных ситуаций, вызванных атмосферными осадками

К атмосферным осадкам относятся крупный град, сильный дождь, ливень, грозы, сильный снегопад. Экстремальное количество и продолжительность выпадения осадков оказывает опасное для жизни людей и различных объектов и возбуждают другие виды чрезвычайных ситуаций.

– интенсивные снегопады парализуют транспорт, вызывают повреждение деревьев, ЛЭП, зданий под снеговой нагрузкой, сход снежных лавин в горах, а при выпадении в обычных бесснежных районах или в теплое время года приносят ущерб сельскому хозяйству.

– интенсивные ливни возбуждают наводнение, эрозии, сели в горах.

– экстремально малые суммы осадков приводят к засухе, опасности лесных пожаров, обмелением рек, трудностям для судоходства.

По режиму и форме воздействия на людей и различные объекты снежноледниковые явления явно разнообразны, чрезвычайные ситуации связанные с эпизодическими объектами – экстремальными снегопадами и холодом, массовым сходом лавин, крупными заторами льда на реках и т.д.

Для машиностроительного предприятия долговременные дожди оказывают неблагоприятное воздействие на протекание технологических процессов. Они вызывают затопление подвальных помещений, нарушений работ линий электропередач, затопление рабочих мест и т.д.

Снежный покров - это слой снега на поверхности земли, возникающий в результате снегопада. Большой объем снежного покрова может вызвать обледенения линий электропередач, и кровли зданий, привести к обрушению кровли, занесением снежным покровом и появления наледи на проезжей части чехов.

Дополнительный отрицательный эффект при снежных заносах возникает за счет сильного мороза, сильного ветра при метелях и обледенениях. Последствия снежных заносов могут быть достаточно тяжелыми. Они в состоянии парализовать работу большинства вида транспорта, приостановить перевозку людей и грузов.

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		80

тых бураном, вдоль дорог устанавливают вехи и другие указатели;

– при получении угрожающего прогноза приводят к готовности силы и средства, предназначенные для борьбы с заносами, проведения аварийно – восстановительных работ;

– основной мерой борьбы со снежными заносами является счистка дорог и территорий. В первую очередь расчищают от заносов железнодорожные и автомобильные магистрали.

– при необходимости проводят частичную эвакуацию населения и организуют специальные маршруты коммунального транспорта колоннами, а так же прекращают работу учебных заведений и учреждений;

– защита зданий и сооружений от молний состоит в безопасном заземление электрических импульсов, т.е. в применение громоотводов;

– для защите людей от молний на открытом месте необходимо найти заземленное убежище. Таким убежищем может служить лес. Отдельно стоящие дерево представляет опасность, так как является громоотводом, и не исключен пробой между деревом и человеком;

– проведение очистных работ канализаций и водостоков;

– последовательная уборка снежных заносов как с проезжих частей, так и с кровли;

– своевременная ликвидация обледенений;

– для избежание снежных заносов использовать защитные ограждения;

– при получении угрожающего прогноза приводят в готовность силы и средства, предназначенные для борьбы с заносами, проведения аварийно – восстановительных работ;

В России разработаны методы определения громоопасных облаков и созданы службы борьбы с градом. Опасные облака расстреливают снарядами, снаряженными специальными химическими средствами.

Выводы по разделу пять

Для участка механической обработки детали «Корпус» для имеющегося оборудования определены мероприятия по электробезопасности, а также выполнен расчет необходимого воздухообмена. По расчету определены размеры и количество заземлителей выносного заземляющего устройства оборудования участка, необходимого для защиты персонала от статического электричества и от внезапного пробоя тока на корпуса оборудования. Расчет необходимого воздухообмена цеха, учитывая ряд неблагоприятных факторов, таких как тепловыделение оборудования, людей, светильников и воздействие солнца позволил определить объем воздуха, удаляемого из помещения для комфортных условий трудящихся. Для защиты персонала от неблагоприятного воздействия атмосферных осадков рассмотрены опасности, такие как снег, град, молнии, наводнения, снегопады, и даны указания по предотвращению чрезвычайных ситуаций связанных с непогодой.

