

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Филиал федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(национальный исследовательский университет)»
в г. Миассе
Факультет «Машиностроительный»
Кафедра «Технология производства машин»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой, к.т.н.
_____ А.В Плаксин
« ____ » _____ 2017 г.

Участок механической обработки вала ДОМ автомобиля «Урал»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ЮУрГУ – 15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ ВКР

Консультант, ст. преподаватель
строительный раздел
_____ / О.Б Кучина /
« ____ » _____ 2017 г.

Руководитель, ст. преподаватель
_____ / Я.В Высогорец /
« ____ » _____ 2017 г.

Консультант, ст. преподаватель
безопасность жизнедеятельности
_____ / Е.С Шапранова /
« ____ » _____ 2017 г.

Автор
студент группы МиМС-441
_____ / Р.П.Шарафутдинов /
« ____ » _____ 2017 г.

Консультант, ст. преподаватель
автоматизированное производство
_____ / Я.В Высогорец /
« ____ » _____ 2017 г.

Нормоконтролер, ст. преподаватель
_____ / Е.С Шапранова /
« ____ » _____ 2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО – УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
в г. Миассе

Факультет «Машиностроительный»
Кафедра «Технология производства машин»
Направление «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.В. Плаксин
_____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу студента
Шарафутдинова Руслана Павловича

_____ (Ф. И.О. полностью)

Группа МиМс-441

1. Тема работы

Участок механической обработки вала ДОМ автомобиля «Урал»

(название)

утверждена приказом по университету от 28.04.2017г. № 835

2. Срок сдачи студентом законченной работы _____ 16.06.2017

3. Исходные данные к работе

1 Чертеж детали

2 Годовая программа выпуска $N = 4369$ шт, режим работы: двухсменный;

3 Отчет по практике;

4 Методические указания к выполнению ВКР.

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

ВВЕДЕНИЕ

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Описание конструкции и назначения детали

1.2 Анализ технологичности детали

1.3 Анализ существующего технологического процесса

1.4 Разработка проектного варианта

1.5 Выбор и обоснование метода получения заготовки

1.6 Выбор оборудования и оснастки

1.7 Размерный анализ технологического процесса

1.8 Расчет режимов резания

1.9 Техническое нормирование

2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Проектирование станочного приспособления для фрезерно-центровальной операции

2.2 Проектирование контрольного приспособления

2.3 Проектирование червячной фрезы

2.4 Проектирование схвата робота

3 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

3.1 Визуализация механической обработки на станке с ЧПУ

3.2 3Dмоделирование станочного приспособления для фрезерно-центровальной операции

3.3 Технологический процесс в САПР ТП

4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Выбор здания

4.2 Выбор варианта расположения оборудования на участке механической обработки

4.3 Проектирование подсистемы удаления стружки

4.4 Проектирование подсистемы раздачи СОЖ

4.5 Выбор подъемно-транспортного средства и расчёт высоты пролёта

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

1 Заготовка	(0,5 А1)
2 Размерный анализ технологического процесса	(1 А1)
3 Станочное приспособление фрезерно-центровальной операции с 3Dмоделью	(2 А1)
4 Контрольное приспособление	(1 А1)
5 Червячная фреза	(0,5 А1)
6 Схват работа	(1 А1)
7 Планировка участка и разрез здания	(1 А1)
8 РТК	(1 А1)

Всего 8 листов А1

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

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Строительный	О.Б.Кучина		
Безопасность жизнедеятельности	Е.С.Шапранова		
Автоматизированное проектирование	Я.В.Высогорец		

7.Дата выдачи задания 03 апреля 2017г.

Руководитель _____ Я.В.Высогорец
(подпись) (И.О. Ф.)

Задание принял к исполнению _____ Р.П.Шарафутдинов
(подпись студента) (И.О. Ф.)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Технологический раздел	03.04.2017 – 28.04.2017	
Конструкторский раздел	17.04.2017 – 05.06.2017	
Строительный раздел	1.06.2017 – 11.06.2017	
БЖД	1.06.2017 – 11.06.2017	
Оформление пояснительной записки и чертежей	12.06.2017 – 15.06.2017	
Представление ВКР руководителю	16.06.2017 – 20.06.2017	
Нормоконтроль	20.06.2017 – 26.06.2017	
Утверждение	20.06.2017 – 26.06.2017	

Заведующий кафедрой _____ /А.В. Плаксин/

Руководитель работы _____ /Я.В.Высогорец/

Студент _____ /Р.П.Шарафутдинов/

АННОТАЦИЯ

Р.П.Шарафутдинов. Участок механической обработки вала ДОМ автомобиля «Урал» - Миасс: ЮУрГУ, 2017, 115с.
Библиография литературы 16 наименований; 8 листов чертежей ф. А1, 17 листов карт технологического процесса

После анализа существующего технологического процесса механической обработки вала дополнительного отбора мощности 375-4202030-Б был предложен более прогрессивный способ ее механической обработки, основанный на применении современных станков с ЧПУ и автоматизированных приспособлений, сочетающих в себе производительность с достаточно высокой точностью.

В ходе работы более точно рассчитана заготовка. Рассчитаны припуски, операционные размеры и режимы резания, проведено нормирование операций. Спроектированы станочное и контрольное приспособления, по каталогу фирмы Sandvik выбран режущий инструмент. Для транспортирования детали спроектирован хват робота.

В работе выполнена планировка участка и спланировано размещение оборудования. В разделе «безопасность жизнедеятельности» приведен комплекс мер по обеспечению безопасности людей на участке.

В работе дано заключение о целесообразности внедрения нового технологического процесса в производство.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Участок механической обработки вала ДОМ автомо- билия «Урал»			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	Шарафутдинов							У	6	115
<i>Проверил</i>	Высогорец									
<i>Н.контр.</i>	Шапранова							ЮУрГУ Кафедра ТПМ		
<i>Утвердил</i>	Плаксин									

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	11
1.1 Описание детали.....	11
1.2 Разработка проектного варианта.....	20
1.3 Расчет припусков (размерный анализ).....	27
1.4 Выбор оборудования и оснастки.....	34
1.5 Расчет режимов резания.....	36
1.6 Нормирование.....	45
1.7 Разработка карт с ЧПУ.....	48
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	41
2.1 Расчет и проектирование приспособления для зубофрезерования.....	51
2.2 Расчет и проектирование контрольного приспособления.....	54
2.3 Расчет и проектирование червячной фрезы.....	56
2.4 Расчет и проектирование схвата промышленного робота.....	61
3 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	84
3.1 Симуляция механической обработки на станке с ЧПУ.....	84
3.2 Построение 3Dмодели станочного приспособления.....	86
3.3 Технологический процесс в САПР ТП.....	88
4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	90
4.1 Выбор здания.....	90
4.2 Выбор варианта расположения оборудования на участке механической обработки.....	93
4.3 Проектирование подсистемы удаления стружки.....	93
4.4 Проектирование подсистемы раздачи СОЖ.....	94
4.5 Выбор подъемно-транспортных устройств.....	94
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	95
5.1 Общие вопросы охраны труда.....	95
5.2 Освещение и шум.....	100

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

5.3 Микроклимат.....	103
5.4 Пожарная безопасность.....	105
5.5 Вентиляция и отопление.....	109
5.6 Электробезопасность.....	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	113
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	114

Приложения:

- 1 Графическая часть на 8 листах, ф. А1
- 2 Спецификация на 6 листах, ф. А4
- 3 Технологический процесс на 17 листах, ф. А4

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является важнейшей отраслью промышленности. Рост промышленности и народного хозяйства, а также темпы перевооружения их новой техникой в значительной степени зависят от уровня развития машиностроения.

Технический прогресс в машиностроении характеризуется не только улучшением конструкции машин, но и непрерывным совершенствованием технологии их производства. От принятой технологии производства во многом зависит надёжность работы выпускаемых машин, а также экономика их эксплуатации.

Одна из наиболее важных задач, стоящих перед современным машиностроением - задача повышения научно-технического уровня, обеспечения быстрого роста производительности труда, повышение эффективности общественного производства, снижение затрат на производство, повышение культуры производства.

Совершенствование технологии машиностроения определяется потребностями производства необходимых обществу машин. Развитие новых прогрессивных технологических методов способствует конструированию более совершенных машин, снижению их себестоимости и уменьшению затрат труда на их изготовление.

Вопросы качества продукции и производительности труда неразрывно связаны между собой, и на практике при решении конкретных вопросов совершенствовании технологий, оборудования, оснащения, механизации и автоматизации должны решаться одновременно.

Обработка заготовок на станках с ПУ обеспечивает высокую степень автоматизации и широкую универсальность выполняемой обработки, требует меньших затрат времени на перестройку станка с одной операции на другую. Значительно облегчается перевод производства на новую продукцию, т. к. нет необходимости конструирования и изготовления сложных приспособлений и устройств.

При использовании станков с ЧПУ повышается точность обработки вследствие исключения влияния ошибок, вызванных недостаточной квалификаций рабочих. Особенно эффективно использование станков при обработке сложных деталей со сложными ступенчатыми или криволинейными контурами.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

Применение систем автоматического управления процессом резания позволяет значительно увеличить точность обработки. Это достигается за счет компенсации влияния на точность не только силовых упругих деформаций, но и износа инструмента, увеличения производительности, обработки путем поддержания оптимальной скорости износа инструмента, расширения диапазона регулирования скорости резания, в котором точность работы не снижается.

Одной из главных задач технологии машиностроения является изучение закономерностей протекания технологических процессов и выявление параметров, воздействуя на которые можно интенсифицировать производство и повысить его точность. Знание этих закономерностей является основным условием рационального проектирования технологических процессов. Лишь на базе этих закономерностей может решаться задача автоматизации производства. В каждом конкретном случае принятый вариант автоматизации должен подтверждаться точными технологическими и экономическими расчётами.

Темой данной работы является проектирование участка механической обработки, а также разработка нового технологического процесса изготовления детали вала дополнительного отбора мощности 375-4202030-Б автомобиля «Урал». Разработка ведётся с целью снижения себестоимости детали и уменьшения затрат труда на ее изготовление за счет повышения коэффициента использования материала (уменьшение припусков на механическую обработку), снижения времени занятости рабочего (применение станков с ЧПУ), замены устаревших оборудования и оснастки на новые и т.д.

В ходе разработки основное внимание уделялось снижению себестоимости и трудоемкости изготовления детали, а также повышению производительности труда за счет уменьшения числа технологических переходов, а также внедрения современных режущих материалов и инструментов; повышению точности обработки за счет применения современных высокоточных станков и модернизации технологической оснастки.

Благодаря внедрению современных станков с ЧПУ снизятся затраты и время на внедрение в производство новых изделий, а также повысится гибкость участка в

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

целом, что даст возможность повысить отдачу участка за счет изготовления на участке других аналогичных по конструкции изделий.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		10

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Описание детали

Данная деталь – вал дополнительного отбора мощности – часть коробки дополнительного отбора мощности; вал механизма силовой передачи, при помощи которого часть мощности двигателя автомобиля используется для приведения в действие рабочих органов прицепных, навесных или стационарных агрегатов и механизмов. Крутящий момент вала отбора мощности передаёт один из валов силовой передачи, например первичный или промежуточный вал коробки скоростей, либо непосредственно вал двигателя (рисунок 1).

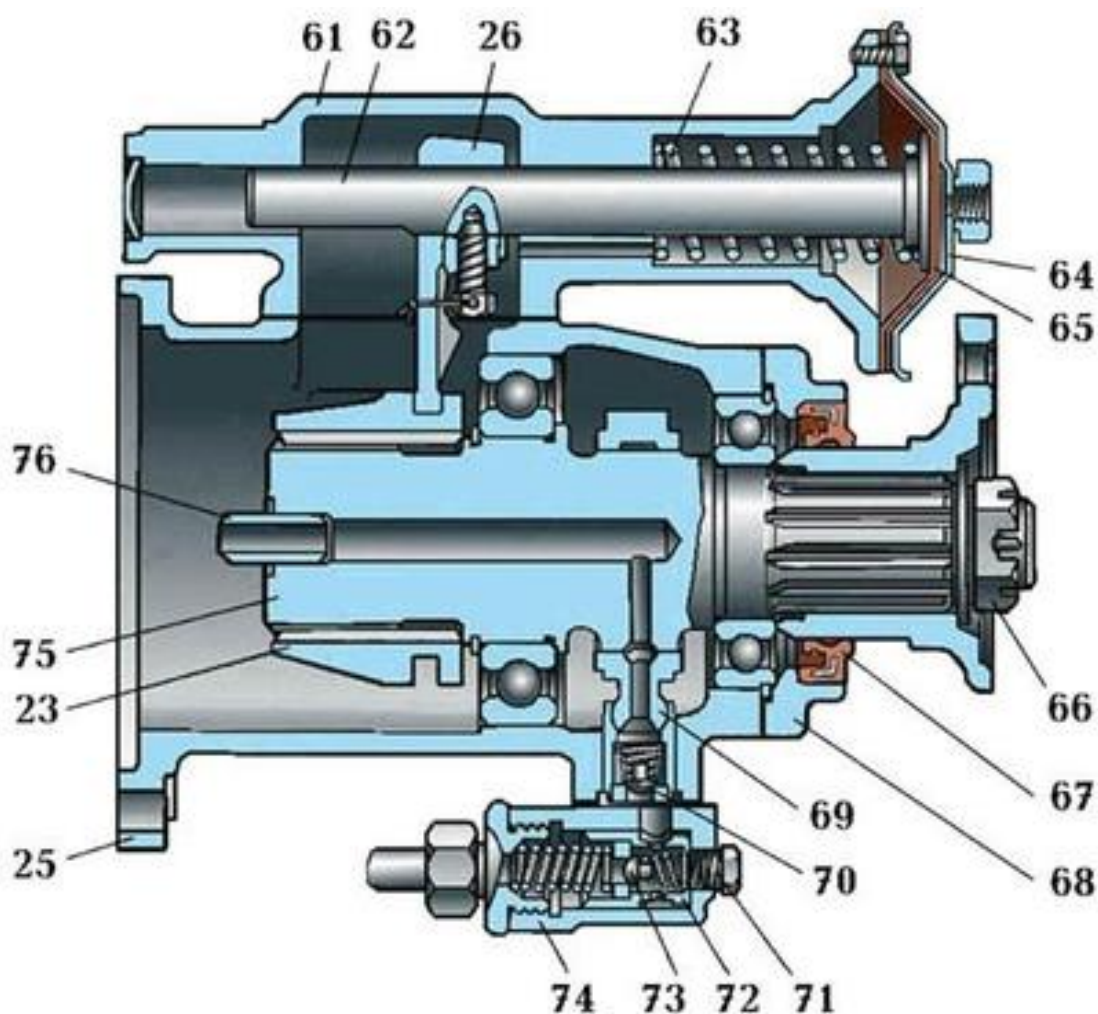


Рисунок 1.1- Коробка дополнительного отбора мощности:

25 - корпус; 23- муфта; 75- вал; 76- втулка вала; 61- корпус камеры включения; 62- шток включения; 26 - вилка; 63 - пружина; 64 - крышка; 65 - диафрагма; 66 - фланец; 67 - манжета; 68- крышка; 69- поршень; 70, 73 – клапаны; 71- заглушка; 72- клапан предохранительный; 74 - корпус клапана.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ

Лист

11

Работа коробки дополнительного отбора мощности возможна при любой передаче в раздаточной коробке, включая и нейтральную. Допускается отбор мощности при движении.

Для смазки подшипников шестерен и валов в коробке дополнительного отбора мощности установлен плунжерный насос.

Насос состоит из поршня 69 с нагнетательным клапаном, предохранительного клапана 72, корпуса 74. Поршень с шатуном установлен на эксцентрик вала 75 и при его вращении поступательно перемещается. Для предотвращения чрезмерного давления с увеличением частоты вращения всасывающий клапан выполнен дифференциального типа с цилиндрической пружиной. Масло забирается через трубку, соединенную с масляной ванной раздаточной коробки, и из насоса поступает к подшипникам шестерен через каналы, выполненные в валу 75 и в первичном валу раздаточной коробки. Часть масла проникает через зазоры и смазывает подшипники валов.

Для обеспечения дистанционного включения коробки дополнительного отбора мощности в кабине справа от водителя на нижней кромке панели приборов на кронштейне установлен кран управления.

1.2 Анализ технологичности детали

Одним из факторов, существенно влияющих на характер технологических процессов является технологичность конструкции детали.

Технологичность конструкции детали – это совокупность свойств конструкции детали, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материала, и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте и при обеспечении технологичности сборочной единицы.

Требования к технологичности конструкции детали согласно ГОСТ 14.204-73 следующие:

1 Конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом.

2 Детали должны изготавливаться из стандартных и унифицированных заготовок или заготовок, полученных рациональным способом.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		12

3 Размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные степени точности и шероховатости.

4 Физические и механические свойства материала, жесткость детали, её формы и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления.

5 Показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроль.

6 Конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов её изготовления

Показатели технологичности для детали «вал дополнительного отбора мощности»:

1 Конструкция детали состоит из стандартных элементов:

- цилиндрические и плоские поверхности;
- резьбовые поверхности;
- радиусы закруглений и фаски;
- проточки для выхода режущего инструмента;
- большинство свободных размеров унифицировано (то есть оканчивается на «0» или «5»).

2 Заготовка для детали изготовлена методом штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе. Можно считать, что заготовки изготовлены рациональным способом.

Класс точности поковки – Т4, степень сложности – С1, группа стали – М2, исходный индекс – 15. Смещение по линии разъёма – не более 0,8мм; масса поковки 3,86 кг. Изогнутость оси не более 1мм. Поверхность поковки должна быть очищена от окалины. Базовые поверхности не должны иметь дефектов, влияющих на механическую обработку.

3 Конструкция детали характеризуется формой, позволяющей вести обработку детали на станках-полуавтоматах, то есть допускает применение высокопроизводительных методов обработки. Обработка на станках-полуавтоматах позволяет получить деталь с точностью по 8-9 квалитетам, а деталь имеет размеры с допусками по 10-11 квалитету точности. Имеются точные поверхности – по 6-7 ква-

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		13

литетам. Чистовые операции для них – шлифование. Данными методами можно получить поверхности 6-7 квалитетов точности.

Размеры и поверхности имеют экономически достижимые степени точности и шероховатости. Все размеры технологически увязаны и доступны для измерения.

4 Заготовки подвергаются термообработке: отжигу нормализационному или изотермическому; высокому отпуску.

Конструкция детали - жесткая. Нет глубоких канавок, проточек для выхода режущего инструмента. Заготовка облегчена, так как жесткость детали достаточна для выполнения своих эксплуатационных свойств.

5 В качестве основных баз используется точно обработанные отверстия и торцы. На большинстве операций деталь базируется по ним.

6 Коэффициент использования материала (для деталей типа вал он должен быть не ниже 0,7):

$$K_{им} = \frac{G_0}{G_3}, \quad (1)$$

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

G_0 - масса детали, кг;

G_3 - масса заготовки, кг.

$$K_{им} = \frac{2,51}{3,56} = 0,71.$$

Итак, деталь «вал дополнительного отбора мощности 375-4202030-Б» технологична.

1.3 Анализ существующего технологического процесса

При составлении плана обработки следует соблюдать следующие правила:

Термообработка деталей (закалка, отпуск) производится перед чистовыми операциями.

Грубая операция должна предшествовать более точной, т.к. при первых операциях снимается больше слой металла (устраняются дефекты).

Отделочные операции следует относить к концу (уменьшается возможность повреждения при транспортировке и коробление при обработке других поверхностей).

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

Операции, при которых ожидается повышенный брак, следует выполнять как можно раньше.

В первую очередь выполняют операции, при которых снижается жесткость детали.

Контрольные операции планируются перед операциями выполняемыми другими цехами (термические, гальванические и т.д.), перед трудоемкими и ответственными операциями, после окончания обработки.

По существующему технологическому процессу:

Термообработка производится перед поступлением детали на механическую обработку.

При обработке точных поверхностей в качестве черновой и получистовой операции применяется точение, в качестве чистовой – шлифование. Для обработки шлицевых поверхностей применяется сначала токарная обработка, затем накатка шлицев и их шлифовка. В качестве черновых и чистовых операций для торцев – черновое и чистовое точение, для крайних торцев – фрезерование и зацентровка

Отделочные операции отсутствуют.

Жесткость детали не уменьшается в процессе обработки.

Данная деталь относится к классу валов, поэтому для нее характерны такие же способы обработки, которые присущи этому классу деталей.

Материал детали - легированная сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71. Механические свойства его представлены в таблице 1.

Химический состав стали 18ХГТ: Si: 0,2-0,4%; Mn: 0,8-1,1%; C: 0,17-0,23%; Cu: до 0,3%; Ni: до 0,3%; S: до 0,035%; P: до 0,035%; Cr: 1-1,3%.

Таблица 1.1-Механические свойства материала

Материал	НВ (сердцеви- на)	σ_B , кг/мм ²	σ_T , кг/мм ²	Термообработка
Сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71	217-229	98	88,5	Нормализация+закалка, отжиг

Согласно действующему техпроцессу обработка заготовки детали вал дополнительного отбора мощностиначинается с обработки на фрезерно-центровальном

двухстороннем полуавтомате 2Г942-04. В качестве черновой базы используется одна из цилиндрических поверхностей. На станке выполняются переходы:

- одновременное фрезерование торцев вала;
- центрование двух торцев;

На следующих операциях производится обработка на токарном гидрокопировальном полуавтомате 1712, на котором производятся переходы:

- черновое точение торцев и цилиндрических поверхностей вала;
- получистовое точение торцев и цилиндрических поверхностей вала;
- точение фасок;
- точение канавок;
- снятие заусенцев.

Затем производится шлифовка двух шеек вала на круглошлифовальном станке 3Б161.

Следующая операция – сверлильная на четырехшпиндельном агрегатно-сверлильном станке 4А986. На ней производится глубокое сверление отв. Ø11,8мм.

Далее следует другая сверлильная операция – зенкеруется отв. Ø13,2мм, а затем развертывается до отв. Ø14мм на вертикально-сверлильном станке 2А135.

Затем снова следует сверлильная операция – сверление отв. Ø6мм до пересечения с центральным отверстием на вертикально-сверлильном станке 2А125.

Далее производится обточка эксцентрика по шаблону на токарном полуавтомате ЕТ1-1.

Следующая операция – сверлильная на вертикально-сверлильном станке 2Б125. На ней производится:

- последовательное сверление отв. Ø4мм с двух сторон;
- зенкование фасок с двух сторон;
- снятие заусенцев.

Следующая операция – шлицефрезерная. Она производится на шлицефрезерном станке 5350А. На ней фрезеруются шлицевые поверхности с обеих сторон ва-

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

ла: Z=20 и Z=14.