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		82

6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

6.1 Расчёт себестоимости механической обработки детали

Себестоимость механической обработки годового объёма выпуска деталей $C_{\text{изм.}}$ М·о. год определяется по формуле:

$$C_{\text{изм.}} \cdot \text{Мо. год} = Z_{\text{изм.год}} + Z_{\text{изм.н.год}} + A_{\text{изм.пу}} + A_{\text{изм.ст}} + A_{\text{изм.пл}} + C_{\text{изм.рем}} + C_{\text{изм.тех.обсл}}$$

где “изм” – означает изменяемые (сравниваемые) операции;

$Z_{\text{изм.год}}$ – заработная плата производственных рабочих за выполнение годового объёма выпуска деталей на сравниваемых операциях с учётом отчислений на социальные нужды и выплат из общественных фондов потребления, руб.

$Z_{\text{изм.н.год}}$ – заработная плата наладчиков с отчислениями за год, руб.

$A_{\text{изм.пу}}$ – годовые затраты на подготовку и возобновление ПУ

$A_{\text{изм.ст}}$ – годовые амортизационные отчисления на полное восстановление станков, руб.

$A_{\text{изм.пл}}$ – годовые затраты на амортизацию и содержание помещения, занимаемого станками, руб.

$C_{\text{изм.рем}}$ – годовые затраты на ремонт (включая капитальный) и техническое обслуживание станка (кроме устройств ЧПУ), руб.

$$Z_{\text{изм.о.год}} = \sum (P_{\text{сд}} \cdot K_{\text{мн}}) \cdot \eta_{\text{пр}} \cdot \eta_{\text{рк}} \cdot N_{\text{пр}}, \text{ руб}$$

где $K_{\text{мн}}$ – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание. Для базового варианта $K_{\text{мн}}=1$, для проектного $K_{\text{мн}}=0,65$.

$\eta_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий приработок, $\eta_{\text{пр}} = 1,6$

$\eta_{\text{рк}}$ – районный коэффициент, $\eta_{\text{рк}} = 1,15$

$N_{\text{пр}}$ – годовой приведённый выпуск деталей, $N_{\text{пр}}=30000$

$P_{\text{сд}}$ – сдельная расценка на операцию определяется

$$P_{\text{сд}} = \frac{(T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{шк}})}{60}, \text{ руб}$$

где $T_{\text{ст}}$ – часовая тарифная ставка. Для базового варианта $T_{\text{ст}}=34,51$, для проектного $T_{\text{ст}}=38,91$.

$T_{\text{шк}}$ – норма штучно-калькуляционного времени, мин

$$T_{\text{шк}} = \frac{T_{\text{пз}}}{P_{\text{д}}} + T_{\text{шт}}, \text{ мин}$$

где $T_{\text{шт}}$ – штучное время, мин

						Лист
					151900.2016.021.000 ПЗ	
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		83

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время

P_d – количество деталей в партии, $P_d=50$ шт

$$T_{шк1} = \frac{100}{50} + 41,8 = 43,8 \text{ мин}$$

$$T_{шк2} = \frac{23}{50} + 2,73 = 3,19 \text{ мин}$$

$$T_{шк3} = \frac{60}{50} + 10,78 = 11,98 \text{ мин}$$

$$P_{сд1} = \frac{38,91 \cdot 43,8}{60} = 28,4 \text{ руб}$$

$$P_{сд2} = \frac{34,51 \cdot 3,19}{60} = 1,83 \text{ руб}$$

$$P_{сд3} = \frac{34,51 \cdot 11,98}{60} = 6,89 \text{ руб}$$

$$Z_{изм.о.год1} = 13,3 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 1,15 \cdot 30000 = 734160 \text{ руб}$$

$$Z_{изм.о.год2} = 7,2 \cdot 0,65 \cdot 1,6 \cdot 1,15 \cdot 30000 = 258336 \text{ руб}$$

Определяем $Z_{изм.год}$

$$Z_{изм.год} = Z_{изм.о.год} \cdot \eta_g \cdot \eta_{стр} \cdot \eta_{общ} \cdot \text{руб}$$

где η_g – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату, производственных рабочих, $\eta_g = 1,26$

$\eta_{стр}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование, $\eta_{стр} = 1,279$