Далее производится нарезка резьбы M22x1,5-6g на конце вала на болторезном станке 5Д07 и ее прогонка.

На следующей операции производится укладка, перемещение деталей и их промывка в моечной машине.

Далее следует операция контроля и клеймения.

Следующая операция – термообработка. Она проходит по отдельному технологическому процессу в термическом цехе.

Затем следует шлифовальная операция на кругло-шлифовальном станке 315П, где последовательно шлифуются шейки вала.

Далее на кругло-шлифовальном станке 3А151 шлифуется, а затем полируется эксцентрик вала.

Затем производится слесарная операция, на которой сначала по резьбовому кольцу прогоняется резьба, затем производится зачистка и подгонка шлицев и снятие острых кромок.

Затем производится укладка, перемещение деталей, промывка их в моечной машине и продувка сжатым воздухом.

Далее следует контрольная операция и клеймение.

В ходе анализа действующего технологического процесса выявлены следующие недостатки:

- Большое количество одноименных операций.
- Большие затраты времени при обработке эксцентрика.
- Отсутствуют контрольные приспособления.
- Используемый режущий инструмент частично устаревший.
- Используемое оборудование – универсальное, специальное и устаревшее.

Средний срок использования станков – 20 лет.

Предложения по совершенствованию технологического процесса:

- Перенести все токарные и сверлильные операции (в том числе и обработку эксцентрика) на токарный обрабатывающий центр с ЧПУ.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		17

- Разработать и применить на операциях специальные станочные и контрольные приспособления.
- Применить современный режущий инструмент с многогранными неперетачиваемыми режущими пластинами (МНП), либо при невозможности их использования – инструмент из современных материалов, что позволит увеличить производительность за счет повышения скорости резания и сократить затраты на переточку инструмента.
- Разработать расчётно-технологические карты для наиболее сложных операций, что в дальнейшем упростит разработку управляющей программы.
- Произвести размерный анализ технологического процесса и более точно рассчитать размеры заготовки.

1.4 Разработка проектного варианта

В базовом варианте для обработки детали применялось устаревшее универсальное оборудование. Для ускорения процесса механической обработки предлагаю перенести все токарные и сверлильные операции на две комплексных с ЧПУ, при этом заменив всё соответствующее оборудование на токарный обрабатывающий центр с ЧПУ Leadwell T-7T2SM с горизонтальной револьверной самоприводной головкой.

На первой 005 фрезерно-центровальной операции производится подготовка основной чистовой базовой поверхности (оси центров). Деталь обрабатывается в специальном приспособлении на фрезерно-центровочном станке как и в базовом варианте.

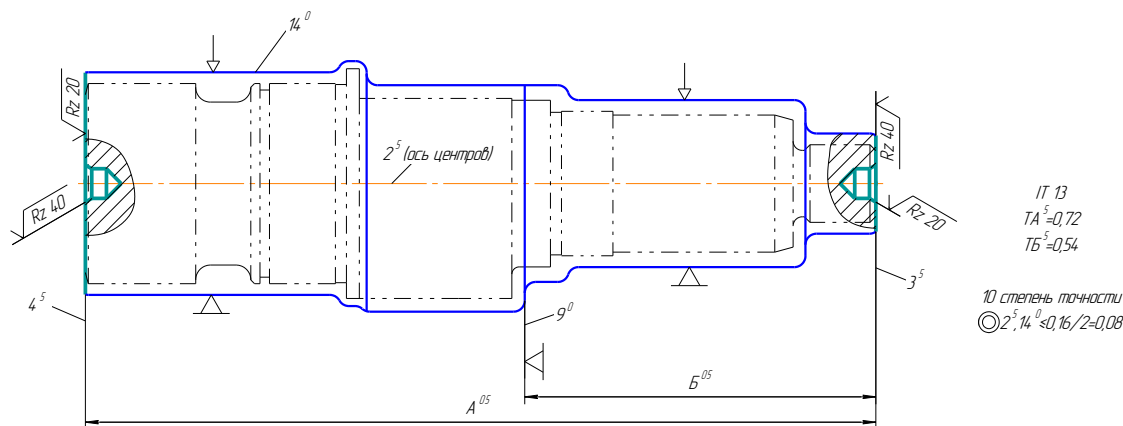


Рисунок 1.3.1 – Схемы базирования и операционные размеры на 005 операции

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		18

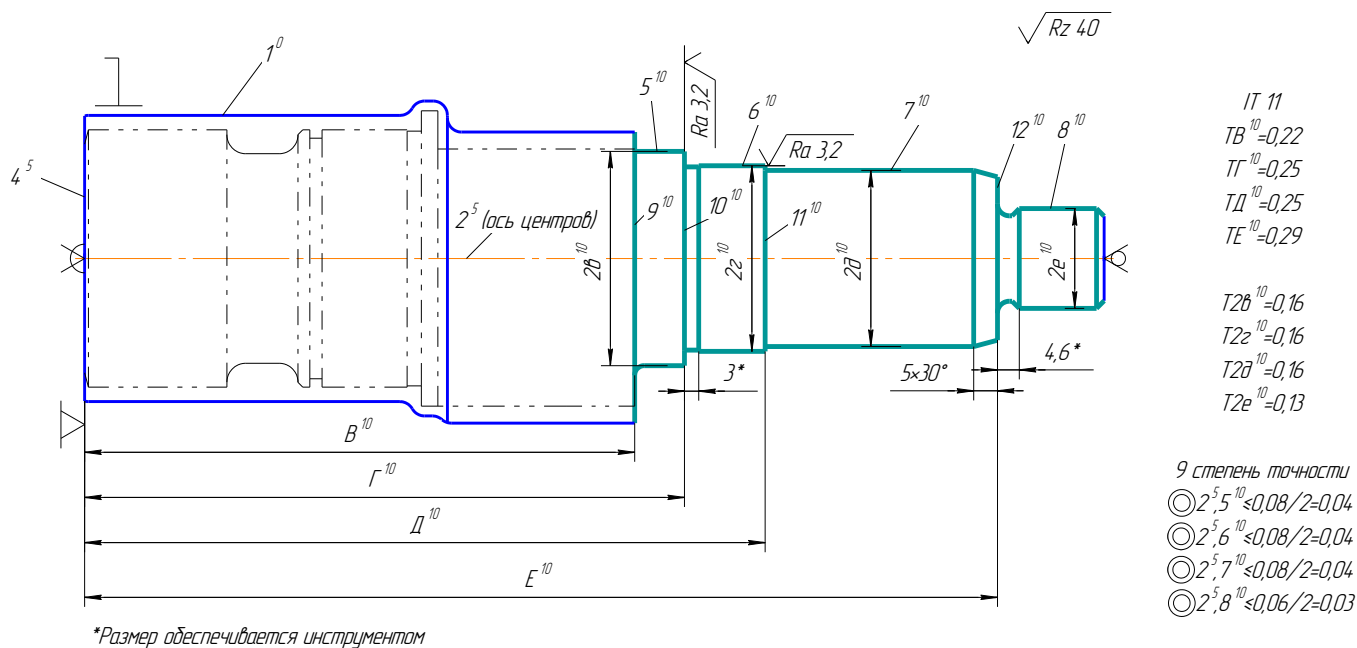
На первой комплексной операции производятся те же переходы, что и в базовом варианте (на всех заменяемых операциях), только с использованием современного режущего инструмента. Это обеспечивает более высокую производительность по сравнению с применяемыми в базовом варианте инструментами.

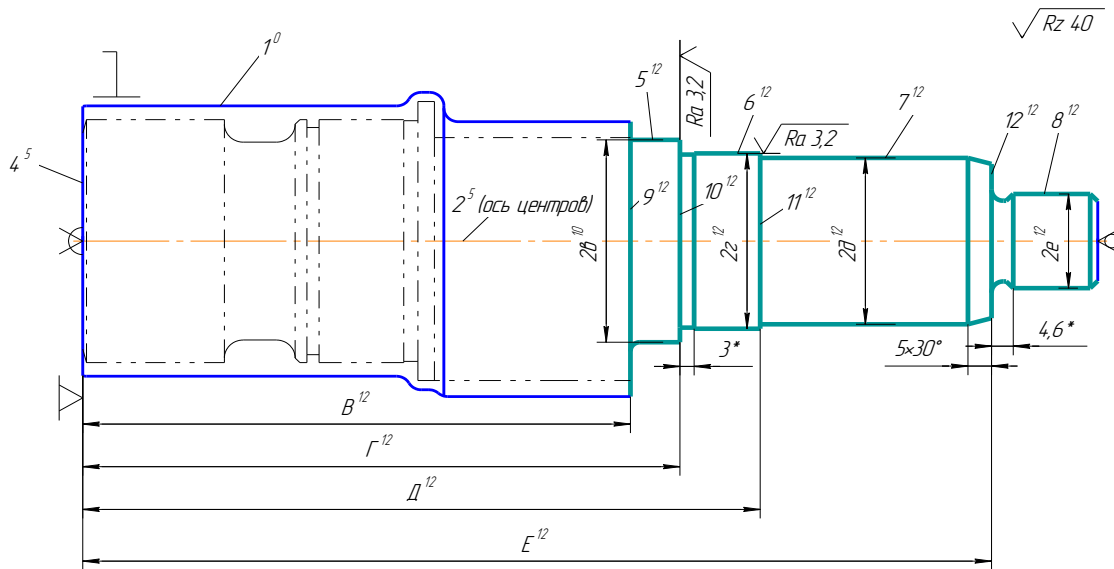
В качестве баз на этой операции используем ось центров и торцы вала поочередно. В базовом варианте при токарной обработке использовалась такая же схема базирования, только вал перемещался с одного станка на другой, на сверлильных операциях деталь устанавливалась в специальные станочные приспособления.

Следует заметить, что эксцентрическая поверхность вала получалась путем токарной обработки, в то время как при проектировании нового технологического процесса этот переход переносится в комплексную операцию на токарный обрабатывающий центр и заменяется фрезерованием.

Эскизы операции со схемами базирования на всех установках представлены далее:

Операция 010. Установ 1:





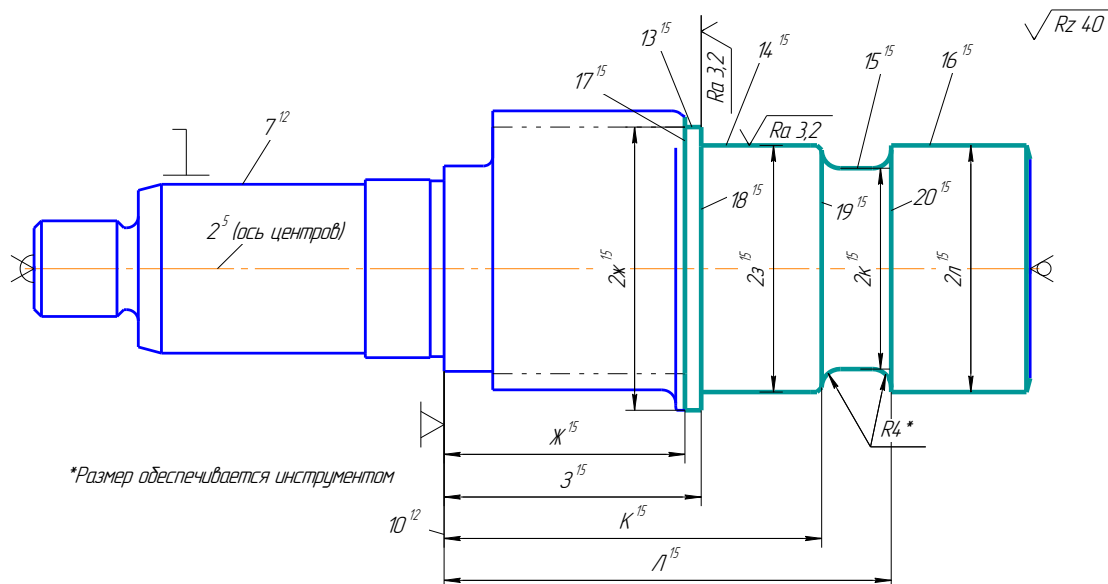
*Размер обеспечивается инструментом

IT 8
 $TB^{12} = 0,054$
 $TГ^{12} = 0,063$
 $TD^{12} = 0,063$
 $TE^{12} = 0,072$

$T2б^{12} = 0,039$
 $T2з^{12} = 0,039$
 $T2д^{12} = 0,039$
 $T2е^{12} = 0,033$

7 степень точности
 $\textcircled{2}^{5,5^{12}} \leq 0,025/2 = 0,0125$
 $\textcircled{2}^{5,6^{12}} \leq 0,025/2 = 0,0125$
 $\textcircled{2}^{5,7^{12}} \leq 0,025/2 = 0,0125$
 $\textcircled{2}^{5,8^{12}} \leq 0,03/2 = 0,015$

Операция 010. Установ 2:

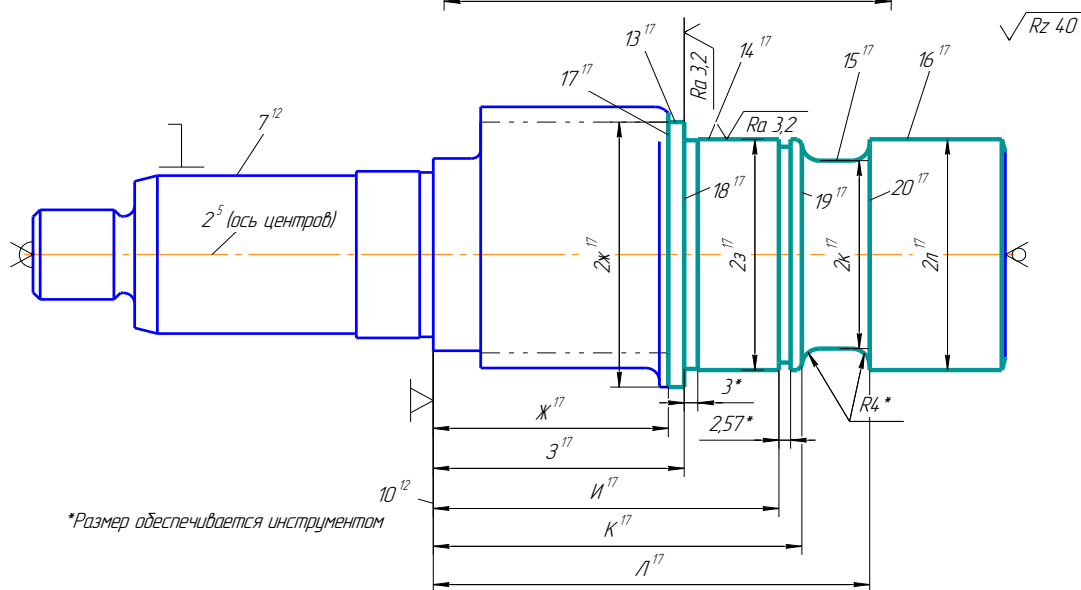


*Размер обеспечивается инструментом

IT 11
 $TЖ^{15} = 0,19$
 $TЗ^{15} = 0,19$
 $TK^{15} = 0,22$
 $Tл^{15} = 0,22$

$T2ж^{15} = 0,19$
 $T2з^{15} = 0,19$
 $T2к^{15} = 0,16$
 $T2л^{15} = 0,19$

9 степень точности
 $\textcircled{2}^{5,13^{15}} \leq 0,1/2 = 0,05$
 $\textcircled{2}^{5,14^{15}} \leq 0,1/2 = 0,05$
 $\textcircled{2}^{5,15^{15}} \leq 0,08/2 = 0,04$
 $\textcircled{2}^{5,16^{15}} \leq 0,1/2 = 0,05$



*Размер обеспечивается инструментом

IT 8
 $TЖ^{17} = 0,046$
 $TЗ^{17} = 0,046$
 $TI^{17} = 0,046$
 $TK^{17} = 0,054$
 $Tл^{17} = 0,054$

$T2ж^{17} = 0,046$
 $T2з^{17} = 0,046$
 $T2к^{17} = 0,039$
 $T2л^{17} = 0,046$

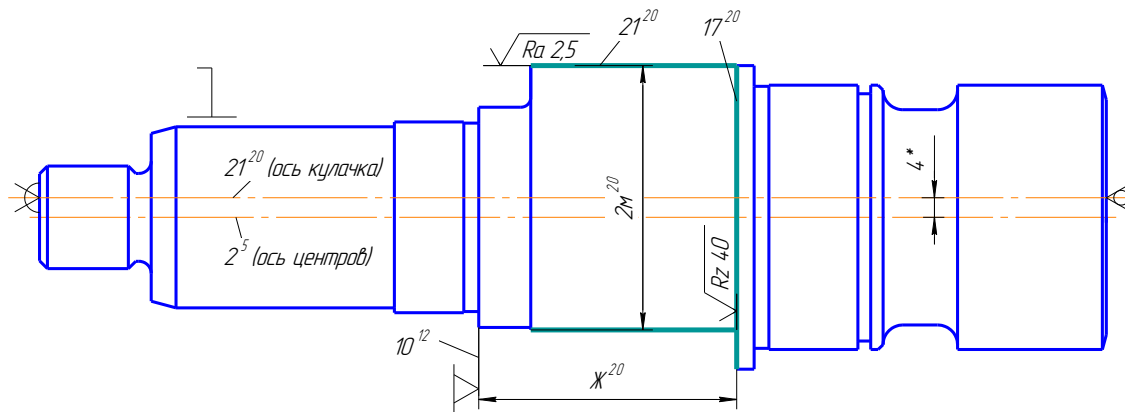
7 степень точности
 $\textcircled{2}^{5,13^{17}} \leq 0,04/2 = 0,02$
 $\textcircled{2}^{5,14^{17}} \leq 0,04/2 = 0,02$
 $\textcircled{2}^{5,15^{17}} \leq 0,03/2 = 0,015$
 $\textcircled{2}^{5,16^{17}} \leq 0,04/2 = 0,02$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ

Лист

20

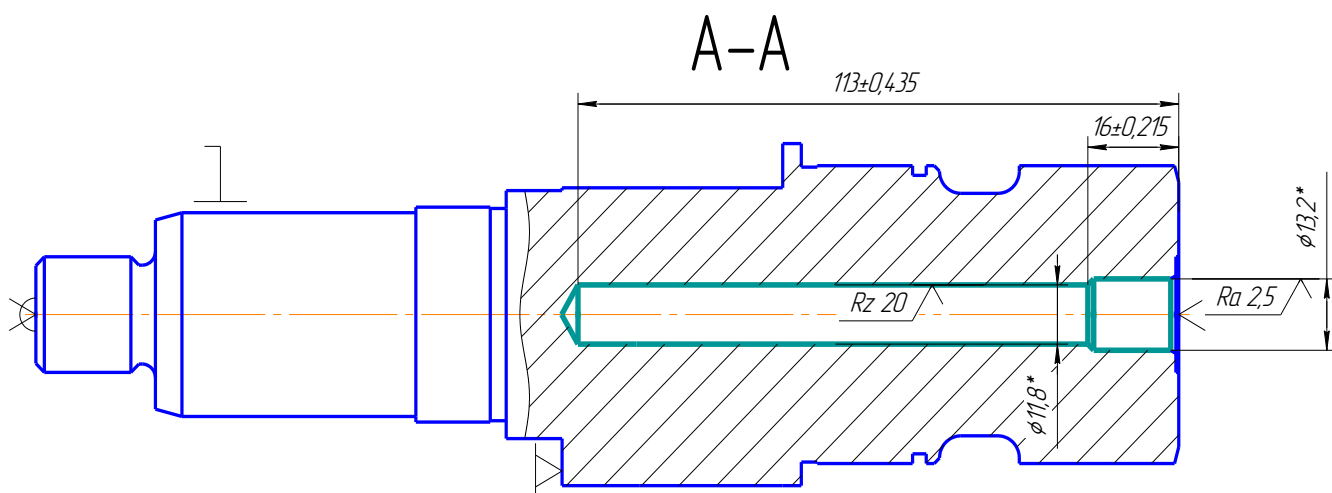
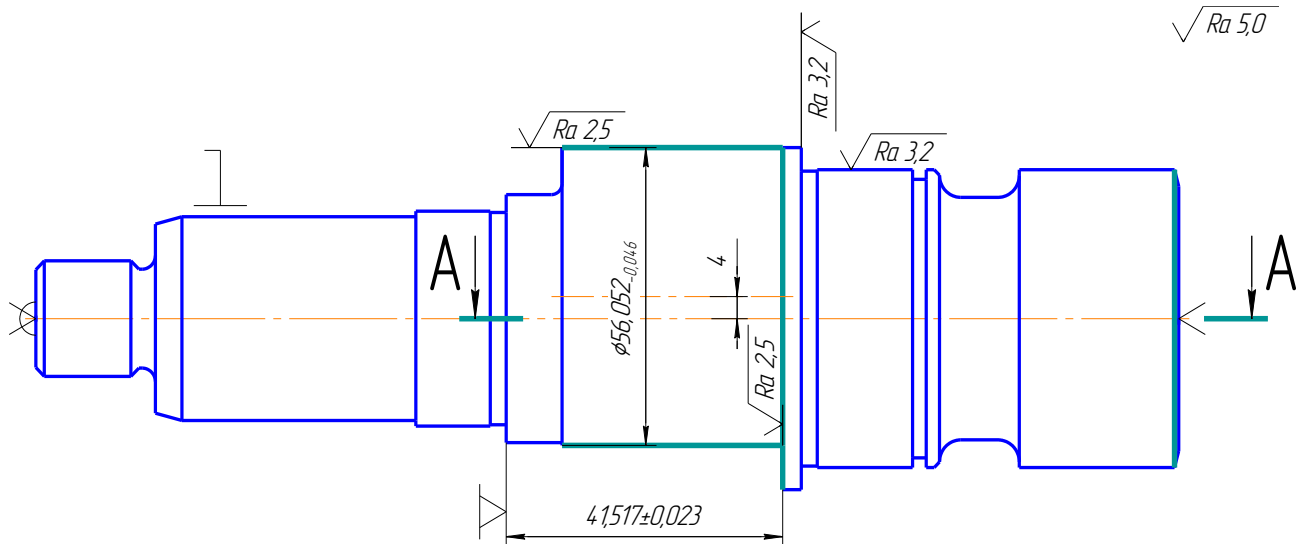


IT 11
 $T_{X^{20}} = 0,19$

$T_{2M^{20}} = 0,19$

9 степень точности
 $\textcircled{2^5, 21^{20}} = 4$

*Размер обеспечивается приспособлением



Операция 010. Установ 3:

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ

Лист

21

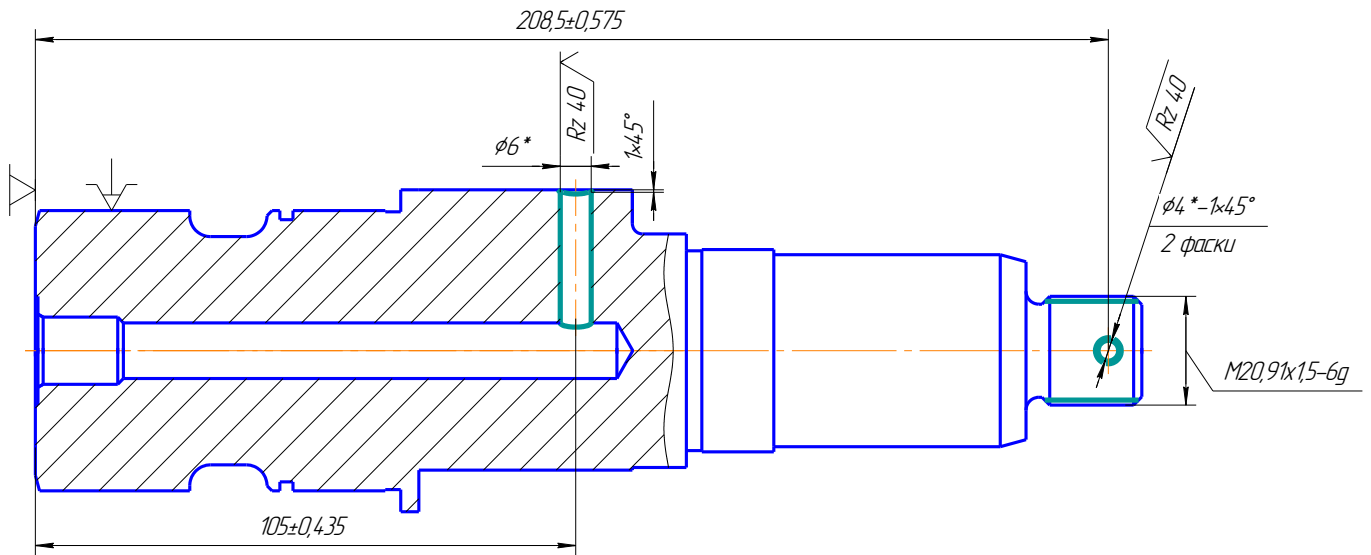
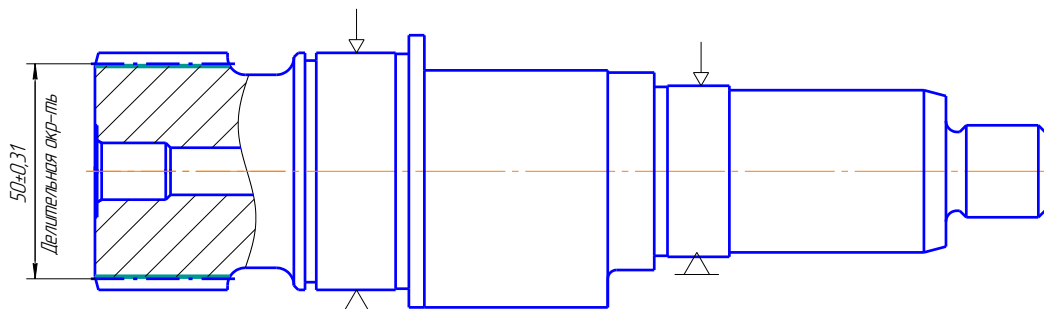


Рисунок 1.3.1 – Схемы базирования и операционные размеры на комплексной операции с ЧПУ

На следующей 015 операции производится фрезерование шлицев на шлицефрезерном станке.

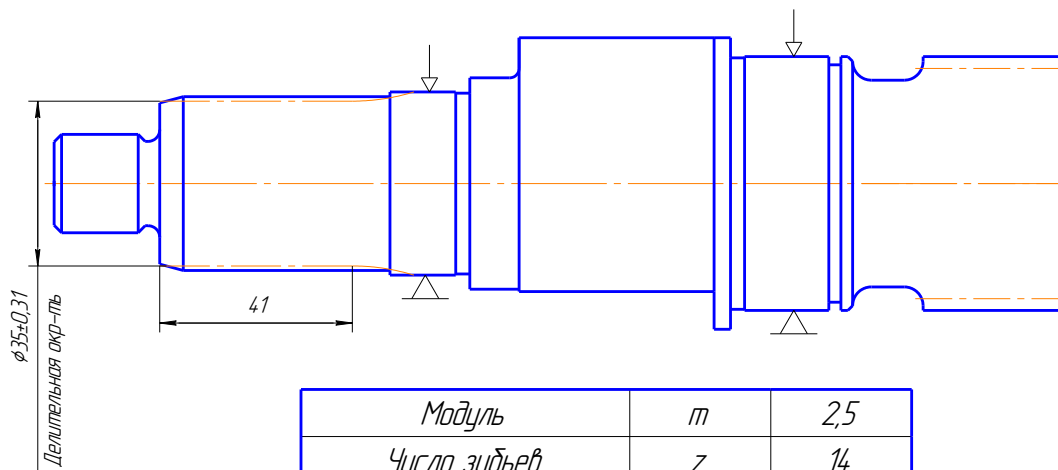
Эскиз операции со схемой базирования представлен на рисунке 1.3.2.

а) Установ 1:



Модуль	m	2,5
Число зубьев	z	20
Угол профиля исходного контура	α	30°
Коэффициент смещения исходного контура	x	0,5
Диаметр ролика	D_M	5,493
Размер по роликам	M_a	61,226
Диаметр делительной окружности	d	50
Делительная окружная толщина зуба	S	$5,37_{-0,17}^{-0,08}$
Диаметр окружности граничных точек зуба	d_e	4,95
Номер сопрягаемой детали		5557-4202061

а) Установ 2:



Модуль	m	2,5
Число зубьев	z	14
Угол профиля исходного контура	α	30°
Коэффициент смещения исходного контура	x	0,1
Диаметр ролика	D_M	5,493
Размер по роликам	M_a	44,566
Диаметр делительной окружности	d	35
Делительная окружная толщина зуба	S	$4,215_{-0,073}$
Диаметр окружности граничных точек зуба	d_e	32,5
Номер сопрягаемой детали		375-4202264

Рисунок 1.3.2 – Схема базирования и операционные размеры на зубофрезерной операции

На следующей операции производится шлифовка всех необходимых поверхностей (в том числе и эксцентрика) детали после термической обработки.

Эскиз операции со схемой базирования представлен на рисунке 1.3.

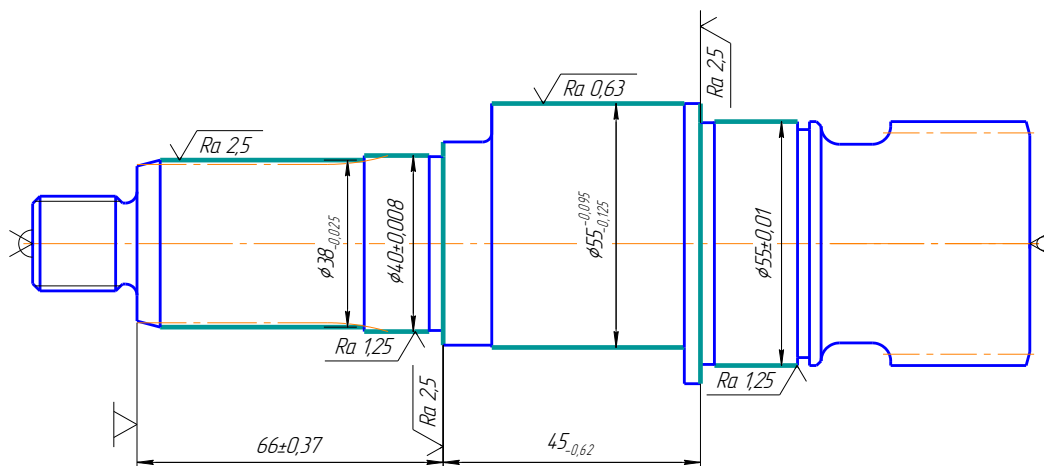


Рисунок 1.3.3 – Схема базирования и операционные размеры на третьей операции

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ

Лист

23

Далее, после окончания механической обработки детали производятся те же операции, что и в базовом технологическом процессе: слесарная, обдувка, транспортирование, клеймение и контроль.

1.5 Выбор и обоснование метода получения заготовки

Заготовка для вала дополнительного отбора мощности получена методом штамповки на КГШП – наиболее рациональным и распространенным методом получения заготовок для валов.

Кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП) по сравнению с молотами обладают рядом преимуществ:

- Повышенная точность получаемых поковок благодаря постоянству хода прессы и определенности нижнего положения ползуна, что позволяет уменьшить отклонения размеров поковок по высоте.

- Увеличенный коэффициент использования металла вследствие более совершенной конструкции штампов, снабженных верхним и нижним выталкивателем, что позволяет уменьшить штамповочные уклоны, припуски, напуски, допуски и тем самым приводит к экономии металла и уменьшению последующей обработки поковок резанием.

- Улучшенные условия труда вследствие меньших шумовых эффектов, вибрации, и сотрясения почвы, чем при работе на молотах, и относительно спокойным безударным характером работы.

- Возможность применения автоматических переключателей заготовок.

- Более высокой производительности, так как деформация на прессе в каждом ручье происходит за один ход, а на молоте за несколько ударов.

- Более высокому КПД, достигающему 6...8%; экономический (приведенный к энергии топлива) КПД прессы в 2...4 раза выше, чем у молота.

- Снижение себестоимости продукции за счет снижения расхода металла и эксплуатационной стоимости.

- Работа на прессах более простая, так как не требуется регулировка энергии удара, не требуется высокой квалификации рабочих.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

К недостаткам КГШП и штамповки на этих прессах (по сравнению с молотами) относят:

- Более высокую (в 3-4 раза) стоимость КГШП при сопоставимых мощностях КГШП и молота.

- Возможность заклинивания и поломки прессов при крайнем нижнем положении ползуна, на вывод из которого затрачивается много времени.

- Меньшая универсальность – из-за жесткого хода ползуна не применяют протяжку и подкатку заготовок.

- Необходимость очистки заготовок перед штамповкой от окалины, так как деформация проходит за один ход пресса при плавном безударном нагружении и окалина может быть заштампована в поверхность поковки.

- Необходимость применения большего числа ручьев при получении поволок сложной формы из-за худшего заполнения глубоких поверхностей.

- Более сложные конструкции штампов и их регулирование.

Технические требования для поковки детали вал дополнительного отбора мощности:

1 Группа стали М2.

2 Степень сложности поковки С1.

3 Класс точности поковки Т4.

4 Исходный индекс поковки 12.

5 Изогнутость оси не более 1мм.

6 Смещение по линии разъёма не более 0,8мм.

7 Штамповочные уклоны 7° .

8 Радиусы закруглений 3мм.

9 Заусенец по периметру среза не более 1,1мм.

10 Очистка поверхности от окалины галтовкой или дробью.

11 Термическая обработка - отжиг нормализационный.

12 Группа II НВ149...207 ГОСТ 8479-70.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

1.6 Выбор оборудования и оснастки

При выборе оборудования в первую очередь необходимо руководствоваться такими параметрами, как максимальный размер обрабатываемой детали, мощность двигателя станка, параметры точности, получаемые при обработке на данном оборудовании, возможность обработки конкретных поверхностей, стоимость и комплектация и т.п.

Используя ресурсы сети Internet можно подобрать большое количество оборудования, удовлетворяющего требованиям. Необходимо также учитывать возможность приобретения подходящего оборудования (наличие на складе, возможно минимальная цена, сроки доставки, послепродажное обслуживание и т.п.).

Для комплексной операции обработки вала дополнительного отбора мощности необходим токарный обрабатывающий центр с ЧПУ с контршпинделем и двумя горизонтальными револьверными головками.

Принимаем токарный обрабатывающий центр с ЧПУ Leadwell T-7T2SM (рисунок 1.6.1). Станок подходит для обработки данной детали по всем параметрам и обладает сравнительно невысокой стоимостью (см. экономический раздел).



Рисунок 1.6.1 – Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ Leadwell T-7T2SM

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

Таблица 1.6.1-Основные технические характеристики токарного обрабатывающего центра с ЧПУ Leadwell T-7T2SM

Максимальный диаметр точения	280 мм
Максимальная длина точения	585мм
Привод шпинделя	Fanuc aP22 AC
Максимальная рабочая мощность (15 мин)	18,5КВт
Система ЧПУ	Fanuc 0i-TB
Масса станка	4000 кг
Число инструментов в магазине	12
Тип направляющих	Скольжения
Точность позиционирования	$\pm 0,005(\pm 0,003)$

Для обработки шлицев необходим шлицефрезерный станок с ЧПУ.

Принимаем шлицефрезерный станок с ЧПУ ЕЗС-000.65. Он предназначен для фрезерования на валах прямобочных и эвольвентных шлицев, а также зубьев цилиндрических колес как прямых, так и винтовых в условиях серийного производства. Шпиндель станка имеет сквозное отверстие диаметром 90 мм, что позволяет при работе с кулачковым патроном устанавливать заготовки значительно большей длины, чем в центрах (до 2000 мм и более) (рисунок 1.6.2).

Станок подходит для обработки данной детали по всем параметрам и обладает сравнительно невысокой стоимостью.



Рисунок 1.6.2 – Шлицефрезерный станок с ЧПУ ЕЗС-000.65

Таблица 1.6.2-Основные технические характеристики шлицефрезерного станка с ЧПУ ЕЗС-000.65

Максимальный диаметр установленный заготовки, мм	480
Максимальный диаметр обрабатываемой заготовки, мм	160
Максимальная длина устанавливаемой в центрах заготовки, мм	750
Максимальная длина обрабатываемых шлиц, мм	700
Максимальный модуль нарезаемых зубьев, мм	6
Максимальный диаметр червячной фрезы, мм	140
Расстояние между осями заготовки и инструмента, мм	40-150
Диаметр сквозного отверстия в шпинделе изделия, мм	90
Максимальный угол поворота фрезерного суппорта, град	+[-30
Максимальное осевое перемещение инструмента, мм	50
Пределы частот вращения инструмента, об[мин	70-290
Пределы рабочих продольных подач инструмента, мм[об	0,63-5
Число обрабатываемых зубьев	4-54
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	7,5
Габаритные размеры станка, мм:	
Масса станка, кг	4500

Для шлифовальной операции обработки вала необходим универсальный шлифовальный станок с ЧПУ.

Принимаем торцекруглошлифовальный станок с ЧПУ Paragon GA-3570CNC (рисунок 1.6.3). Станок подходит для обработки данной детали по всем параметрам и обладает сравнительно невысокой стоимостью.



Рисунок 1.6.3 – Торцевкруглошлифовальный станок с ЧПУ Paragon GA-3570CNC

Таблица 1.6.3-Основные технические характеристики торцевкруглошлифовального станка с ЧПУ Paragon GA-3570CNC

Максимальный диаметр обрабатываемой детали	350 мм
Расстояние между центрами	350 мм
Размер шлифовального круга	510x80x203,2
Мощность двигателя шпинделей суммарная	9,5 кВт
Скорость вращения передней бабки	1000 об/мин
Максимальная скорость вращения шлифовального круга	45 м/с
Максимальный вес обрабатываемой детали	150 кг
Масса станка	4300 кг
Габариты станка	2975x2000x2260 мм

Инструмент выбираем по каталогу [2]. Данный каталог представляет всю продукцию фирмы Sandvik. Там же подбираем необходимую оснастку для осевого инструмента (оправки, крепёжные элементы) и твердосплавные пластины. Также нам

необходим и стандартный режущий инструмент (зенкеры, развёртки, метчики).
 Подробнее см. РТК и карты технологического процесса.

1.7 Расчет припусков (размерный анализ)

1.7.1 Линейный размерный анализ.

Схема размерного анализа представлена на рисунке 1.7.1.

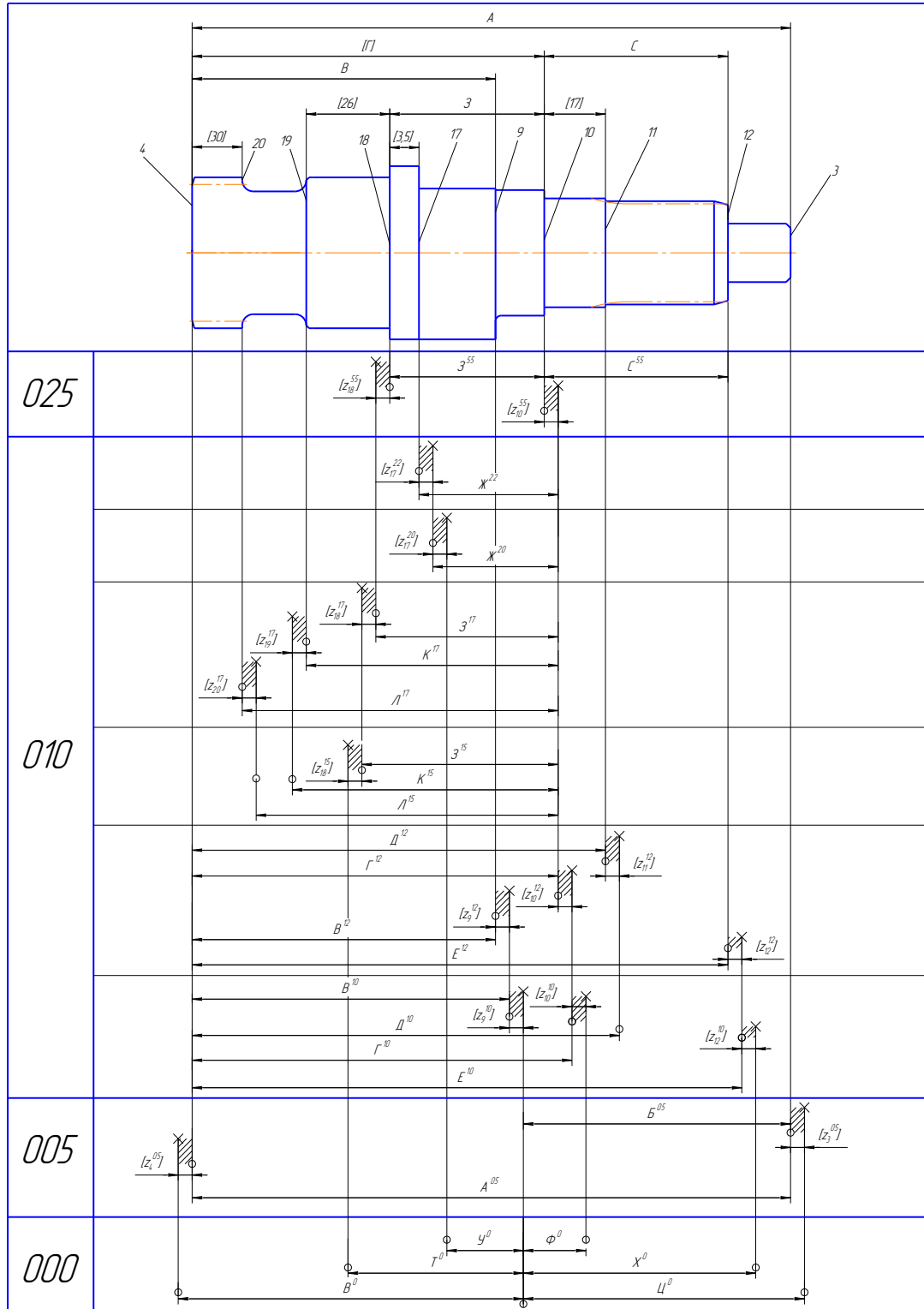


Рисунок 1.7.1 – Схема линейного размерного анализа

Определим замыкающие звенья среди чертёжных размеров:

$$[\Gamma] = E^{12} - C^{55};$$

$0,3 > 0,072 + 0,019 = 0,091$ - условие выполняется.

$$[30] = \Gamma^{12} - \mathcal{L}^{17};$$

$0,62 > 0,063 + 0,054 = 0,117$ - условие выполняется.

$$[26] = K^{17} - \Gamma^{12} + E^{12} - C^{55} - 3^{55};$$

$0,52 > 0,054 + 0,063 + 0,072 + 0,019 + 0,019 = 0,227$ - условие выполняется.

$$[17] = C^{55} - E^{12} + \mathcal{D}^{12};$$

$0,43 > 0,019 + 0,072 + 0,063 = 0,154$ - условие выполняется.

$$[3,5] = 3^{55} + C^{55} - E^{12} + \Gamma^{12} - \mathcal{Ж}^{22}.$$

$0,3 > 0,019 + 0,019 + 0,072 + 0,063 + 0,046 = 0,219$ - условие выполняется.

Определим замыкающие звенья среди припусков:

Определим замыкающие звенья среди припусков:

$$[z_{18}^{55}] = 3^{17} - \Gamma^{12} + E^{12} - C^{55} - 3^{55};$$

$$[z_{10}^{55}] = \Gamma^{12} - E^{12} + C^{55};$$

$$[z_{17}^{22}] = \mathcal{Ж}^{22} - \mathcal{Ж}^{20};$$

$$[z_{17}^{20}] = \mathcal{Ж}^{20} - \Gamma^{12} + A^{05} - B^{05} - Y^0;$$

$$[z_{18}^{17}] = 3^{15} - 3^{17};$$

$$[z_{19}^{17}] = K^{15} - K^{17};$$

$$[z_{20}^{17}] = \mathcal{L}^{17} - \mathcal{L}^{15};$$

$$[z_{18}^{15}] = T^{00} + B^{05} - A^{05} + \Gamma^{12} - 3^{15};$$

$$[z_{11}^{12}] = \mathcal{D}^{10} - \mathcal{D}^{12};$$

$$[z_{10}^{12}] = \Gamma^{10} - \Gamma^{12};$$

$$[z_9^{12}] = B^{10} - B^{12};$$

$$[z_{12}^{12}] = E^{10} - E^{12};$$

$$[z_{10}^{10}] = \Phi^{00} - B^{05} + A^{05} - \Gamma^{10};$$

$$[z_{12}^{10}] = X^{00} - B^{05} + A^{05} - E^{10};$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

$$[z_9^{10}] = B^{05} - A^{05} + B^{10};$$

$$[z_3^{05}] = C^{00} - B^{05};$$

$$[z_4^{05}] = B^{00} + B^{05} - A^{05}.$$

Определим минимальные припуски. Их расчет будем вести по методу профессора Матвеева, согласно которому минимальная величина припуска определяется:

$$z_{\min}^i = R_z^{i-1} + h^{i-1}, \quad (2)$$

где R_z^{i-1} - высота неровностей поверхности, полученной на предыдущей операции;
 h^{i-1} - величина дефектного слоя, оставшаяся на поверхности также после предыдущей операции.