$\eta_{общ}$ – коэффициент, учитывающий выплаты из фондов общественного потребления, $\eta_{общ} = 1,35$

$$Z_{изм.год1} = 734160 \cdot 1,26 \cdot 1,279 \cdot 1,35 = 1597223,08 \text{ руб}$$

$$Z_{изм.год2} = 258336 \cdot 1,26 \cdot 1,279 \cdot 1,35 = 562030,38 \text{ руб}$$

Определяем $A_{изм.пу}$ только для проектного варианта

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		84

$$A_{\text{изм.пу}} = \frac{K_{\text{изм.пу}} \cdot 1,1}{T_{\text{вып}}}, \text{ руб}$$

где 1.1 – коэффициент учитывающий возобновление перфоленты.

$T_{\text{вып}}$ – средний срок выпуска деталей одного наименования, лет (в расчётах принято 3-5 лет).

$K_{\text{изм.пу}}$ – стоимость подготовки ПУ за год работы станка с ЧПУ, руб.

$$K_{\text{изм.пу}} = K_{\text{пу}} \cdot M_{\text{д}}, \text{ руб}$$

где $K_{\text{пу}}$ – стоимость подготовки ПУ на одно наименование детали, руб.

$$K_{\text{пу}} = A_{\text{п}} + B_{\text{к}} \cdot K_{\text{к}}, \text{ руб}$$

где $A_{\text{п}}$ – постоянная составляющая стоимость ПУ, $A_{\text{п}}=40$ руб

$B_{\text{к}}$ – стоимость одного кадра ПУ, $B_{\text{к}}=4,7$ руб

$K_{\text{к}}$ – количество кадров ПУ, $K_{\text{к}}=80$

$$K_{\text{пу}} = 40 + 4,7 \cdot 80 = 416 \text{ руб}$$

$$K_{\text{изм.пу}} = 416 \cdot 2,0 = 832 \text{ руб}$$

$$A_{\text{изм.пу}} = \frac{832 \cdot 1,1}{4} = 1144 \text{ руб}$$

Определяем $A_{\text{изм.ст}}$

$$A_{\text{изм.ст}} = \frac{(\text{Ц}_{\text{ст}} \cdot S_{\text{пр}} \cdot 1,1 \cdot \text{ав})}{100}, \text{ руб}$$

где $\text{Ц}_{\text{ст}}$ – цена станка.

ав – норма амортизационных отчислений на полное восстановление станка в %.

$S_{\text{пр}}$ – принятое число станков

$$A_{\text{изм.ст1}} = \frac{(270000 \cdot 3 \cdot 1,1 \cdot 5)}{100} = 44550 \text{ руб}$$

$$A_{\text{изм.ст2}} = \frac{(610000 \cdot 2 \cdot 1,1 \cdot 6,7)}{100} = 89914 \text{ руб}$$

Определяем $A_{\text{изм.пл}}$

$$A_{\text{изм.пл}} = N_{\text{пл}} \cdot (f_{\text{ст}} \cdot \gamma \cdot S_{\text{пр}}), \text{ руб}$$

где $N_{\text{пл}}$ – затраты на амортизацию и содержание одного 1м квадратного площади механического цеха, $N_{\text{пл}}=180$ руб.

										Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата	151900.2016.021.000 ПЗ					85

$f_{ст}$ – площадь станка по габаритам для станка
 γ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь

$$A_{изм.пл.1} = 180 \cdot (3 \cdot 3 \cdot 3) = 7290 \text{ руб}$$

$$A_{изм.пл.2} = 180 \cdot (5,7 \cdot 3 \cdot 2) = 8208 \text{ руб}$$

Определяем $C_{изм.рем}$

$$C_{изм.рем} = (N_m \cdot R_m + N_z \cdot R_z) \cdot S_{пр}, \text{ руб}$$

где N_m, N_z – среднегодовые нормативы затрат на единицу ремонтносложности соответственно механической электротехнической частей станка, руб.