Величины R_z^{i-1} и h^{i-1} определим по таблице 9 и 10 [1, с.34-35]:

$$[z_{18}^{55}] = 25 + 25 = 50 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм};$$

$$[z_{10}^{55}] = 25 + 25 = 50 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм};$$

$$[z_{17}^{22}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_{17}^{20}] = 240 + 250 = 490 \text{ мкм} = 0,49 \text{ мм};$$

$$[z_{18}^{17}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_{19}^{17}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_{20}^{17}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_{18}^{15}] = 240 + 250 = 490 \text{ мкм} = 0,49 \text{ мм};$$

$$[z_{11}^{12}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_{10}^{12}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_9^{12}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_{12}^{12}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_{10}^{10}] = 240 + 250 = 490 \text{ мкм} = 0,49 \text{ мм};$$

$$[z_{12}^{10}] = 240 + 250 = 490 \text{ мкм} = 0,49 \text{ мм};$$

$$[z_9^{10}] = 240 + 250 = 490 \text{ мкм} = 0,49 \text{ мм};$$

$$[z_3^{05}] = 240 + 250 = 490 \text{ мкм} = 0,49 \text{ мм};$$

$$[z_4^{05}] = 240 + 250 = 490 \text{ мкм} = 0,49 \text{ мм}.$$

Теперь решаем уравнения и находим операционные размеры:

$$[\Gamma]_{\min} = E_{\min}^{12} - C_{\max}^{55};$$

$$126,2 = B_{\min}^{12} - 66,37;$$

$$E_{\min}^{12} = 192,57; E_{\max}^{12} = 192,57 + 0,054 = 192,624;$$

$$E^{12} = 192,624_{-0,054}$$

$$[17]_{\min} = C_{\min}^{55} - E_{\max}^{12} + D_{\min}^{12};$$

$$16,785 = 65,63 - 192,624 + D_{\min}^{12};$$

$$D_{\min}^{12} = 143,779; D_{\max}^{12} = 143,779 + 0,063 = 143,842;$$

$$D^{12} = 143,842_{-0,063}$$

$$[z_{10}^{55}]_{\min} = \Gamma_{\min}^{12} - E_{\max}^{12} + C_{\min}^{55};$$

$$0,05 = \Gamma_{\min}^{12} - 192,624 + 65,63;$$

$$\Gamma_{\min}^{12} = 127,044; \Gamma_{\max}^{12} = 127,044 + 0,063 = 127,107;$$

$$\Gamma^{12} = 127,107_{-0,063};$$

$$[z_{10}^{55}]_{\max} = 0,05 + 0,063 + 0,054 + 0,019 = 0,141.$$

$$[30]_{\min} = \Gamma_{\min}^{12} - J_{\max}^{17};$$

$$29,48 = 127,044 - J_{\max}^{17};$$

$$J_{\max}^{17} = 97,564; J_{\min}^{17} = 97,564 - 0,054 = 97,51;$$

$$J^{17} = 97,537 \pm 0,027.$$

$$[26]_{\min} = K_{\min}^{17} - \Gamma_{\max}^{12} + E_{\min}^{12} - C_{\max}^{55} - 3_{\max}^{55};$$

$$25,74 = K_{\min}^{17} - 127,107 + 192,57 - 66,37 - 45,31;$$

$$K_{\min}^{17} = 71,957; K_{\max}^{17} = 71,957 + 0,054 = 72,011;$$

$$K^{17} = 72,011_{-0,054}$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33

$$[3,5]_{\min} = 3_{\min}^{55} + C_{\min}^{55} - E_{\max}^{12} + \Gamma_{\min}^{12} - \mathcal{K}_{\max}^{22};$$

$$3,2 = 44,69 + 65,63 - 192,624 + 127,044 - \mathcal{K}_{\max}^{22};$$

$$\mathcal{K}_{\max}^{22} = 41,54; \mathcal{K}_{\min}^{22} = 41,54 - 0,046 = 41,494;$$

$$\mathcal{K}^{22} = 41,517 \pm 0,023.$$

$$[z_{18}^{55}]_{\min} = 3_{\min}^{17} - \Gamma_{\max}^{12} + E_{\min}^{12} - C_{\max}^{55} - 3_{\max}^{55};$$

$$0,05 = 3_{\min}^{17} - 127,107 + 192,57 - 66,37 - 45,31;$$

$$3_{\min}^{17} = 46,267; 3_{\max}^{17} = 46,267 + 0,046 = 46,313;$$

$$3^{17} = 46,313_{-0,046};$$

$$[z_{18}^{55}]_{\max} = 0,05 + 0,046 + 0,063 + 0,054 + 0,019 + 0,019 = 0,251.$$

$$[z_{17}^{22}]_{\min} = \mathcal{K}_{\min}^{22} - \mathcal{K}_{\max}^{20};$$

$$0,1 = 41,494 - \mathcal{K}_{\max}^{20};$$

$$\mathcal{K}_{\max}^{20} = 41,394; \mathcal{K}_{\min}^{20} = 41,394 - 0,19 = 41,204;$$

$$\mathcal{K}^{20} = 41,299 \pm 0,095;$$

$$[z_{17}^{22}]_{\max} = 0,1 + 0,046 + 0,19 = 0,336.$$

$$[z_{18}^{17}]_{\min} = 3_{\min}^{15} - 3_{\max}^{17};$$

$$0,1 = 3_{\min}^{15} - 46,313;$$

$$3_{\min}^{15} = 46,413; 3_{\max}^{15} = 46,413 + 0,19 = 46,603;$$

$$3^{15} = 46,603_{-0,19};$$

$$[z_{18}^{17}]_{\max} = 0,1 + 0,19 + 0,046 = 0,336.$$

$$[z_{19}^{17}]_{\min} = K_{\min}^{15} - K_{\max}^{17};$$

$$0,1 = K_{\min}^{15} - 72,011;$$

$$K_{\min}^{15} = 72,111; K_{\max}^{15} = 72,111 + 0,22 = 72,331;$$

$$K^{15} = 72,331_{-0,22};$$

$$[z_{19}^{17}]_{\max} = 0,1 + 0,22 + 0,054 = 0,374.$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34

$$[z_{20}^{17}]_{\min} = J^{17}_{\min} - J^{15}_{\max};$$

$$0,1 = 97,51 - J^{15}_{\max};$$

$$J^{15}_{\max} = 97,41; J^{15}_{\min} = 97,41 - 0,22 = 97,19;$$

$$J^{15} = 97,3 \pm 0,11;$$

$$[z_{20}^{17}]_{\max} = 0,1 + 0,054 + 0,22 = 0,374.$$

$$[z_{11}^{12}]_{\min} = D^{10}_{\min} - D^{12}_{\max};$$

$$0,1 = D^{10}_{\min} - 143,842;$$

$$D^{10}_{\min} = 143,942; D^{10}_{\max} = 143,942 + 0,25 = 144,192;$$

$$D^{10} = 144,192_{-0,25};$$

$$[z_{11}^{12}]_{\max} = 0,1 + 0,25 + 0,063 = 0,413.$$

$$[z_{10}^{12}]_{\min} = F^{10}_{\min} - F^{12}_{\max};$$

$$0,1 = F^{10}_{\min} - 127,107;$$

$$F^{10}_{\min} = 127,207; F^{10}_{\max} = 127,207 + 0,25 = 127,457;$$

$$F^{10} = 127,457_{-0,25};$$

$$[z_{10}^{12}]_{\max} = 0,1 + 0,25 + 0,063 = 0,413.$$

$$[z_{10}^{12}]_{\min} = B^{10}_{\min} - B^{12}_{\max};$$

$$0,1 = B^{10}_{\min} - 116;$$

$$B^{10}_{\min} = 116,1; B^{10}_{\max} = 116,1 + 0,22 = 116,32;$$

$$B^{10} = 116,32_{-0,22};$$

$$[z_9^{12}]_{\max} = 0,1 + 0,22 + 0,87 = 1,19.$$

$$[z_{12}^{12}]_{\min} = E^{10}_{\min} - E^{12}_{\max};$$

$$0,1 = E^{10}_{\min} - 192,624;$$

$$E^{10}_{\min} = 192,724; E^{10}_{\max} = 192,724 + 0,29 = 193,014;$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

$$E^{10} = 193,014_{-0,29};$$

$$[z_{12}^{12}]_{\max} = 0,1 + 0,29 + 0,054 = 0,444.$$

$$[z_{9}^{10}]_{\min} = B_{\min}^{05} - A_{\max}^{05} + B_{\min}^{10};$$

$$0,49 = B_{\min}^{05} - 215 + 116,1;$$

$$B_{\min}^{05} = 99,39; B_{\max}^{05} = 99,39 + 0,54 = 99,93;$$

$$B^{05} = 99,66 \pm 0,27;$$

$$[z_{9}^{10}]_{\max} = 0,49 + 0,54 + 1,15 + 0,22 = 2,4.$$

$$[z_{3}^{05}]_{\min} = U_{\min}^{00} - B_{\max}^{05};$$

$$0,49 = U_{\min}^{00} - 99,93;$$

$$U_{\min}^{00} = 100,42; U_{\max}^{00} = 100,42 + 1,6 = 102,02;$$

$$U^{00} = 101,22 \pm 0,8;$$

$$[z_{3}^{05}]_{\max} = 0,49 + 1,6 + 0,54 = 2,63.$$

$$[z_{4}^{05}]_{\min} = B_{\min}^{00} - A_{\max}^{05} + B_{\min}^{05};$$

$$0,49 = B_{\min}^{00} - 215 + 99,39;$$

$$B_{\min}^{00} = 116,1; B_{\max}^{00} = 116,1 + 2 = 118,1;$$

$$B^{00} = 117,1 \pm 1;$$

$$[z_{4}^{05}]_{\max} = 0,49 + 2 + 1,15 + 0,54 = 4,18.$$

$$[z_{10}^{10}]_{\min} = \Phi_{\min}^{00} - B_{\max}^{05} + A_{\min}^{05} - \Gamma_{\max}^{10};$$

$$0,49 = \Phi_{\min}^{00} - 99,93 + 213,85 - 127,457;$$

$$\Phi_{\min}^{00} = 14,027; \Phi_{\max}^{00} = 14,027 + 1,4 = 15,427;$$

$$\Phi^{00} = 14,727 \pm 1,4;$$

$$[z_{10}^{10}]_{\max} = 0,49 + 1,4 + 0,54 + 1,15 + 0,25 = 3,83.$$

$$[z_{12}^{10}]_{\min} = X_{\min}^{00} - B_{\max}^{05} + A_{\min}^{05} - E_{\max}^{10};$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36

$$0,49 = X_{\min}^{00} - 99,93 + 213,85 - 193,014;$$

$$X_{\min}^{00} = 79,584; X_{\max}^{00} = 79,584 + 1,6 = 81,184;$$

$$X^{00} = 80,384 \pm 0,8;$$

$$[z_{12}^{10}]_{\max} = 0,49 + 1,6 + 0,54 + 1,15 + 0,29 = 4,07.$$

$$[z_{18}^{15}]_{\min} = T_{\min}^{00} - A_{\max}^{05} + I_{\min}^{12} - 3_{\max}^{15} + B_{\min}^{05};$$

$$0,49 = T_{\min}^{00} - 215 + 127,044 - 46,603 + 99,39;$$

$$T_{\min}^{00} = 35,659; T_{\max}^{00} = 35,659 + 1,6 = 37,259;$$

$$T^{00} = 36,459 \pm 0,8;$$

$$[z_{18}^{15}]_{\max} = 0,49 + 1,6 + 1,15 + 0,063 + 0,19 + 0,54 = 4,033.$$

$$[z_{17}^{20}]_{\min} = \mathcal{K}_{\min}^{20} - I_{\max}^{12} + A_{\min}^{05} - B_{\max}^{05} - Y_{\max}^{00};$$

$$0,49 = 41,204 - 127,107 + 213,85 - 99,93 - Y_{\max}^{00};$$

$$Y_{\max}^{00} = 27,527; Y_{\min}^{00} = 27,527 + 1,6 = 29,127;$$

$$Y^{00} = 28,327 \pm 0,8;$$

$$[z_{17}^{20}]_{\max} = 0,49 + 0,19 + 0,063 + 1,15 + 0,54 + 1,6 = 4,033.$$

1.7.2Диаметральный размерный анализ

Схема размерного анализа представлена на рисунке 1.7.2.

Определим замыкающие звенья среди чертёжных размеров. На представленной схеме видно, что среди чертёжных размеров замыкающих звеньев нет.

Определим замыкающие звенья среди припусков:

$$[z_7^{55}] = d^{12} - (2^5, 7^{12}) - (2^5, 7^{55}) - d^{55};$$

$$[z_6^{55}] = e^{12} - (2^5, 6^{12}) - (2^5, 6^{55}) - e^{55};$$

$$[z_{14}^{55}] = 3^{17} - (2^5, 14^{17}) - (2^5, 14^{55}) - 3^{55};$$

$$[z_{21}^{55}] = m^{22} - (2^5, 21^{22}) - (2^5, 21^{55}) - m^{55};$$

$$[z_{21}^{22}] = m^{20} - (2^5, 21^{20}) - (2^5, 21^{22}) - m^{22};$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		37

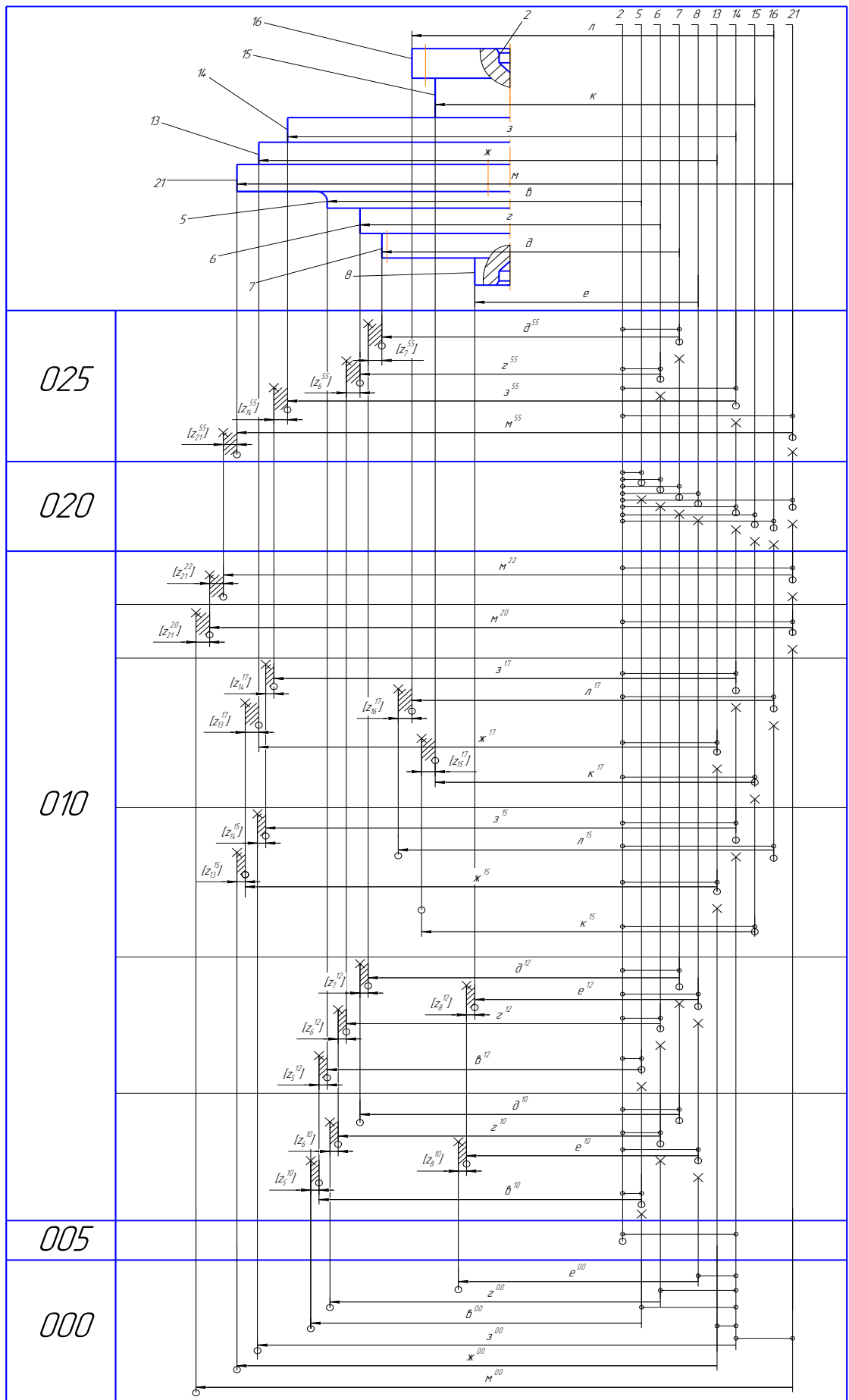


Рисунок 1.7.2 – Схема диаметрального размерного анализа

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ

Лист

38

$$[z_{21}^{20}] = m^{00} - (2^0, 14^0) - (2^5, 14^0) - (2^5, 21^{20}) - m^{20};$$

$$[z_{14}^{17}] = z^{15} - (2^5, 14^{15}) - (2^5, 14^{17}) - z^{17};$$

$$[z_{13}^{17}] = \mathcal{J}c^{15} - (2^5, 13^{15}) - (2^5, 13^{17}) - \mathcal{J}c^{17};$$

$$[z_{16}^{17}] = \mathcal{L}^{15} - (2^5, 16^{15}) - (2^5, 16^{17}) - \mathcal{L}^{17};$$

$$[z_{15}^{17}] = \kappa^{15} - (2^5, 15^{15}) - (2^5, 15^{17}) - \kappa^{17};$$

$$[z_{14}^{15}] = z^{00} - (2^5, 14^0) - (2^5, 14^{15}) - z^{15};$$

$$[z_{13}^{15}] = \mathcal{J}c^{00} - (13^0, 14^0) - (2^5, 14^0) - (2^5, 13^{15}) - \mathcal{J}c^{15};$$

$$[z_7^{12}] = d^{10} - (2^5, 7^{10}) - (2^5, 7^{12}) - d^{12};$$

$$[z_8^{12}] = e^{10} - (2^5, 8^{10}) - (2^5, 8^{12}) - e^{12};$$

$$[z_6^{12}] = z^{10} - (2^5, 6^{10}) - (2^5, 6^{12}) - z^{12};$$

$$[z_5^{12}] = \theta^{10} - (2^5, 5^{10}) - (2^5, 5^{12}) - \theta^{12};$$

$$[z_6^{10}] = z^{00} - (6^0, 14^0) - (2^5, 14^0) - (2^5, 6^{10}) - z^{10};$$

$$[z_5^{10}] = \theta^{00} - (5^0, 14^0) - (2^5, 14^0) - (2^5, 5^{10}) - \theta^{10};$$

$$[z_8^{10}] = e^{00} - (8^0, 14^0) - (2^5, 14^0) - (2^5, 8^{10}) - e^{10}.$$

Определим минимальные припуски. Их расчет будем вести по формуле (2).

Величины R_z^{t-1} и h^{t-1} определим по таблице 9 и 10 [1, с.34-35]:

$$[z_7^{55}] = 25 + 25 = 50 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм};$$

$$[z_6^{55}] = 25 + 25 = 50 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм};$$

$$[z_{14}^{55}] = 25 + 25 = 50 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм};$$

$$[z_{21}^{55}] = 25 + 25 = 50 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм};$$

$$[z_{21}^{22}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_{21}^{20}] = 240 + 250 = 490 \text{ мкм} = 0,49 \text{ мм};$$

$$[z_{14}^{17}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_{13}^{17}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_{16}^{17}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_{15}^{17}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_{14}^{15}] = 240 + 250 = 490 \text{ мкм} = 0,49 \text{ мм};$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

$$[z_{13}^{15}] = 240 + 250 = 490 \text{ мкм} = 0,49 \text{ мм};$$

$$[z_7^{12}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_8^{12}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_6^{12}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_5^{12}] = 50 + 50 = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм};$$

$$[z_6^{10}] = 240 + 250 = 490 \text{ мкм} = 0,49 \text{ мм};$$

$$[z_5^{10}] = 240 + 250 = 490 \text{ мкм} = 0,49 \text{ мм};$$

$$[z_8^{10}] = 240 + 250 = 490 \text{ мкм} = 0,49 \text{ мм}.$$

Теперь решаем уравнения и находим операционные размеры:

$$[z_7^{55}]_{\min} = \partial_{\min}^{12} - (2^5, 7^{12}) - (2^5, 7^{55}) - \partial_{\max}^{55};$$

$$0,05 = \partial_{\min}^{12} - 0,013 - 0,01 - 19;$$

$$\partial_{\min}^{12} = 19,073; \partial_{\max}^{12} = 19,073 + 0,02 = 19,093;$$

$$\partial^{12} = 19,093_{-0,02}; 2\partial^{12} = 38,186_{-0,04};$$

$$[z_7^{55}]_{\max} = 0,05 + 0,02 + 0,013 + 0,01 + 0,025 = 0,118.$$

$$[z_6^{55}]_{\min} = z_{\min}^{12} - (2^5, 6^{12}) - (2^5, 6^{55}) - z_{\max}^{55};$$

$$0,05 = z_{\min}^{12} - 0,013 - 0,01 - 20,004;$$

$$z_{\min}^{12} = 20,077; z_{\max}^{12} = 20,077 + 0,02 = 20,097;$$

$$z^{12} = 20,097_{-0,02}; 2z^{12} = 40,194_{-0,04};$$

$$[z_6^{55}]_{\max} = 0,05 + 0,02 + 0,013 + 0,01 + 0,016 = 0,109.$$

$$[z_{14}^{55}]_{\min} = z_{\min}^{17} - (2^5, 14^{17}) - (2^5, 14^{55}) - z_{\max}^{55};$$

$$0,05 = z_{\min}^{17} - 0,02 - 0,013 - 27,505;$$

$$z_{\min}^{17} = 27,587; z_{\max}^{17} = 27,505 + 0,023 = 27,528;$$

$$z^{17} = 27,528_{-0,023}; 2z^{17} = 55,056_{-0,046};$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40

$$[z_{14}^{55}]_{\max} = 0,05 + 0,023 + 0,013 + 0,02 + 0,02 = 0,126.$$

$$[z_{21}^{55}]_{\min} = M_{\min}^{22} - (2^5, 21^{22}) - (2^5, 21^{55}) - M_{\max}^{55};$$

$$0,05 = M_{\min}^{22} - 4 - 27,453;$$

$$M_{\min}^{22} = 31,503; M_{\max}^{22} = 31,503 + 0,023 = 31,526;$$

$$M^{22} = 31,526_{-0,023}; 2M^{22} = 63,052_{-0,046};$$

$$[z_{21}^{55}]_{\max} = 0,05 + 0,023 + 4 + 0,03 = 4,103.$$

$$[z_{21}^{22}]_{\min} = M_{\min}^{20} - (2^5, 21^{20}) - (2^5, 21^{22}) - M_{\max}^{22};$$

$$0,1 = M_{\min}^{20} - 4 - 31,526;$$

$$M_{\min}^{20} = 35,626; M_{\max}^{20} = 35,626 + 0,095 = 35,721;$$

$$M^{20} = 35,721_{-0,095}; 2M^{20} = 71,442_{-0,19};$$

$$[z_{21}^{22}]_{\max} = 0,05 + 0,095 + 4 + 0,023 = 4,168.$$

$$[z_{21}^{20}]_{\min} = M_{\min}^{00} - (21^0, 14^0) - (2^5, 14^0) - (2^5, 21^{20}) - M_{\max}^{20};$$

$$0,49 = M_{\min}^{00} - 0,08 - 35,721;$$

$$M_{\min}^{00} = 36,299; M_{\max}^{00} = 36,299 + 0,8 = 37,099;$$

$$M^{00} = 36,699 \pm 0,4; 2M^{00} = 73,398 \pm 0,8;$$

$$[z_{21}^{20}]_{\max} = 0,49 + 0,08 + 4 + 0,8 = 5,37.$$

$$[z_{14}^{17}]_{\min} = z_{\min}^{15} - (2^5, 14^{15}) - (2^5, 14^{17}) - z_{\max}^{17};$$

$$0,1 = z_{\min}^{15} - 0,05 - 0,02 - 27,528;$$

$$z_{\min}^{15} = 27,698; z_{\max}^{15} = 27,698 + 0,095 = 27,793;$$

$$z^{15} = 27,793_{-0,095}; 2z^{15} = 55,586_{-0,19};$$

$$[z_{14}^{17}]_{\max} = 0,1 + 0,095 + 0,05 + 0,02 + 0,023 = 0,288.$$

$$[z_{13}^{17}]_{\min} = \mathcal{H}_{\min}^{15} - (2^5, 13^{15}) - (2^5, 13^{17}) - \mathcal{H}_{\max}^{17};$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		41

$$0,1 = \mathcal{H}_{\min}^{15} - 0,05 - 0,02 - 31,5;$$

$$\mathcal{H}_{\min}^{15} = 31,67; \mathcal{H}_{\max}^{15} = 31,67 + 0,095 = 31,765;$$

$$\mathcal{H}^{15} = 31,765_{-0,095}; 2\mathcal{H}^{15} = 63,53_{-0,19};$$

$$[z_{13}^{17}]_{\max} = 0,1 + 0,095 + 0,05 + 0,02 + 0,37 = 0,635.$$

$$[z_{16}^{17}]_{\min} = \mathcal{L}_{\min}^{15} - (2^5, 16^{15}) - (2^5, 16^{17}) - \mathcal{L}_{\max}^{17};$$

$$0,1 = \mathcal{L}_{\min}^{15} - 0,05 - 0,02 - 27,5;$$

$$\mathcal{L}_{\min}^{15} = 27,67; \mathcal{L}_{\max}^{15} = 27,67 + 0,095 = 27,765;$$

$$\mathcal{L}^{15} = 27,765_{-0,095}; 2\mathcal{L}^{15} = 55,53_{-0,19};$$

$$[z_{16}^{17}]_{\max} = 0,1 + 0,095 + 0,05 + 0,02 + 0,2 = 0,465.$$

$$[z_{15}^{17}]_{\min} = \mathcal{K}_{\min}^{15} - (2^5, 15^{15}) - (2^5, 15^{17}) - \mathcal{K}_{\max}^{17};$$

$$0,1 = \mathcal{K}_{\min}^{15} - 0,04 - 0,015 - 22,5;$$

$$\mathcal{K}_{\min}^{15} = 22,655; \mathcal{K}_{\max}^{15} = 22,655 + 0,08 = 22,735;$$

$$\mathcal{K}^{15} = 22,735_{-0,08}; 2\mathcal{K}^{15} = 45,47_{-0,16};$$

$$[z_{15}^{17}]_{\max} = 0,1 + 0,08 + 0,04 + 0,015 + 0,31 = 0,545.$$

$$[z_{14}^{15}]_{\min} = \mathcal{Z}_{\min}^{00} - (2^5, 14^0) - (2^5, 14^{15}) - \mathcal{Z}_{\max}^{15};$$

$$0,49 = \mathcal{Z}_{\min}^{00} - 0,08 - 0,05 - 27,793;$$

$$\mathcal{Z}_{\min}^{00} = 28,413; \mathcal{Z}_{\max}^{00} = 28,413 + 0,7 = 29,113;$$

$$\mathcal{Z}^{00} = 28,763 \pm 0,35; 2\mathcal{Z}^{00} = 57,526 \pm 0,7;$$

$$[z_{14}^{15}]_{\max} = 0,49 + 0,7 + 0,08 + 0,05 + 0,19 = 1,51.$$

$$[z_{13}^{15}]_{\min} = \mathcal{H}_{\min}^{00} - (13^0, 14^0) - (2^5, 14^0) - (2^5, 13^{15}) - \mathcal{H}_{\max}^{15};$$

$$0,49 = \mathcal{H}_{\min}^{00} - 0,08 - 0,08 - 0,05 - 31,765;$$

$$\mathcal{H}_{\min}^{00} = 32,465; \mathcal{H}_{\max}^{00} = 32,465 + 0,8 = 33,265;$$

$$\mathcal{H}^{00} = 32,865 \pm 0,4; 2\mathcal{H}^{00} = 65,73 \pm 0,8;$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		42

$$[z_{13}^{15}]_{\max} = 0,49 + 0,8 + 0,08 + 0,08 + 0,05 + 0,19 = 1,69.$$

$$[z_7^{12}]_{\min} = \partial_{\min}^{10} - (2^5, 7^{10}) - (2^5, 7^{12}) - \partial_{\max}^{12};$$

$$0,1 = \partial_{\min}^{10} - 0,04 - 0,08 - 19,093;$$

$$\partial_{\min}^{10} = 19,313; \partial_{\max}^{10} = 19,313 + 0,08 = 19,393;$$

$$\partial^{10} = 19,393_{-0,08}; 2\partial^{10} = 38,786_{-0,16};$$

$$[z_7^{12}]_{\max} = 0,1 + 0,08 + 0,04 + 0,08 + 0,02 = 0,32.$$

$$[z_8^{12}]_{\min} = e_{\min}^{10} - (2^5, 8^{10}) - (2^5, 8^{12}) - e_{\max}^{12};$$

$$0,1 = e_{\min}^{10} - 0,03 - 0,015 - 11;$$

$$e_{\min}^{10} = 11,145; e_{\max}^{10} = 11,145 + 0,065 = 11,21;$$

$$e^{10} = 11,21_{-0,065}; 2e^{10} = 22,42_{-0,13};$$

$$[z_8^{12}]_{\max} = 0,1 + 0,065 + 0,03 + 0,015 + 0,52 = 0,73.$$

$$[z_6^{12}]_{\min} = z_{\min}^{10} - (2^5, 6^{10}) - (2^5, 6^{12}) - z_{\max}^{12};$$

$$0,1 = z_{\min}^{10} - 0,04 - 0,013 - 20,097;$$

$$z_{\min}^{10} = 20,25; z_{\max}^{10} = 20,25 + 0,08 = 20,33;$$

$$z^{10} = 20,33_{-0,08}; 2z^{10} = 40,66_{-0,16};$$

$$[z_6^{12}]_{\max} = 0,1 + 0,08 + 0,04 + 0,013 + 0,02 = 0,253.$$

$$[z_5^{12}]_{\min} = \theta_{\min}^{10} - (2^5, 5^{10}) - (2^5, 5^{12}) - \theta_{\max}^{12};$$

$$0,1 = \theta_{\min}^{10} - 0,04 - 0,013 - 23;$$

$$\theta_{\min}^{10} = 23,153; \theta_{\max}^{10} = 23,153 + 0,08 = 23,233;$$

$$\theta^{10} = 23,233_{-0,08}; 2\theta^{10} = 46,466_{-0,16};$$

$$[z_5^{12}]_{\max} = 0,1 + 0,08 + 0,04 + 0,013 + 0,2 = 0,433.$$

$$[z_6^{10}]_{\min} = z_{\min}^{00} - (6^0, 14^0) - (2^5, 14^0) - (2^5, 6^{10}) - z_{\max}^{10};$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43

$$0,49 = z_{\min}^{00} - 0,6 - 0,08 - 0,04 - 20,33;$$

$$z_{\min}^{00} = 21,54; z_{\max}^{00} = 21,54 + 0,8 = 22,34;$$

$$z^{00} = 21,94 \pm 0,4; 2z^{00} = 43,88 \pm 0,8;$$

$$[z_6^{10}]_{\max} = 0,49 + 0,8 + 0,6 + 0,08 + 0,04 + 0,08 = 2,09.$$

$$[z_5^{10}]_{\min} = e_{\min}^{00} - (5^0, 14^0) - (2^5, 14^0) - (2^5, 5^{10}) - e_{\max}^{10};$$

$$0,49 = e_{\min}^{00} - 0,8 - 0,08 - 0,04 - 23,233;$$

$$e_{\min}^{00} = 24,643; e_{\max}^{00} = 24,643 + 0,8 = 25,443;$$

$$e^{00} = 25,043 \pm 0,4; 2e^{00} = 50,86 \pm 0,8;$$

$$[z_5^{10}]_{\max} = 0,49 + 0,8 + 0,8 + 0,08 + 0,04 + 0,08 = 2,29.$$

$$[z_8^{10}]_{\min} = e_{\min}^{00} - (8^0, 14^0) - (2^5, 14^0) - (2^5, 8^{10}) - e_{\max}^{10};$$

$$0,49 = e_{\min}^{00} - 0,5 - 0,08 - 0,03 - 11,21;$$

$$e_{\min}^{00} = 12,31; e_{\max}^{00} = 12,31 + 0,8 = 13,11;$$

$$e^{00} = 12,71 \pm 0,4; 2e^{00} = 25,42 \pm 0,8;$$

$$[z_8^{10}]_{\max} = 0,49 + 0,8 + 0,5 + 0,08 + 0,03 + 0,065 = 1965.$$

1.8 Расчет режимов резания

Определим режимы резания для чистовых переходов первого установа операции №010 Комплексная с ЧПУ.

1 Глубина резания

Из расчетов размерного анализа выбираем наибольшие глубины резания при продольном и поперечном перемещении суппорта:

$$t_{\text{прод}} = [z_9^{12}]_{\max} = 1,713 \text{ мм};$$

$$t_{\text{прод}} = [z_7^{10}]_{\max} = 5 \text{ мм};$$

$$t_{\text{прод}} = [z_8^{10}]_{\max} = 4 \text{ мм};$$

$$t_{\text{попер}} = [z_4^{10}]_{\max} = 3,07 \text{ мм};$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		44

$$t_{\text{нопер2}} = [z_{9}^{10}]_{\text{max}} = 3 \text{ мм};$$

$$t_{\text{нопер3}} = [z_{10}^{10}]_{\text{max}} = 3 \text{ мм}.$$

2 Длина рабочего хода.

$$L_{\text{р.х.}} = L_{\text{рез}} + L_{\text{подв}} + L_{\text{врез}} + L_{\text{сход}}, \quad (3)$$

где $L_{\text{рез}}$ -длина обработки;

$L_{\text{подв}}$ -величина подвода инструмента к детали;

$L_{\text{врез}}$ -величина врезания инструмента;

$L_{\text{сход}}$ -длина переработки.

а) для продольного перемещения при обработке поверхности 2:

$$L_{\text{р.х.}} = 115 + 3 + 4 + 0 = 122 \text{ мм};$$

б) для продольного перемещения при обработке поверхности 7:

$$L_{\text{р.х.}} = 94 + 3 + 4 + 0 = 101 \text{ мм};$$

в) для продольного перемещения при обработке поверхности 8:

$$L_{\text{р.х.}} = 83 + 3 + 4 + 0 = 90 \text{ мм};$$

г) для поперечного перемещения при обработке поверхности 4:

$$L_{\text{р.х.}} = 7,5 + 0 + 0 + 3 = 10,5 \text{ мм};$$

д) для поперечного перемещения при обработке поверхности 9:

$$L_{\text{р.х.}} = 1 + 0 + 0 + 3 = 4 \text{ мм};$$

е) для поперечного перемещения при обработке поверхности 10:

$$L_{\text{р.х.}} = 4 + 0 + 0 + 3 = 7 \text{ мм}.$$

3 Величина подачи.

Значение величины подачи определяется по таблице 12[2, с.365]:

$$S_{\text{пода}} = 0,4 \text{ мм/об};$$

$$S_{\text{пода2}} = 0,23 \text{ мм/об};$$

$$S_{\text{пода3}} = 0,23 \text{ мм/об};$$

$$S_{\text{нопер1}} = 0,75 \text{ мм/об};$$

$$S_{\text{нопер2}} = 0,75 \text{ мм/об};$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		45

$$S_{\text{попер2}} = 0,75 \text{ мм/об};$$

4 Скорость резания.

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y} \cdot K_v, \text{ м/мин.} \quad (4)$$

где C_v – постоянная;

T – стойкость инструмента;

K_v – поправочный коэффициент на скорость.

Среднее значение стойкости инструмента для точения резцами из твердого сплава равно 60 мин. [2, с. 363].

Постоянная C_v и показатели степени x , y и m берутся из таблицы 17 [2, с. 367].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (5)$$

где K_{mv} – коэффициент качества обрабатываемого материала;

K_{nv} – коэффициент состояния поверхности заготовки;

K_{uv} – коэффициент материала режущей части.

а) для продольного перемещения при обработке поверхности 2:

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_6} \right)^1 = \frac{750}{550} = 1,36; [2, \text{ с. 358-359}]; - \text{ одинаков для всех видов обработки};$$

$$K_{nv} = 0,85; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_{uv} = 1; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_v = 1,36 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,156.$$

$$V_{\text{прод}} = \frac{290}{60^{0,2} \cdot 1,713^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 1,156 = 187,9 \text{ м/мин.}$$

б) для продольного перемещения при обработке поверхности 7:

$$K_{mv} = 1; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_{uv} = 1; [2, \text{ с. 361}];$$

$$K_v = 1,36 \cdot 1 \cdot 1 = 1,36.$$

$$V_{\text{прод}} = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 5^{0,15} \cdot 0,23^{0,2}} \cdot 1,36 = 221,2 \text{ м/мин.}$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

в) для продольного перемещения при обработке поверхности 8:

$$K_{nv} = 1; [2, \text{с. 361}];$$

$$K_{uv} = 1,15; [2, \text{с. 361}];$$

$$K_v = 1,36 \cdot 1 \cdot 1,15 = 1,564.$$

$$V_{\text{прод}} = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,23^{0,35}} \cdot 1,564 = 327,9 \text{ м/мин}.$$

г) для поперечного перемещения при обработке поверхности 4:

$$K_{nv} = 0,85; [2, \text{с. 361}];$$

$$K_{uv} = 1; [2, \text{с. 361}];$$

$$K_v = 1,36 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,156.$$

$$V_{\text{попер}} = \frac{280}{60^{0,2} \cdot 3,07^{0,15} \cdot 0,75^{0,45}} \cdot 1,156 = 137,3 \text{ м/мин}.$$

д) для поперечного перемещения при обработке поверхности 9:

$$K_{nv} = 0,85; [2, \text{с. 361}];$$

$$K_{uv} = 1; [2, \text{с. 361}];$$

$$K_v = 1,36 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,156.$$

$$V_{\text{попер}} = \frac{280}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,75^{0,45}} \cdot 1,156 = 137,8 \text{ м/мин}.$$

е) для поперечного перемещения при обработке поверхности 10:

$$K_{nv} = 0,85; [2, \text{с. 361}];$$

$$K_{uv} = 1; [2, \text{с. 361}];$$

$$K_v = 1,36 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,156.$$

$$V_{\text{попер}} = \frac{280}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,75^{0,45}} \cdot 1,156 = 137,8 \text{ м/мин}.$$

5 Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин.} \quad (6)$$

где D-диаметр обрабатываемой детали, мм.

а) для продольного перемещения при обработке поверхности 2:

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

$$n_{\text{прод}} = \frac{1000 \cdot 187,9}{\pi \cdot 55} = 1087,5 \text{ об / мин.}$$

б) для продольного перемещения при обработке поверхности 7:

$$n_{\text{прод}} = \frac{1000 \cdot 221,2}{\pi \cdot 70} = 1005,9 \text{ об / мин.}$$

в) для продольного перемещения при обработке поверхности 8:

$$n_{\text{прод}} = \frac{1000 \cdot 327,9}{\pi \cdot 72} = 1429,8 \text{ об / мин.}$$

г) для поперечного перемещения при обработке поверхности 4:

$$n_{\text{попер}} = \frac{1000 \cdot 137,3}{\pi \cdot 55} = 794,6 \text{ об / мин.}$$

д) для поперечного перемещения при обработке поверхности 9:

$$n_{\text{попер}} = \frac{1000 \cdot 137,8}{\pi \cdot 70} = 626,6 \text{ об / мин.}$$

е) для поперечного перемещения при обработке поверхности 10:

$$n_{\text{попер}} = \frac{1000 \cdot 137,8}{\pi \cdot 72} = 609,2 \text{ об / мин.}$$

6 Сила резания.

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot s^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot k_p, \text{ Н} \quad (7)$$

Постоянная C_p и показатели степени x , y и n берутся из таблицы 22[2, с.372].

$$k_p = k_{mp} \cdot k_{fp} \cdot k_{rp} \cdot k_{lp} \cdot k_{rp}, \quad (8)$$

где k_{mp} - коэффициент, учитывающий влияние механических свойств обрабатываемого материала;

k_{fp} , k_{rp} , k_{lp} , k_{rp} - коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров резца.

а) для продольного перемещения при обработке поверхности 2:

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{550}{750} \right)^{0,75} = 0,79 [2, .362];$$

$$k_{fp} = 0,94 [2, с.374];$$

$$k_{rp} = 1,1 [2, с.374];$$

$$k_{lp} = 1 [2, с.374];$$

$$k_{rp} = 0,93 [2, \text{ с.374}].$$

$$k_p = 0,79 \cdot 0,94 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,76.$$

$$P_{z, \text{ прод }} = 300 \cdot 1,713^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 187,9^{-0,15} \cdot 0,76 = 90 \text{ Н}.$$

б) для продольного перемещения при обработке поверхности 7:

$$P_{z, \text{ прод }} = 300 \cdot 5^1 \cdot 0,23^{0,75} \cdot 221,2^{-0,15} \cdot 0,76 = 168,5 \text{ Н}.$$

в) для продольного перемещения при обработке поверхности 8:

$$P_{z, \text{ прод }} = 300 \cdot 4^1 \cdot 0,23^{0,75} \cdot 327,9^{-0,15} \cdot 0,76 = 127 \text{ Н}.$$

г) для поперечного перемещения при обработке поверхности 4:

$$P_{z, \text{ попер }} = 300 \cdot 3,07^1 \cdot 0,75^{0,75} \cdot 137,3^{-0,15} \cdot 0,76 = 269,6 \text{ Н}.$$

д) для поперечного перемещения при обработке поверхности 9:

$$P_{z, \text{ попер }} = 300 \cdot 3^1 \cdot 0,75^{0,75} \cdot 137,8^{-0,15} \cdot 0,76 = 263,3 \text{ Н}.$$

е) для поперечного перемещения при обработке поверхности 10:

$$P_{z, \text{ попер }} = 300 \cdot 3^1 \cdot 0,75^{0,75} \cdot 137,8^{-0,15} \cdot 0,76 = 263,3 \text{ Н}.$$

7 Мощность резания.

$$N = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (9)$$

а) для продольного перемещения при обработке поверхности 2:

$$N_{\text{ прод }} = \frac{90 \cdot 187,9}{1020 \cdot 60} = 0,28 \text{ кВт}.$$

б) для продольного перемещения при обработке поверхности 7:

$$N_{\text{ прод }} = \frac{168,5 \cdot 221,2}{1020 \cdot 60} = 0,61 \text{ кВт}.$$

в) для продольного перемещения при обработке поверхности 8:

$$N_{\text{ прод }} = \frac{127 \cdot 327,9}{1020 \cdot 60} = 0,68 \text{ кВт}.$$

г) для поперечного перемещения при обработке поверхности 4:

$$N_{\text{ попер }} = \frac{269,6 \cdot 137,3}{1020 \cdot 60} = 0,6 \text{ кВт}.$$

д) для поперечного перемещения при обработке поверхности 9:

$$N_{\text{ попер }} = \frac{263,3 \cdot 137,8}{1020 \cdot 60} = 0,59 \text{ кВт}.$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		49

е) для поперечного перемещения при обработке поверхности 10:

$$N_{\text{поперз}} = \frac{263,3 \cdot 137,8}{1020 \cdot 60} = 0,59 \text{ кВт}.$$

Определим режимы резания для переходасверления комплексной операции с ЧПУ №010.

1 Глубина резания

$$t = h = 11,8 / 2 = 5,9 \text{ мм};$$

2 Величина подачи

Значение величины подачи определяется по таблице 25 [2 с.381]:

$$S = 0,15 \text{ мм/об.}$$

3 Скорость резания.

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин.} \quad (10)$$

где C_v – постоянная;

T – стойкость инструмента;

K_v – поправочный коэффициент на скорость.

Среднее значение стойкости инструмента для сверления сверлами из быстрорежущей стали диаметром до 50мм равно 90мин. – таблица 30[2,с.415].

Постоянная C_v и показатели степени x , y и m берутся из таблицы 28[2,с.383].

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

где K_{mv} – коэффициент качества обрабатываемого материала;

K_{nv} – коэффициент состояния поверхности заготовки;

K_{uv} – коэффициент материала режущей части;

K_{ov} – коэффициент, учитывающий влияние вида обработки на скорость резания.

$$K_{mv} = 1,36 [2, \text{ с.358-359}];$$

$$K_{nv} = 1 [2, \text{ с.361}];$$

$$K_{uv} = 0,8 [2, \text{ с.361}];$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

$$K_{ov}=1$$

$$K_v = 1,36 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,088.$$

$$V = \frac{9,8 \cdot 16^{0,4}}{90^{0,2} \cdot 0,15^{0,5}} \cdot 1,088 = 33,9 \text{ м / мин}.$$

4 Частота вращения шпинделя.

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

где D-диаметр сверла, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 33,9}{3,14 \cdot 16} = 674,4 \text{ об / мин}.$$

5 Крутящий момент.

Определяется по формуле [2, с.385]:

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

где C_M - постоянная;

D-диаметр инструмента;

K_p - коэффициент учитывающий фактические условия обработки.