R_m, R_z – категория сложности ремонта станка (механической электротехнической частей).

$$C_{изм.рем.1} = (274 \cdot 11 + 66 \cdot 8,5) \cdot 3 = 10725 \text{ руб}$$

$$C_{изм.рем.2} = (329 \cdot 24 + 71 \cdot 21) \cdot 2 = 18774 \text{ руб}$$

Определяем $C_{изм.тех.обсл.}$ для проектного варианта

$$C_{изм.тех.обсл} = N_{пу} \cdot S_{пр}, \text{ руб}$$

где $N_{пу}$ – годовые затраты на техническое обслуживание и ремонт устройств ЧПУ, руб

$$C_{изм.тех.обсл} = 8600 \cdot 2 = 17200 \text{ руб}$$

$$C_{изм. Мо. год.1} = 734160 + 1597223,08 + 44550 + 7290 + 10725 = 1659788,08$$

$$C_{изм. Мо. год.2} = 258336 + 562030,38 + 1144 + 89914 + 18774 + 17200 = 697270,38$$

Определяем снижение себестоимости продукции

$$\alpha_{себ} = \frac{[C_{м.о.год.1} - C_{м.о.год.2}]}{(C_{ц.год} + (C_{м.о.год.1} - C_{м.о.год.2})) \cdot 100\%} = 17,65 \%$$

Вывод по разделу шесть

Расчёт себестоимости механической обработки по сравниваемым вариантам показывает, что внедрение программных операций для изготовления детали несколько увеличивает амортизационные расходы. Но в то же время значительно снижает себестоимость изготовления детали.

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		86

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненная выпускная квалификационная работа направлена на улучшение как экономических, так и качественных параметров изготовления детали. При проведении технических расчетов использована современная литература и электронные источники. Производилось сравнение с зарубежными технологиями. Для повышения экономических показателей выполнен расчет заготовки с минимальной обработкой резанием и применением оборудования с ЧПУ. Для улучшения качества изготовления детали по рекомендациям разработана для токарной обработки оправка цанговая, приспособление контрольное для замера торцового и радиального биения, многошпиндельная головка для сверления 6-ти отверстий, а также была выполнена рациональная расстановка оборудования участка и произведён расчёт себестоимости механической обработки. Таким образом, цель работы достигнута, задачи – решены.

Результаты работы рекомендуется использовать при изготовлении детали «Корпус».

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		87

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Сайт фирмы «ISCAR» – www.iscar.ru
- 2 Матвеев, В.В. Проектирование экономических технологических процессов в машиностроении / В.В. Матвеев, Ф.И. Бойков, Ю.Н. Свиридов. – Челябинск, 1979. – 111 с.
- 3 Малов, А.Н. Справочник технолога – машиностроителя / А.Н.Малов. – М.: Машиностроение, 1972. – 568 с.
- 4 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно – заключительного для технического нормирования станочных работ: сборник нормативов / под ред. Р.И. Хисина. – М.: Машиностроение, 1964. – 323 с.
- 5 Горохов, В.А. Проектирование и расчёт приспособлений: учебное пособие для студентов вузов машиностроительных спец.-М.: Высшая школа, 1986. – 238 с.
- 6 Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учебное пособие / П.Ф. Дунаев, О.П. Лёликов. – М.: Высшая школа, 1998. – 447 с.
- 7 Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учеб. пособие для учащихся техникумов/ А.П. Белоусов. – М.: Высшая школа, 1980, – 240 с.
- 8 Соломенцев, Ю.М. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов/ Ю.М.Соломенцева. – М.: Высшая школа, 1999, – 415 с.
- 9 Решетников, Б.А. Проектирование механосборочных цехов: Учебное пособие по курсовой работе / Б.А. Решетников, В.Ю.Рогинский, С.В. Сергеев. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 1999. – 82с.
- 10 Закиров, Р.Г. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие по выполнению практических и лабораторных работ/ Р.Г. Закиров – Челябинск.: Изд. Центр ЮУрГУ, 2009. – 96 с.
- 11 Егель, А.Э. Расчет необходимого воздухообмена в производственных помещениях: Методические указания к выполнению раздела "Безопасность труда" в дипломных проектах. / А.Э. Егель, Е.Э. Савченкова, С.Х. Корчагина. – Оренбург.: ГОУ ОГУ, 2004. – 12 с.
- 12 Баринов, А.В. Чрезвычайные ситуации природного характера и защита от них: учебное пособие /А.В. Баринов.– М.: Изд-во ВЛАДОС – ПРЕСС, 2003.–496 с

					151900.2016.021.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата		88