$K_p = K_{mp}$, табл.9. [2 с362].

Значения C_M и показатели степеней q,x,y-берем из табл. 32 [2 с.385].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 16^1 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,79 = 0,96 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

6 Окружная сила.

Определяется по формуле [2 с.386]

$$P_z = 10C_P \cdot S^y \cdot K_p, \quad (12)$$

где C_P -постоянная;

Значения C_P и показатели степеней x,y-берем из таблицы 32 [2 с281].

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 0,79 = 142,4 \text{ Н}.$$

7 Мощность резания.

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

$$N = \frac{0,96 \cdot 674,4}{9750} = 0,07 < 7,5 \text{ кВт}.$$

Определим режимы резания чистовых переходов 2-го установа операции №010Комплексная с ЧПУ.

1 Глубина резания

Из расчетов размерного анализа выбираем наибольшие глубины резания при обработке поверхностей 2, 7, 8, 4, 9 и 10:

$$t_{\text{прод}} = [z_2^{15}]_{\text{max}} = 0,24 \text{ мм};$$

$$t_{\text{прод2}} = [z_7^{15}]_{\text{max}} = 0,24 \text{ мм};$$

$$t_{\text{прод3}} = [z_8^{15}]_{\text{max}} = 0,24 \text{ мм};$$

$$t_{\text{попер1}} = [z_4^{15}]_{\text{max}} = 1,435 \text{ мм};$$

$$t_{\text{попер2}} = [z_9^{15}]_{\text{max}} = 1,11 \text{ мм}.$$

$$t_{\text{попер2}} = [z_{10}^{15}]_{\text{max}} = 0,82 \text{ мм}.$$

2 Длина рабочего хода

$$L_{\text{р.х.}} = L_{\text{рез}} + L_{\text{подв}} + L_{\text{врез}} + L_{\text{сход}},$$

где $L_{\text{рез}}$ -длина обработки;

$L_{\text{подв}}$ -величина подвода инструмента к детали;

$L_{\text{врез}}$ -величина врезания инструмента;

$L_{\text{сход}}$ -длина переработки.

а) для продольного перемещения при обработке поверхности 2:

$$L_{\text{р.х.}} = 115 + 3 + 4 + 0 = 122 \text{ мм};$$

б) для продольного перемещения при обработке поверхности 7:

$$L_{\text{р.х.}} = 94 + 3 + 4 + 0 = 101 \text{ мм};$$

в) для продольного перемещения при обработке поверхности 8:

$$L_{\text{р.х.}} = 83 + 3 + 4 + 0 = 90 \text{ мм};$$

г) для поперечного перемещения при обработке поверхности 4:

$$L_{\text{р.х.}} = 7,5 + 0 + 0 + 3 = 10,5 \text{ мм};$$

д) для поперечного перемещения при обработке поверхности 9:

$$L_{\text{р.х.}} = 1 + 0 + 0 + 3 = 4 \text{ мм};$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

е) для поперечного перемещения при обработке поверхности 10:

$$L_{p.x.} = 4 + 0 + 0 + 3 = 7 \text{ мм.}$$

3 Величина подачи

Значение величины подачи берём из карты 6 [3, с.46]:

Обработка поверхности 2:

а) По карте 6 [3, с.46] для обработки деталей из стали диаметром до 180мм с глубиной резания до 2 мм выбираем рекомендуемую подачу $S = 0,22$ мм/об.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{SM}=1,2$;
- схемы установки заготовки $K_{SY}=1$;
- радиуса вершины резца $K_{Sr}=1$;
- качества обрабатываемой детали $K_{SK}=0,8$;
- кинематического угла в плане: $K_{S\phi}=0,8$;

$$\text{Тогда } S = 0,22 \times 1,2 \times 1 \times 1 \times 0,8 \times 0,8 = 0,17 \text{ мм/об.}$$

б) Подача, допустимая шероховатостью обработанной поверхности. По карте 25 [3, с.87] для обработки стали резцами с многогранными пластинами с радиусом вершины 1 мм и шероховатостью Ra2,5 мм выбираем рекомендуемую подачу $S = 0,3$ мм/об.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{SM}=0,75$;
- инструментального материала $K_{SI}=1$;
- вида обработки $K_{SO}=1$;
- наличия охлаждения $K_{SЖ}=1$;

$$\text{Тогда } S = 0,3 \times 0,75 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,23 \text{ мм/об.}$$

По результатам расчетов в качестве технологической подачи (максимально допустимой по условиям обработки) принимаем наименьшую, т.е. $S = 0,17$ мм/об.

Обработка поверхности 7:

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		53

а) По карте 6 [3, с.46] для обработки деталей из стали диаметром до 180 мм с глубиной резания до 1 мм выбираем рекомендуемую подачу $S = 0,25$ мм/об.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{SM}=1,2$;
- схемы установки заготовки $K_{SY}=1$;
- радиуса вершины резца $K_{Sr}=1$;
- качества обрабатываемой детали $K_{SK}=1,15$;
- кинематического угла в плане: $K_{S\phi}=0,8$;

Тогда $S = 0,25 \times 1,2 \times 1 \times 1 \times 1,15 \times 0,8 = 0,28$ мм/об.

б) Подача, допустимая шероховатостью обработанной поверхности. По карте 25 [3, с.87] для обработки стали резцами с многогранными пластинами с радиусом вершины 1 мм и шероховатостью $Ra 10$ мм выбираем рекомендуемую подачу $S = 0,65$ мм/об.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{SM}=0,75$;
- инструментального материала $K_{SI}=1$;
- вида обработки $K_{SO}=1$;
- наличия охлаждения $K_{SЖ}=1$;

Тогда $S = 0,65 \times 0,75 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,49$ мм/об.

По результатам расчетов в качестве технологической подачи (максимально допустимой по условиям обработки) принимаем наименьшую, т.е. $S = 0,28$ мм/об.

Обработка поверхности 8:

а) По карте 6 [3, с.46] для обработки деталей из стали диаметром до 180 мм с глубиной резания до 2 мм выбираем рекомендуемую подачу $S = 0,22$ мм/об.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{SM}=1,2$;

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		54

- схемы установки заготовки $K_{Sy}=1$;
- радиуса вершины резца $K_{Sr}=1$;
- качества обрабатываемой детали $K_{Sk}=1,15$;
- кинематического угла в плане: $K_{S\varphi}=0,8$;

Тогда $S = 0,22 \times 1,2 \times 1 \times 1,15 \times 0,8 = 0,24$ мм/об.

б) Подача, допустимая шероховатостью обработанной поверхности. По карте 25 [3, с.87] для обработки стали резцами с многогранными пластинами с радиусом вершины 1 мм и шероховатостью Ra 10 мм выбираем рекомендуемую подачу $S = 0,65$ мм/об.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{Sm}=0,75$;
- инструментального материала $K_{Si}=1$;
- вида обработки $K_{So}=1$;
- наличия охлаждения $K_{Sж}=1$;

Тогда $S = 0,65 \times 0,75 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,49$ мм/об.

По результатам расчетов в качестве технологической подачи (максимально допустимой по условиям обработки) принимаем наименьшую, т.е. $S = 0,24$ мм/об.

Обработка поверхности 4:

а) По карте 6 [3, с.46] для обработки деталей из стали диаметром до 180 мм с глубиной резания до 1 мм выбираем рекомендуемую подачу $S = 0,25$ мм/об.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{Sm}=1,2$;
- схемы установки заготовки $K_{Sy}=1$;
- радиуса вершины резца $K_{Sr}=1$;
- качества обрабатываемой детали $K_{Sk}=1$;
- кинематического угла в плане: $K_{S\varphi}=0,8$;

Тогда $S = 0,25 \times 1,2 \times 1 \times 1 \times 0,8 = 0,24$ мм/об.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

б) Подача, допустимая шероховатостью обработанной поверхности. По карте 25 [3, с.87] для обработки стали резцами с многогранными пластинами с радиусом вершины 1 мм и шероховатостью Ra 5 мм выбираем рекомендуемую подачу $S = 0,45$ мм/об.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{SM}=0,75$;
- инструментального материала $K_{SI}=1$;
- вида обработки $K_{SO}=1$;
- наличия охлаждения $K_{SЖ}=1$;

Тогда $S = 0,45 \times 0,75 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,34$ мм/об.

По результатам расчетов в качестве технологической подачи (максимально допустимой по условиям обработки) принимаем наименьшую, т.е. $S = 0,24$ мм/об.

Обработка поверхности 9 и 10:

а) По карте 6 [3, с.46] для обработки деталей из стали диаметром до 180 мм с глубиной резания до 4 мм выбираем рекомендуемую подачу $S = 0,2$ мм/об.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{SM}=1,2$;
- схемы установки заготовки $K_{SY}=1$;
- радиуса вершины резца $K_{Sr}=1$;
- качества обрабатываемой детали $K_{SK}=1,15$;
- кинематического угла в плане: $K_{Sφ}=0,8$;

Тогда $S = 0,2 \times 1,2 \times 1 \times 1 \times 1,15 \times 0,8 = 0,22$ мм/об.

б) Подача, допустимая шероховатостью обработанной поверхности. По карте 25 [3, с.87] для обработки стали резцами с многогранными пластинами с радиусом вершины 1 мм и шероховатостью Ra 10 мм выбираем рекомендуемую подачу $S = 0,65$ мм/об.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		56

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- твердости обрабатываемого материала $K_{SM}=0,75$;
- инструментального материала $K_{SI}=1$;
- вида обработки $K_{SO}=1$;
- наличия охлаждения $K_{SЖ}=1$;

Тогда $S = 0,65 \times 0,75 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,49$ мм/об.

По результатам расчетов в качестве технологической подачи (максимально допустимой по условиям обработки) принимаем наименьшую, т.е. $S = 0,22$ мм/об.

4 Выбор скорости резания. Значение величины скорости резания берём из карты 22[3, с.81]:

Обработка поверхности 2:

Для обработки стали резцами с твердосплавными пластинами, глубиной резания до 1,5 мм и подачей до 0,3 мм/об выбираем рекомендуемую скорость резания $V=261$ м/мин.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- материала режущей части $K_{Vi}=0,8$
- группы обрабатываемости материала $K_{VC}=1$;
- вида обработки $K_{VO}=1$;
- жесткости станка $K_{Vj}=0,75$;
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{VM}=1,4$;
- геометрических параметров резца $K_{V\phi}=1,1$;
- периода стойкости режущей части $K_{VT}=1$;
- наличия охлаждения $K_{VЖ}=1$;

Тогда $V = 261 \times 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,75 \times 1,4 \times 1,1 \times 1 = 241,1$ мм/мин.

По установленной скорости резания определяем число оборотов:

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

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

$$n = \frac{1000 \cdot 241,1}{\pi \cdot 55} = 1395 \text{ об / мин.}$$

Обработка поверхности 7:

Для обработки стали резцами с твердосплавными пластинами, глубиной резания до 1 мм и подачей до 0,3 мм/об выбираем рекомендуемую скорость резания $V=265$ м/мин.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- материала режущей части $K_{VH}=0,8$
- группы обрабатываемости материала $K_{VC}=1$;
- вида обработки $K_{VO}=1$;
- жесткости станка $K_{Vj}=0,75$;
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{VM}=1,4$;
- геометрических параметров резца $K_{V\phi}=1,1$;
- периода стойкости режущей части $K_{VT}=1$;
- наличия охлаждения $K_{VЖ}=1$;

Тогда $V = 265 \times 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,75 \times 1,4 \times 1,1 \times 1 \times 1 = 244,9$ мм/мин.

По установленной скорости резания определяем число оборотов:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 244,9}{\pi \cdot 70} = 1114 \text{ об / мин.}$$

Обработка поверхности 8:

Для обработки стали резцами с твердосплавными пластинами, глубиной резания до 1,5 мм и подачей до 0,3 мм/об выбираем рекомендуемую скорость резания $V=261$ м/мин.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- материала режущей части $K_{VH}=0,8$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58

- группы обрабатываемости материала $K_{VC}=1$;
- вида обработки $K_{VO}=1$;
- жесткости станка $K_{Vj}=0,75$;
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{VM}=1,4$;
- геометрических параметров резца $K_{V\phi}=1,1$;
- периода стойкости режущей части $K_{VT}=1$;
- наличия охлаждения $K_{VЖ}=1$;

Тогда $V = 261 \times 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,75 \times 1,4 \times 1,1 \times 1 = 241,1$ мм/мин.

По установленной скорости резания определяем число оборотов:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 241,1}{\pi \cdot 72} = 1066 \text{ об / мин.}$$

Обработка поверхности 4:

Для обработки стали резцами с твердосплавными пластинами, глубиной резания до 0,6 мм и подачи до 0,3 мм/об выбираем рекомендуемую скорость резания $V=308$ м/мин.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- материала режущей части $K_{Vi}=0,8$
- группы обрабатываемости материала $K_{VC}=1$;
- вида обработки $K_{VO}=1$;
- жесткости станка $K_{Vj}=0,75$;
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{VM}=1,4$;
- геометрических параметров резца $K_{V\phi}=1,1$;
- периода стойкости режущей части $K_{VT}=1$;
- наличия охлаждения $K_{VЖ}=1$;

Тогда $V = 308 \times 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,75 \times 1,4 \times 1,1 \times 1 = 284,6$ мм/мин.

По установленной скорости резания определяем число оборотов:

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

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

$$n = \frac{1000 \cdot 284,6}{\pi \cdot 70} = 1294 \text{ об / мин.}$$

Обработка поверхности 9:

Для обработки стали резцами с твердосплавными пластинами, глубиной резания до 4 мм и подачей до 0,3 мм/об выбираем рекомендуемую скорость резания $V=235$ м/мин.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- материала режущей части $K_{VH}=0,8$
- группы обрабатываемости материала $K_{VC}=1$;
- вида обработки $K_{VO}=1$;
- жесткости станка $K_{Vj}=0,75$;
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{VM}=1,4$;
- геометрических параметров резца $K_{V\phi}=1,1$;
- периода стойкости режущей части $K_{VT}=1$;
- наличия охлаждения $K_{VЖ}=1$;

Тогда $V = 235 \times 0,8 \times 1 \times 0,75 \times 1,4 \times 1,1 \times 1 = 217,1$ мм/мин.

По установленной скорости резания определяем число оборотов:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 217,1}{\pi \cdot 72} = 960 \text{ об / мин.}$$

Обработка поверхности 10:

Для обработки стали резцами с твердосплавными пластинами, глубиной резания до 4 мм и подачей до 0,3 мм/об выбираем рекомендуемую скорость резания $V=235$ м/мин.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		60

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- материала режущей части $K_{Vi}=0,8$
- группы обрабатываемости материала $K_{VC}=1$;
- вида обработки $K_{VO}=1$;
- жесткости станка $K_{Vj}=0,75$;
- механических свойств обрабатываемого материала $K_{VM}=1,4$;
- геометрических параметров резца $K_{V\phi}=1,1$;
- периода стойкости режущей части $K_{VT}=1$;
- наличия охлаждения $K_{VЖ}=1$;

Тогда $V = 235 \times 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,75 \times 1,4 \times 1,1 \times 1 = 217,1$ мм/мин.

По установленной скорости резания определяем число оборотов:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 217,1}{\pi \cdot 80} = 863,8 \text{ об / мин.}$$

5 Выбор мощности резания. Значение величины мощности резания берём из карты 21[3, с.73]:

Обработка поверхности 2:

Для обработки стали с подачей до 0,2 мм/об и глубиной резания до 3 мм выбираем рекомендуемую мощность резания $N=5,1$ кВт.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- инструментального материала $K_{NI}=1$;
- твердости обрабатываемого материала $K_{NM}=0,8$;

Тогда $N = 6,3 \times 1 \times 0,8 = 4,08$ кВт.

Обработка поверхности 7:

Для обработки стали с подачей до 0,3 мм/об и глубиной резания до 3 мм выбираем рекомендуемую мощность резания $N=6,3$ кВт.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- инструментального материала $K_{НИ}=1$;
- твердости обрабатываемого материала $K_{НМ}=0,8$;

Тогда $N = 6,3 \times 1 \times 0,8 = 5,04$ кВт.

Обработка поверхности 8:

Для обработки стали с подачей до 0,25 мм/об и глубиной резания до 3 мм выбираем рекомендуемую мощность резания $N=5,7$ кВт.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- инструментального материала $K_{НИ}=1$;
- твердости обрабатываемого материала $K_{НМ}=0,8$;

Тогда $N = 5,7 \times 1 \times 0,8 = 4,56$ кВт.

Обработка поверхности 4:

Для обработки стали с подачей до 0,25 мм/об и глубиной резания до 3 мм выбираем рекомендуемую мощность резания $N=5,7$ кВт.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- инструментального материала $K_{НИ}=1$;
- твердости обрабатываемого материала $K_{НМ}=0,8$;

Тогда $N = 5,7 \times 1 \times 0,8 = 4,56$ кВт.

Обработка поверхности 9:

Для обработки стали с подачей до 0,25 мм/об и глубиной резания до 3 мм выбираем рекомендуемую мощность резания $N=5,7$ кВт.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- инструментального материала $K_{НИ}=1$;

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

- твердости обрабатываемого материала $K_{NM}=0,8$;

Тогда $N = 5,7 \times 1 \times 0,8 = 4,56$ кВт.

Обработка поверхности 10:

Для обработки стали с подачей до 0,25 мм/об и глубиной резания до 3 мм выбираем рекомендуемую мощность резания $N=5,7$ кВт.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- инструментального материала $K_{НИ}=1$;

- твердости обрабатываемого материала $K_{NM}=0,8$;

Тогда $N = 5,7 \times 1 \times 0,8 = 4,56$ кВт.

6 Выбор силы резания. Значение величины силы резания берём из карты 32 [3, с.98]:

Обработка поверхности 2:

Для обработки стали с глубиной резания до 2 мм и подачей до 0,2 мм/об выбираем рекомендуемую силу резания $P_x = 530$ Н.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{PM}=0,8$;

- главного угла в плане $K_{P\phi}=0,85$;

- главного переднего угла $K_{P\gamma}=1,2$;

- угла наклона режущей кромки $K_{P\lambda}=0,9$;

Тогда $P_x = 530 \times 0,85 \times 1,2 \times 0,9 = 486,5$ Н.

Обработка поверхности 7:

Для обработки стали с глубиной резания до 2 мм и подачей до 0,4 мм/об выбираем рекомендуемую силу резания $P_x = 630$ Н.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{PM}=0,8$;
- главного угла в плане $K_{P\phi}=0,85$;
- главного переднего угла $K_{P\gamma}=1,2$;
- угла наклона режущей кромки $K_{P\lambda}=0,9$;

Тогда $P_x = 630 \times 0,85 \times 1,2 \times 0,9 = 578,3 \text{ Н}$.

Обработка поверхности 8:

Для обработки стали с глубиной резания до 2 мм и подачей до 0,4 мм/об выбираем рекомендуемую силу резания $P_x = 630 \text{ Н}$.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{PM}=0,8$;
- главного угла в плане $K_{P\phi}=0,85$;
- главного переднего угла $K_{P\gamma}=1,2$;
- угла наклона режущей кромки $K_{P\lambda}=0,9$;

Тогда $P_x = 630 \times 0,85 \times 1,2 \times 0,9 = 578,3 \text{ Н}$.

Обработка поверхности 4:

Для обработки стали с глубиной резания до 2 мм и подачей до 0,4 мм/об выбираем рекомендуемую силу резания $P_x = 630 \text{ Н}$.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{PM}=0,8$;
- главного угла в плане $K_{P\phi}=0,85$;
- главного переднего угла $K_{P\gamma}=1,2$;
- угла наклона режущей кромки $K_{P\lambda}=0,9$;

Тогда $P_x = 630 \times 0,85 \times 1,2 \times 0,9 = 578,3 \text{ Н}$.

Обработка поверхности 9:

Для обработки стали с глубиной резания до 3 мм и подачей до 0,4 мм/об выбираем рекомендуемую силу резания $P_x = 950 \text{ Н}$.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		64

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{PM}=0,8$;
- главного угла в плане $K_{P\phi}=0,85$;
- главного переднего угла $K_{P\gamma}=1,2$;
- угла наклона режущей кромки $K_{P\lambda}=0,9$;

Тогда $P_x = 950 \times 0,85 \times 1,2 \times 0,9 = 872,1 \text{ Н}$.

Обработка поверхности 10:

Для обработки стали с глубиной резания до 3 мм и подачей до 0,4 мм/об выбираем рекомендуемую силу резания $P_x = 950 \text{ Н}$.

Поправочные коэффициенты для измененных условий работы в зависимости от:

- механических свойств обрабатываемого материала $K_{PM}=0,8$;
- главного угла в плане $K_{P\phi}=0,85$;
- главного переднего угла $K_{P\gamma}=1,2$;
- угла наклона режущей кромки $K_{P\lambda}=0,9$;

Тогда $P_x = 950 \times 0,85 \times 1,2 \times 0,9 = 872,1 \text{ Н}$.

Режимы резания для остальных операций определяются аналогично.

Режимы резания на все операции технологического процесса механической обработки вала сведены в таблицу 1.8.

1.8 Нормирование

В серийном производстве для нормирования изготовления деталей используют штучно-калькуляционное время:

$$t_{ум.-к.} = t_{ум.} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \quad (14)$$

где $t_{ум.}$ - штучное время, т.е. время собственно, необходимое на выполнение операции;

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		65

Таблица 1.8-Режимы резания

№ оп-ции (название)	Название перехода	t, мм	s, мм[об]	V, м[мин]	n, об[мин]	D, мм	N, кВт	L _{p.x.} мм
005 (фрез-но- центров-я	фрезерование торца	0,49	0,56	213,5	424,7	160	3,3	70
	сверление центр.отв-ий	4	0,15	22,05	877,3	8	0,4	28
010 (комплексная с ЧПУ)	точение пов-ти 5	1,713	0,4	187,9	1087,5	46	0,28	122
	точение пов-ти 6	5	0,23	221,2	1005,9	40	0,61	101
	точение пов-ти 7	4	0,23	327,9	1429,8	38	0,68	90
	точение пов-ти 8	1,713	0,4	187,9	1087,5	22	0,28	122
	подрезка торца 9	3,07	0,75	137,3	794,6	55	0,6	10,5
	подрезка торца 10	3	0,75	137,8	626,6	46	0,59	4
	подрезка торца 11	3	0,75	137,8	609,2	40	0,59	7
	подрезка торца 12	3	0,75	137,8	626,6	38	0,59	4
	точение пов-ти 5	0,24	0,17	241,1	1395	46	4,08	122
	точение пов-ти 6	0,24	0,28	244,9	1114	40	5,04	101
	точение пов-ти 7	0,24	0,24	241,1	1066	38	4,56	90
	точение пов-ти 8	0,24	0,28	244,9	1114	22	5,04	101
	подрезка торца 9	1,435	0,24	284,6	1294	55	4,56	10,5
	подрезка торца 10	1,11	0,22	217,1	960	46	4,56	4
	подрезка торца 11	0,82	0,4	187,9	1087,5	40	4,56	7
	подрезка торца 12	0,82	0,22	217,1	863,8	38	4,56	7
	точение канавок	1	0,11	26,85	534,1	39,5	0,85	24
	точение пов-ти 13	1,713	0,4	187,9	1087,5	63	0,28	122
	точение пов-ти 14	5	0,23	221,2	1005,9	55	0,61	101
	точение пов-ти 15	4	0,23	327,9	1429,8	45	0,68	90
	точение пов-ти 16	1,713	0,4	187,9	1087,5	55	0,28	122
	подрезка торца 17	3,07	0,75	137,3	794,6	70	0,6	10,5
	подрезка торца 18	3	0,75	137,8	626,6	63	0,59	4
	подрезка торца 19	3	0,75	137,8	609,2	55	0,59	7
	подрезка торца 20	3	0,75	137,8	626,6	55	0,59	4
	точение пов-ти 13	0,24	0,17	241,1	1395	63	4,08	122
	точение пов-ти 14	0,24	0,28	244,9	1114	55	5,04	101
	точение пов-ти 15	0,24	0,24	241,1	1066	45	4,56	90
	точение пов-ти 16	0,24	0,28	244,9	1114	55	5,04	101
	подрезка торца 17	1,435	0,24	284,6	1294	70	4,56	10,5
	подрезка торца 18	1,11	0,22	217,1	960	63	4,56	4
	подрезка торца 19	0,82	0,22	217,1	863,8	55	4,56	7
	подрезка торца 20	0,82	0,22	217,1	863,8	55	4,56	7
	точение канавок	1	0,11	26,85	534,1	51,5	0,85	24
	точение пов-ти 21	1,42	0,4	187,9	1087,5	55	4,08	122
	подрезка торца 17	1,13	0,4	187,9	1087,5	63	4,56	10,5
	точение пов-ти 21	0,24	0,17	241,1	1395	55	4,08	122
	подрезка торца 17	1,435	0,24	284,6	1294	63	4,56	10,5
	сверление	5,9	0,15	43,6	957,6	11,8	0,1	35
	зенкерование	1	0,3	48	611,5	13,8	0,1	6
развертывание	0,1	0,22	35,7	758	14	0,1	30	
сверление	3	0,15	56,5	1200	6	0,1	30	
сверление	2	0,15	56,5	1200	4	0,1	30	
нарезание резьбы	1,5	1,5	35,6	515,3	22	-	26	
015 (шлице- фрезерная)	фрезерование шлиц	-	0,2	157	500	100	-	40
	фрезерование шлиц	-	0,2	157	500	100	-	50
020 (шлифоваль- ная с ЧПУ)	шлифование пов-ти 6	0,109	0,15	187,9	1087,5	40	4,08	122
	шлифование пов-ти 7	0,118	0,15	221,2	1005,9	38	5,04	101
	шлифование пов-ти 14	0,126	0,15	327,9	1429,8	55	4,56	90
	шлифование пов-ти 21	0,103	0,15	187,9	1087,5	55	5,04	101
	шлифование пов-ти 21	0,236	0,15	137,3	794,6	63	4,56	10,5

15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ

Лист

66

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

$T_{н.з.}$ - подготовительно-заключительное время – время на наладку станка для определённой операции. При технологически сходных операциях может быть уменьшено на 30-50%;

n -количество деталей в партии, обрабатываемых при одной настройке станка.

$t_{ум.}$ Рассчитывается по формуле:

$$t_{ум.} = t_0 + t_г + t_{обс} + t_{отл},$$

где $t_г$ - вспомогательное время:

$$t_г = t_{г1} + t_{г2} + t_{г3}, \text{ МИН.} \quad (15)$$

где $t_{г1}$ - время, связанное с установкой и снятием заготовки;

$t_{г2}$ - время, связанное с переходом (включение, выключение станка, управление станком, подвод инструмента, смена инструмента);

$t_{г3}$ - время, связанное с измерением.

Для примера произведём нормирование полустыковых переходов первого установочного комплекса операции с ЧПУ.

Основное время t_0 рассчитывается для каждого перехода по формуле:

$$t_0 = \frac{L_{п.х.}}{n \cdot s}. \quad (16)$$

а) Для продольного перемещения при обработке поверхности 2:

$$t_0 = \frac{122}{1087,5 \cdot 0,4} = 0,28 \text{ мин.}$$

б) Для продольного перемещения при обработке поверхности 7:

$$t_0 = \frac{101}{1005,9 \cdot 0,23} = 0,44 \text{ мин.}$$

в) Для продольного перемещения при обработке поверхности 8:

$$t_0 = \frac{90}{1429,8 \cdot 0,23} = 0,27 \text{ мин.}$$

г) Для поперечного перемещения при обработке поверхности 4:

$$t_0 = \frac{10,5}{794,6 \cdot 0,75} = 0,02 \text{ мин.}$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		67

д) Для поперечного перемещения при обработке поверхности 9:

$$t_0 = \frac{4}{626,6 \cdot 0,75} = 0,01 \text{ мин.}$$

е) Для поперечного перемещения при обработке поверхности 10:

$$t_0 = \frac{7}{609,2 \cdot 0,75} = 0,01 \text{ мин.}$$

$$\sum t_0 = 1,03 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время t_e рассчитывается по формуле:

$$t_e = t_{e_1} + t_{e_2} + t_{e_3}, \text{ мин,} \quad (17)$$

где t_{e_1} - время, связанное с установкой и снятием заготовки;

t_{e_2} - время, связанное с переходом (включение, выключение станка, управление станком, подвод инструмента, смена инструмента);

t_{e_3} - время, связанное с измерением.

$$t_{e_1} = 0,2 \text{ [4, карта 2];}$$

$$t_{e_2} = 0,4 \text{ [4, карта 18];}$$

$$t_{e_3} = 0,6 \text{ [4, карта 86];}$$

$$t_e = 0,2 + 0,4 + 0,6 = 1,2 \text{ мин.}$$

$$t_{опер.} = t_0 + t_{e_3}, \text{ мин.} \quad (18)$$

где $t_{опер.}$ - оперативное время.

$$t_{опер.} = 1,03 + 1,2 = 2,23 \text{ мин.}$$

$t_{обс}$ - время, связанное с обслуживанием (уборка стружки и т.д.):

$$t_{обс} = 0,123 \cdot 2,23 = 0,27 \text{ мин. [4, карта 19].}$$

$t_{отл}$ - время на отдых и личные надобности:

$$t_{отл} = 0,04 \cdot 2,23 = 0,09 \text{ мин. [4, карта 87].}$$

$t_{шт}$ - штучное время:

$$t_{шт} = t_{опер.} + t_{обс} + t_{отл}, \text{ мин.} \quad (19)$$

$$t_{шт} = 2,23 + 0,27 + 0,09 = 2,59 \text{ мин.}$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		68

$T_{н.з}$ - подготовительно-заключительное время, т.е. время на подготовку и наладку оборудования (время в условиях серийного производства):

$T_{н.з} = 14 \text{ мин.}$ [4, карта 19].

Нормирование остальных операций производится аналогично.

Времена по всем операциям приведены в таблице 1.9.

Таблица 1.9-Нормирование операций обработки

№	Название операции[перехода	t_0 , мин.	$t_в$, мин.	$t_{опер.}$, мин.	$t_{обс.}$, мин.	$t_{омл.}$, мин.	$t_{ум.}$, мин.	$T_{н.з.}$, мин.
005	Фрезерно-центровальная	1,2	0,7	1,9	0,23	0,08	2,21	11
010	Токарная (получист.)	1,03	1,2	2,23	0,27	0,09	2,59	14
	Токарная(чист.)	1,65	1,2	2,85	0,35	0,11	3,31	14
	Токарная (получист.)	0,35	0,8	1,15	0,14	0,05	1,34	14
	Токарная (чист.)	0,73	0,9	1,63	0,2	0,07	1,9	14
	Сверление	0,85	1,5	2,35	0,29	0,09	2,73	11
	Резьбонарезание	0,4	0,9	1,3	0,16	0,05	1,51	16
015	Шлицефрезерная	2,1	1,3	3,4	0,42	0,15	3,97	21
020	Шлифовальная с ЧПУ	2,85	1,6	4,45	0,55	0,18	5,18	18
	Итого:	12,24	11,8	24,04	2,95	0,91	27,98	-

2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Расчет и проектирование станочного приспособления для фрезерно-центральной операции

Из условия точности обработки и предохранения базовых поверхностей от возможных вмятин от опор, износа установочных элементов сила $P_{сдв}$ должна восприниматься силами трения, т.е. опоры не должны воспринимать нагрузку.

Так как при фрезеровании торцов возникающие при этом силы резания будут действовать в направлении закрепления заготовки (прижимать к опорам), то для расчета усилия закрепления возьмем процесс сверления центровых отверстий.

Влияние сдвигающей силы и момента сверла показано на рисунке 2.1:

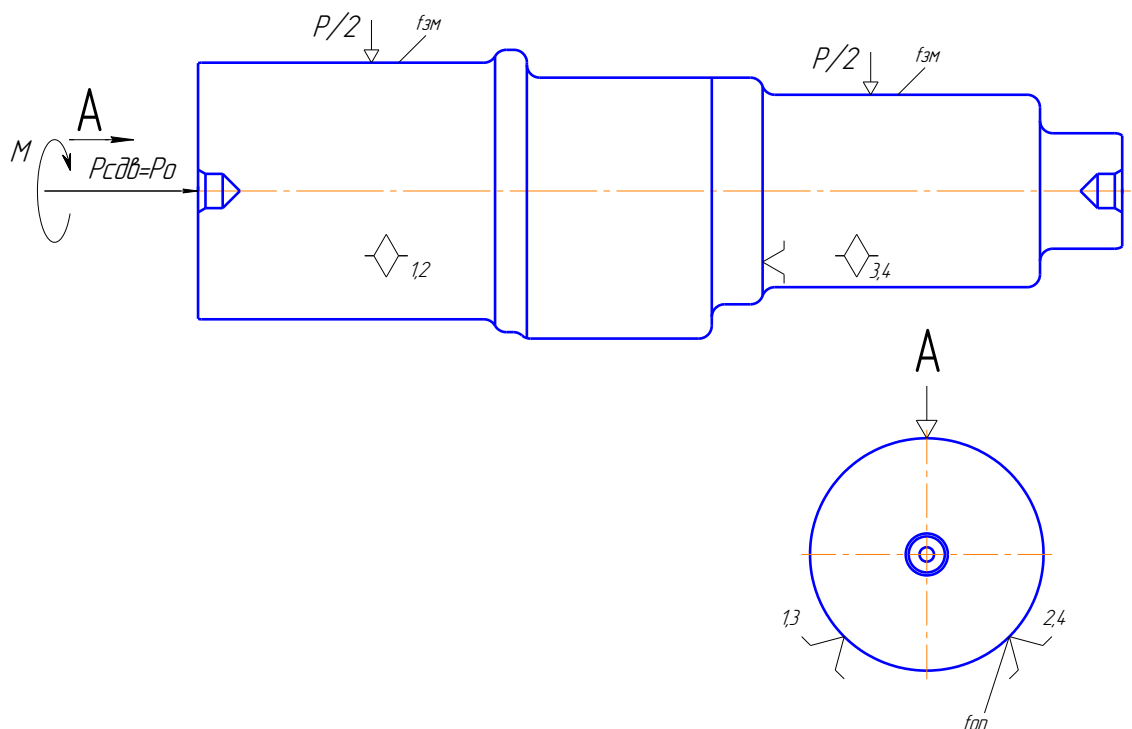


Рисунок 2.1 - Расчетная схема для определения сил закрепления

При данной схеме обработки детали возникают сдвигающая сила $P_{сдв}$ (осевая сила резания при сверлении) и сдвигающий момент при сверлении $M_{сдв}$.

Из расчетной схемы следует, что необходимая сила закрепления для сопротивления сдвигающей силе равна [4, с.378]:

$$P = \frac{k \cdot R}{f_{on} + f_{3M}}, \quad (36)$$

где K – коэффициент, учитывающий конкретные условия выполнения технологической операции;

R – сдвигающая сила (P_0);

$f_{оп}$ – коэффициент трения между деталью и опорой приспособления; $f=0,16$;

$f_{зм}$ – коэффициент трения между деталью и зажимным элементом приспособления; $f=0,16$.

Сила закрепления для сопротивления сдвигающего момента равна [4, с.378]:

$$P = \frac{k \cdot M}{f_{оп} \cdot \frac{D}{2} + f_{зм} \cdot \frac{D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}}, \quad (37)$$

где K – коэффициент, учитывающий конкретные условия выполнения технологической операции;

M – сдвигающий момент при сверлении;

$f_{оп}$ – коэффициент трения между деталью и опорой приспособления; $f=0,16$;

$f_{зм}$ – коэффициент трения между деталью и зажимным элементом приспособления; $f=0,16$;

D – диаметр детали.

Значение K определяется по формуле 20 как произведение нескольких частных коэффициентов [4, с. 383]:

$$K=K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (38)$$

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – учитывает состояние технологической базы; $K_1=1,2$;

K_2 – учитывает увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента; $K_2=1,3$

K_3 – учитывает наличие ударной нагрузки; $K_3=1,2$

K_4 – учитывает стабильность силового привода; $K_4=1$

K_5 – характеризует зажимные механизмы с ручным приводом; $K_5=1$;

K_6 – учитывает наличие моментов, стремящихся повернуть обрабатываемую заготовку вокруг её оси; $K_6=1,5$.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		71

$$K=1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5=4,212.$$

Тогда сила закрепления по формуле 36 равна:

$$P = \frac{4,212 \cdot 424}{0,16 + 0,16} = 18743H.$$

Сила закрепления по формуле 37 равна:

$$P = \frac{4,212 \cdot 9600}{0,16 \cdot \frac{194}{2} + 0,16 \cdot \frac{194}{2 \sin \frac{90}{2}}} = 1079H.$$

Для дальнейшего расчета принимаем максимальную из сил:

$$P = 18743H.$$

Расчет привода

В качестве привода в данном приспособлении будет использоваться пневмоцилиндр.

Усилие на двух штоках цилиндров определяется, исходя из соотношения плеч рычага передаточного механизма по формуле:

$$P_{ум} = \frac{P_3 \cdot l_2}{l_1}, \quad (39)$$

$$P_{ум} = \frac{18743 \cdot 62}{55} = 20446H.$$

Так как пуск воздуха производится в штоковую полость, то диаметр цилиндра можно найти по формуле 40:

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{P_{ум}}{2 \cdot 0,75 \cdot \pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (40)$$

где p - давление воздуха ($p=0,49$ МПа);

η -КПД ($\eta=0,9$).

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{20446}{2 \cdot 0,75 \cdot 3,14 \cdot 0,49 \cdot 0,9}} = 99мм.$$

Диаметр цилиндра принимается из стандартного ряда. Принимаем ближайший диаметр пневмоцилиндра $D_{ц}=100$ мм.

Действительное усилие на штоке, исходя из формулы (40):

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		72

$$P_{ум} = 2 \cdot 0,75 \cdot 3,14 \cdot 0,49 \cdot 0,9 \cdot 100^2 = 23125H.$$

Действительное усилие закрепления, исходя из формулы 39:

$$P_3 = \frac{P_{ум} \cdot l_1}{l_2};$$

$$P_3 = \frac{23125 \cdot 55}{62} = 20514H.$$

2.2 Расчет контрольного приспособления для проверки радиального биения шеек вала

Спроектированное контрольное приспособление контролирует радиальное биение двух цилиндрических поверхностей – шеек вала дополнительного отбора мощности относительно базы согласно чертежа (по чертежу - не более 0,02 мм для обеих поверхностей при установке детали на базу Д (в центрах)).

Погрешность измерения складывается из погрешности установки и погрешности измерительного устройства.

а) Погрешность установки - связана с зазором в подшипниках скольжения.

При посадке $\frac{H6}{h5}$ максимальный зазор равен:

$$\Delta_{уст} = 0,013 + 0,009 = 0,022.$$

б) Погрешность измерительного устройства:

Выбираем в качестве измерительного устройства индикатор часового типа 2 МИГ-1 с ценой деления 0,001 мм и пределами измерения 0...2 мм.

По точности исполнения этот индикатор относится к первому классу точности, т.е. погрешность при повороте стрелки на 1 оборот=0,001 мм.

$$\Delta_{индик.} = 0,001мм.$$

Погрешность измерения:

$$\Delta_{измер.} = \Delta_{уст} + \Delta_{индик.} = 0,022 + 0,001 = 0,023 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{измер.} \leq T \quad (41)$$

где T-поле допуска на проверяемую величину, мм.

Для биения 0,02:

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73

$0,023 \leq 0,02$ – условие не выполняется. В данном случае наиболее целесообразным способом удовлетворения условия является увеличение допуска на биение до 0,023 мм.

Тогда:

$0,023 \leq 0,023$ – условие выполняется.

2.3 Проектирование червячной фрезы

Спроектировать червячную фрезу для нарезания эвольвентных шлиц с модулем $m=2,5$ мм, с правым направлением захода фрезы, степенью точности и видом сопряжения 8С.

Червячная фреза как инструмент получается из червяка путем прорезания канавок, образующих переднюю поверхность зубьев и пространство для размещения стружки и затылования зубьев для создания задних углов по всему контуру.

Червячные фрезы для цилиндрических колес согласно ГОСТ 9324-80Е изготавливают трех типов и четырех классов точности 1 — фрезы цельные прецизионные класса точности АА модулей $m=1-10$ мм; тип 2 — фрезы цельные общего назначения классов точности А, В, С и D с $m=1-12$ мм; тип III — фрезы сборные общего назначения классов точности А, В, С и D с $m=8-25$ мм. Для обработки шлиц спроектирована червячная фреза цельной конструкции с эвольвентным профилем, класса точности А.

Исходные данные:

- материал заготовки – сталь 18ХГТ, НВ 170...241;
- модуль нормальный: $m=2,5$;
- число зубьев: $z=20$;
- угол профиля исходного контура: $\alpha=30^\circ$;
- диаметр делительной окружности: $d_i = 50$ мм;
- оборудование: зубофрезерный Gleason Genesis GP300.

1 Расчетны профильный угол исходной рейки в нормальном сечении

$\alpha_u = \alpha_d = 30^\circ$.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		74

2 Модуль по нормали

$$m_u = m = 2,5.$$

3 Шаг по нормали

$$t_u = \pi \cdot m_u \quad (42)$$

$$t_u = 3.14 \cdot 2,5 = 7,85$$

4 Расчетная толщина зуба по нормали

$$S_u = t_u - S_{\sigma 1} \quad (43)$$

$$S_u = 7,85 - 5,37 = 2,48 \text{ мм}$$

5 Расчетная высота головки зуба фрезы

$$h'_u = \frac{d_{\sigma 1} - d_{i1}}{2} \quad (44)$$

$$h'_u = \frac{55 - 50}{2} = 2,5 \text{ мм}$$

6 Высота зуба фрезы

$$h_u = h + 0.3m \quad (45)$$

$$h_u = 5 + 0.3 \cdot 2,5 = 5,75 \text{ мм}$$

7 Радиус закругления на головке и ножке зуба

$$r_1 = r_2 = (0.25 \div 0.3)m \quad (46)$$

$$r_1 = r_2 = 0.25 \cdot 2,5 = 0,625$$

Определение конструктивных размеров фрезы:

8 Наружный диаметр фрезы D_{eu} Выбираем по ГОСТ 9324-80 [с.5 таблица 115] для фрез с модулем 2,5мм:

$$D_{eu} = 90 \text{ мм};$$

$$d_o = 32 \text{ мм};$$

$$L = 90 \text{ мм};$$

$$Z_o = 10 \text{ мм}.$$

9 Диаметр окружности и впадин между зубьями фрезы в целях достаточной прочности должен быть не менее

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		75

$$d_{en} = 1,75d_o \quad (47)$$

$$d_{en} = 1,75 \cdot 32 = 56 \text{ мм}$$

10 Число зубьев фрезы

$$z_u = 1,3 \frac{360^\circ}{\varphi}, \quad (48)$$

где

$$\cos \varphi = \frac{D_{eu} - 2h_u}{D_{eu}} \quad (49)$$

$$\cos \varphi = \frac{90 - 2 \cdot 5,75}{90} = 0,872$$

Откуда: $\varphi = 29,3^\circ$

$$z_u = 1,3 \frac{360^\circ}{29,3} = 16$$

Полная высота зуба фрезы или глубина стружечной канавки у фрез со шлифованным профилем зубьев определяется по формуле:

$$H_k = h_u + K_1 + r_0$$

где h_u – высота зуба фрезы, мм

K_1 – величина затылования, получения при обработке резцом до ТО, мм

r_0 – радиус закругления дна стружечной канавки, обычно $r=1 \dots 3$ мм.

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{Z_0} \operatorname{tg} \alpha \quad (50)$$

Т.к. фреза чистовая, она будет иметь нешлифованный профиль.

Задний угол при вершине зуба обычно $\alpha_B = 9 \div 15$, принимаем $\alpha_B = 10^\circ$

Задний угол на боковых сторонах зубьев в нормальном сечении будет значительно меньшим $\alpha_B = 3^\circ$.

Передний угол у чистовых фрез при некорректированном профиле их зубьев принимается $\gamma = 0$.

$$K = \frac{3,14 \cdot 90}{20} \operatorname{tg} 10 = 2,49 \text{ мм.} \quad (51)$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		76

$$K_1 = (1,2 \div 1,5)K$$

$$K_1 = 1,3 \cdot 2,49 = 3,237 \text{ мм}$$

$$H_k = 5,75 + 3,237 + 1 = 9,987 \text{ мм}$$

11 Падение затылка:

$$K = 4 [7 \text{ стр}80].$$

12 Диаметр начального цилиндра фрезы в исходном (расчетном) сечении:

$$d_{\partial u} = D_{eu} - 2h'_u - 0,1K \quad (52)$$

$$d_{\partial u} = 90 - 2 \cdot 2,5 - 0,1 \cdot 4 = 84,6$$

13 Угол подъема витков фрезы на начальной окружности:

$$\sin \omega = \frac{m_u \cdot a}{d_{\partial u}} \quad (53)$$

где: a – число заходов фрезы, принимаем, $a=1$ [7 стр80]:

$$\sin \omega = \frac{2,5 \cdot 1}{84,6} = 0,0296$$

Откуда: $\omega = 1,69^\circ$.

14 Шаг по оси между двумя витками:

$$t_{oc} = \frac{t_u}{\cos \omega} \quad (54)$$

$$t_{oc} = \frac{7,85}{0,99} = 7,92$$

15 Ход витков по оси фрезы:

$$tx = t_{oc} \cdot a \quad (55)$$

$$tx = 7,92 \cdot 1 = 7,92$$

16 Направление витков фрезы: правое.

17 Направление винтовых стружечных канавок: принимаются в зависимости от значения ω . если $\omega < 4$ канавки могут выполняться с осевыми и винтовыми канавками, при $\omega \geq 4$ только винтовые с направлением противоположным направлению витков фрезы. Т.к $\omega = 1,69^\circ$ канавки принимаем винтовые.

18 Толщина зуба исходной рейки:

$$S_{oc} = \frac{t_u}{2 \cdot \cos \omega} \quad (56)$$

$$S_{oc} = \frac{7,85}{2 \cdot \cos 1,69} = 3,92 \text{ мм}.$$

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		77

19 Осевой шаг винтовой стружечной канавки:

$$T = t_{oc} \cdot ctg^2 \omega \quad (57)$$

$$T = 7,92 \cdot 1148 = 9097 \text{ мм}$$

20 Угловой шаг между зубьями (канавками) фрезы:

$$\theta = \frac{2\pi}{z_u} = \frac{360}{16} = 22,5^\circ \quad (58)$$

21 Диаметр выточки в отверстии фрезы:

$$d_{\text{выт}} = 1,05 \cdot d_0 \quad (59)$$

$$d_{\text{выт}} = 1,05 \cdot 32 = 33,6 \text{ мм}$$

22 Диаметр буртиков фрезы:

$$d_1 = D_{eu} - 2H_k - (1 \div 2) \quad (60)$$

$$d_1 = 90 - 2 \cdot 9,987 - 1,5 = 68,526 \text{ мм}$$

23 Длина буртиков: $l = 5 \text{ мм}$.

24 Угол установки оси фрезы на станке по отношению к торцу колеса:

$$\psi = \beta \mp \gamma_{m0}, \quad (61)$$

где β – угол наклона зуба колеса.

Знак «+» берется при разноименных направлениях витков фрезы и зубьев колеса, знак «-» при одноименных.

25 Общая длина фрезы должна обеспечить полное профилирование зубьев нарезаемого колеса и резание без перегрузки крайних зубьев фрезы

$$L^* = L_1 + 2l, \quad (62)$$

где L_1 - рабочая длина фрезы, мм;

l - длина буртика, мм.

$$L_1 = 2\sqrt{r_a^2 - r_f^2} + (1...4) \cdot t_{oc}, \quad (63)$$

где r_a, r_f – радиусы вершин и впадин зубьев нарезаемого колеса, мм.

$$r_a = \frac{D_a}{2}, D_a = D + 2 \cdot m,$$

$$r_f = \frac{D_f}{2}, D_f = D - 2,5 \cdot m, \quad (64)$$

$$D = \frac{m \cdot z}{\cos \beta},$$

где D_a , D_f – диаметры вершин и впадин зубьев нарезаемого колеса, мм;

D – делительный диаметр нарезаемого колеса, мм;

m – модуль нарезаемого колеса, мм;

z – число зубьев нарезаемого колеса.

$$D = \frac{2,5 \cdot 20}{\cos 0^\circ} = 50 \text{ мм}$$

$$D_a = 50 + 2 \cdot 2,5 = 55 \text{ мм}$$

$$r_a = 27,5 \text{ мм}$$

$$D_f = 50 - 2,5 \cdot 2,5 = 43,75 \text{ мм}$$

$$r_f = 21,88 \text{ мм}$$

$$L_1 = 2\sqrt{27,5^2 - 21,88^2} + 3 \cdot 7,92 = 94 \text{ мм}$$

$$L^* = 94 + 2 \cdot 5 = 104 \text{ мм}$$

Принимаем $L^* = 100$ мм.

Проектируемая червячная зуборезная фреза изготавливается из быстрорежущей стали Р6М5. Эта сталь является более дешевым заменителем стали Р18 и, так же как и сталь Р18, предназначена для всех видов режущего инструмента при обработке углеродистых, легированных, конструкционных сталей (предпочтительно для изготовления резьбонарезного инструмента, а так же инструмента работающего с ударными нагрузками) [10]. По сравнению со сталью Р6М5Ф3 быстрорежущая сталь Р6М5 имеет немного меньшие механические свойства, однако сталь Р6М5 не склонна к перегреву и обезуглероживанию, Р9М4К8 имеет более высокие механические свойства, чем Р6М5, однако она применяется для обработки высокопрочных и жаростойких сталей и имеет более высокую стоимость. После закалки и отпуска сталь Р6М5 имеет твердость 63...65 HRC, что позволяет обрабатывать зубчатые колеса, изготовленные из сталей 40Х, 12ХНЗА, 18ХГТ, 20ХНЗА.

2.4 Расчет и проектирование схвата промышленного робота

Для данной детали (вал дополнительного отбора мощности) должен быть спроектирован схват для деталей типа «вал».

Схват должен обеспечивать точное положение оси симметрии детали.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		79

В таких схватах должно обеспечиваться одновременное перемещение всех губок в направлении плоскости симметрии, поэтому выбираем центрирующий схват.

Так как проектируется схват для массового производства, для конкретной детали и для конкретной операции, то можно выбрать узкодиапазонный схват.

Масса заготовки составляет 3,86кг, поэтому привод используем пневматический, использующий цеховой сетевой сжатый воздух давлением 0,49МПа.

Захватное устройство предназначено для взятия детали из автоматизированного накопителя, последовательного закрепления и снятия детали после обработки на станках, снятия детали после обработки и складирования в другой накопитель.

Выбираем схват со следующей схемой рычажного механизма:

$$G - 2 \cdot F_{тр} = 0 \quad (65)$$

где $F_{тр}$ – сила трения детали об губки схвата;

Q – необходимая сила зажима;

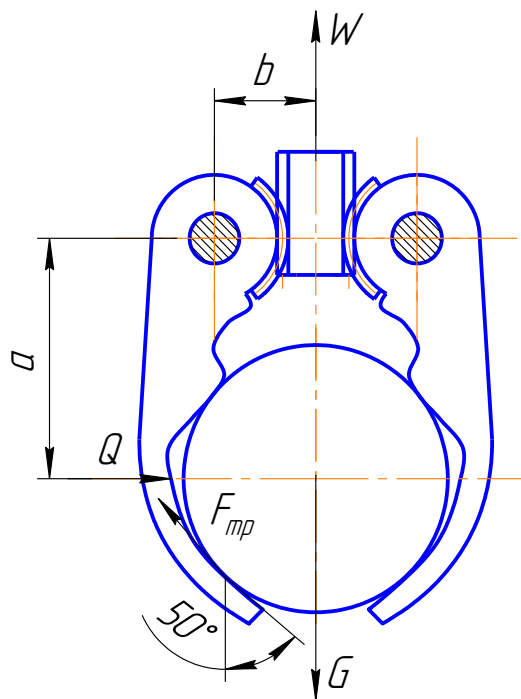


Рисунок 2.3 - Расчетная схема рычажного механизма схвата

G – вес детали;

$$G - 2 \cdot Q \cdot f \cdot \sin 50^\circ = 0$$

$$Q = \frac{G \cdot k}{2 \cdot f \cdot \sin 50^\circ}, \quad (66)$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ

Лист

80

где k – общий коэффициент зажима:

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (67)$$

где k_1 - коэффициент безопасности, $k_1 = 1,7$;

k_2 - коэффициент, зависящий от максимального ускорения, с которым робот перемещает закрепленную в захвате заготовку, $k_2 = 1,4$;

k_3 - коэффициент передачи, зависящий от конструкции захвата и расположения в нем заготовки, $k_3 = 1,8$ (см. [5], с. 506).

f - коэффициент трения, $f = 0,4$ (см. [5], с. 85);

$$Q = \frac{3,86 \cdot 9,81 \cdot 1,7 \cdot 1,4 \cdot 1,8}{2 \cdot 0,4 \cdot \sin 50^\circ} = 264,7 \text{ Н}.$$

Определим усилие на штоке захватного устройства W (см. рисунок 2.3).

Усилие на штоке цилиндра определяется, исходя из соотношения плеч рычага передаточного механизма (рисунок 2.3):

$$W = \frac{Q \cdot a}{b}, \quad (68)$$

где a и b – плечи передаточного механизма; $a=90\text{мм}$; $b=45\text{мм}$ (определено конструктивно). Тогда:

$$W = \frac{264,7 \cdot 90}{45} = 132,4 \text{ Н}.$$

Так как пуск воздуха производится в штоковую полость, то диаметр цилиндра можно найти по формуле:

$$W = \frac{\pi \cdot D_{ц}^2}{4} \cdot p \cdot \eta; \quad (69)$$

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (70)$$

где p - давление воздуха на поршень, $p = 0,49 \text{ МПа}$;

η - КПД пневмоцилиндра, $\eta = 0,9$;

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot 132,4}{\pi \cdot 0,49 \cdot 0,9}} = 19,5 \text{ мм}.$$

Принимаем $D_{ц}$ из стандартного ряда. $D_{ц} = 40 \text{ мм}$.

Диаметр штока принимается из соотношения:

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		81

$$d_{um} = 0,3D_y ; \quad (71)$$

$$d_{um} = 0,3 \cdot 40 = 12 \text{ мм.}$$

Действительная сила на штоке пневмоцилиндра, исходя из формулы 34, равна:

$$W = \frac{D_y^2 \cdot \pi \cdot p \cdot \eta}{4} = \frac{40^2 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}{4} = 453H .$$

Определение усилий в элементах схвата и его конструктивных параметров.

Усилие, действующее на оси схвата находим из суммы проекций сил на оси X и Y:

$$\Sigma F_x = Q - F_{Ax} = 0;$$

$$\Sigma F_y = W - G - F_{Ay} = 0, \quad (72)$$

откуда:

$$F_{Ax} = Q;$$

$$F_{Ay} = W - G.$$

$$F_{Ax} = 264,7;$$

$$F_{Ay} = 453 - 3,86 \cdot 9,81 = 414,3.$$

Суммарная нагрузка в шарнире:

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2}, \quad (73)$$

$$F_A = \sqrt{264,7^2 + 414,3^2} = 491,6H.$$

Диаметр осей выбираем из расчета на срез:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_A}{\pi \cdot [\tau_{cp}]}} , \quad (74)$$

где $[\tau_{cp}]$ - допустимое напряжение среза для стали 45 $[\tau_{cp}] = 120 \text{ МПа}$;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 491,6}{3,14 \cdot 120}} = 18 \text{ мм.}$$

Конструктивно принимаем $d = 30 \text{ мм}$.

Проверяем шарниры на смятие, принимая допускаемое напряжение на смятие для стали 45 $[\sigma_{cm}] = 80 \text{ МПа}$:

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		82

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot F_A}{\pi \cdot d_{ш} \cdot b}, \quad (75)$$

где $b=15$ мм – принятая ширина оси;

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot 491,6}{3,14 \cdot 30 \cdot 15} = 12,9 \text{ МПа} \ll 80 \text{ МПа}.$$

Конструкция и расчет губок схвата.

Губки схвата контактируют с деталью и от их конструкции во многом зависит точность и надежность работы схвата. При конструировании следует учитывать, что на губки действуют значительные нормальные усилия и силы инерции, которые сдвигают губки со своего места. С другой стороны, губки должны обеспечить наибольшую силу трения. Что позволит уменьшить размеры элементов схвата. Поэтому в конструкции крепления губок необходимо предусмотреть их жесткую фиксацию, выполнение рабочей поверхности губок с высокой твердостью и возможностью их быстрой и легкой замены.

Размеры губок определяют исходя из расчета на контактную прочность:

$$\sigma = 0,418 \sqrt{\frac{2 \cdot Q \cdot E_{np}}{l \cdot d}}, \quad (76)$$

где $E_{np} = \frac{2 \cdot E_r \cdot E_d}{E_r + E_d}$ - приведенный модуль упругости материала губок схвата и

материала детали; $E_r=2,15 \cdot 10^5$ МПа (сталь 40Х), $E_d=2,12 \cdot 10^5$ МПа (сталь 35Г);

$$E_{np} = \frac{2 \cdot 2,15 \cdot 10^5}{2,15 \cdot 10^5 + 2,12 \cdot 10^5} = 2,13 \cdot 10^5 \text{ МПа};$$

d – диаметр детали;

l – ширина губок схвата.

$\sigma = 650 \text{ МПа}$ (сталь 40Х).

Ширина губок схвата:

$$l = \frac{2 \cdot 0,418^2 \cdot Q \cdot E_{np}}{d \cdot \sigma^2}; \quad (77)$$

$$l = \frac{2 \cdot 0,418^2 \cdot 264,7 \cdot 2,13 \cdot 10^5}{172 \cdot 650^2} = 7,9 \text{ мм}.$$

Конструктивно принимаем две губки с $l=15$ мм.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		83

3 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

3.1 Симуляция механической обработки на станке с ЧП

Симуляция механической обработки детали вал ДОМ автомобиля «УРАЛ» выполняется в программе FeatureCAM.

010 Операция, точение детали по управляющей программе, токарная обработка детали вал ДОМ.

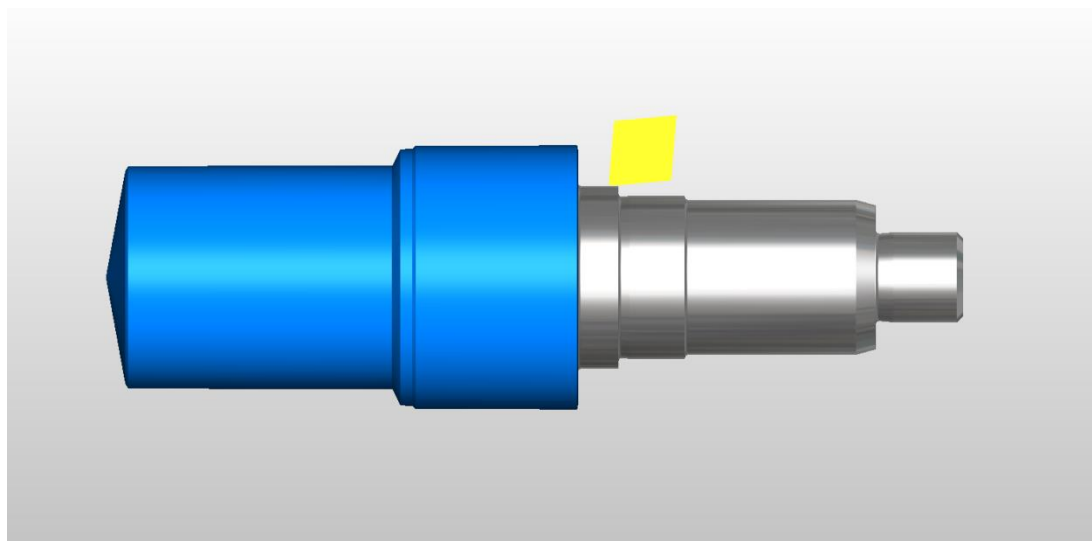


Рисунок 3.1.1

015 Операция, точение детали по управляющей программе, токарная обработка детали вал ДОМ.

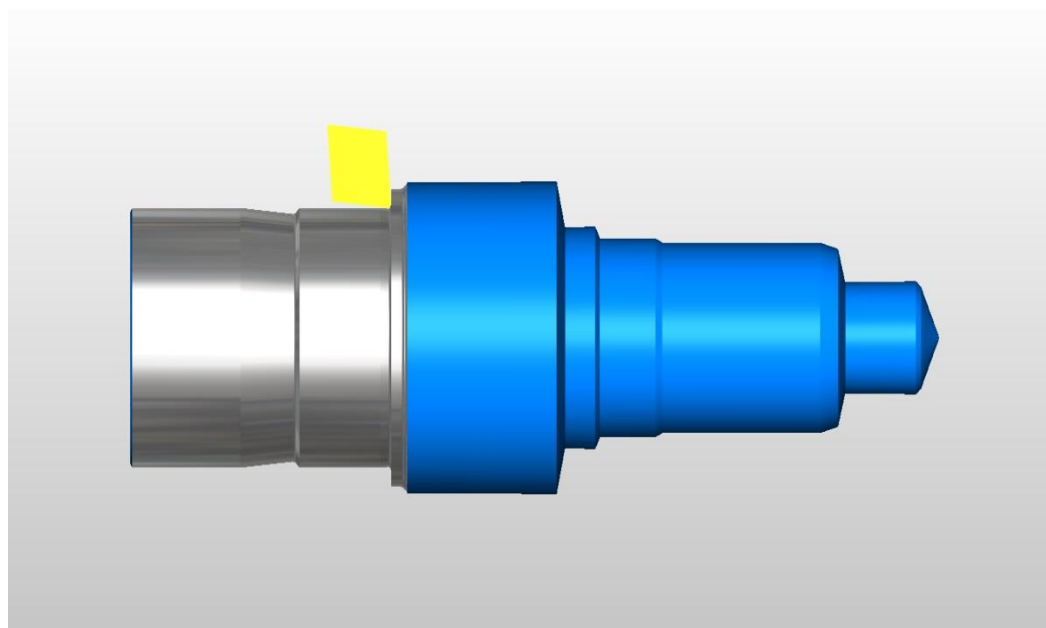


Рисунок 3.1.2

015 Комплексная операция фрезеровать эксцентричную поверхность, фрезерная обработка детали вал ДОМ.

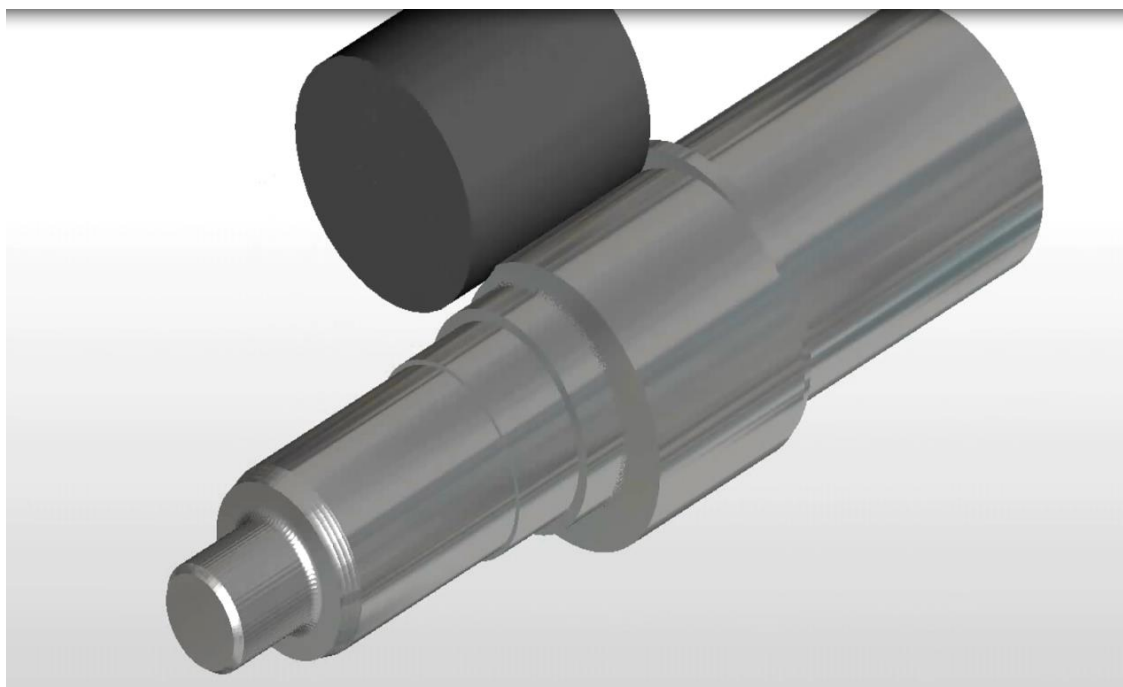


Рисунок 3.1.3

015 Комплексная операция сверлить отверстие $\varnothing 11,8$, сверлильная обработка детали вал ДОМ.

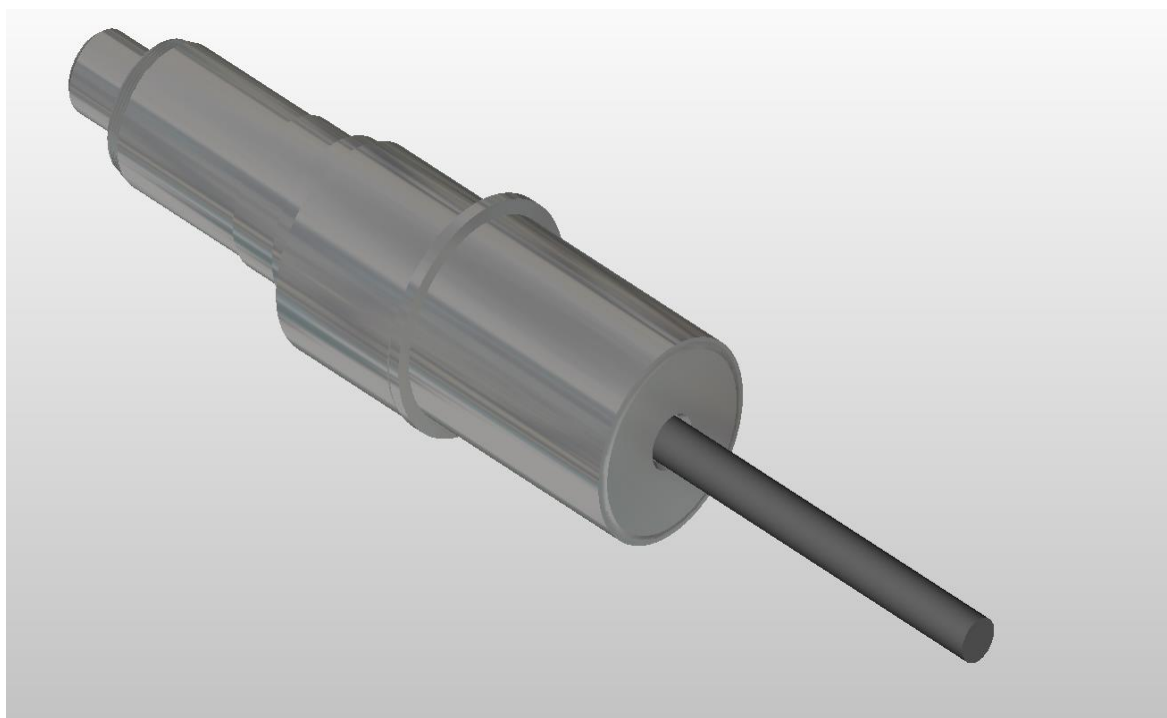


Рисунок 3.1.4

015 Комплексная операция сверлить отверстие $\varnothing 6$, сверлильная обработка детали вал ДОМ.

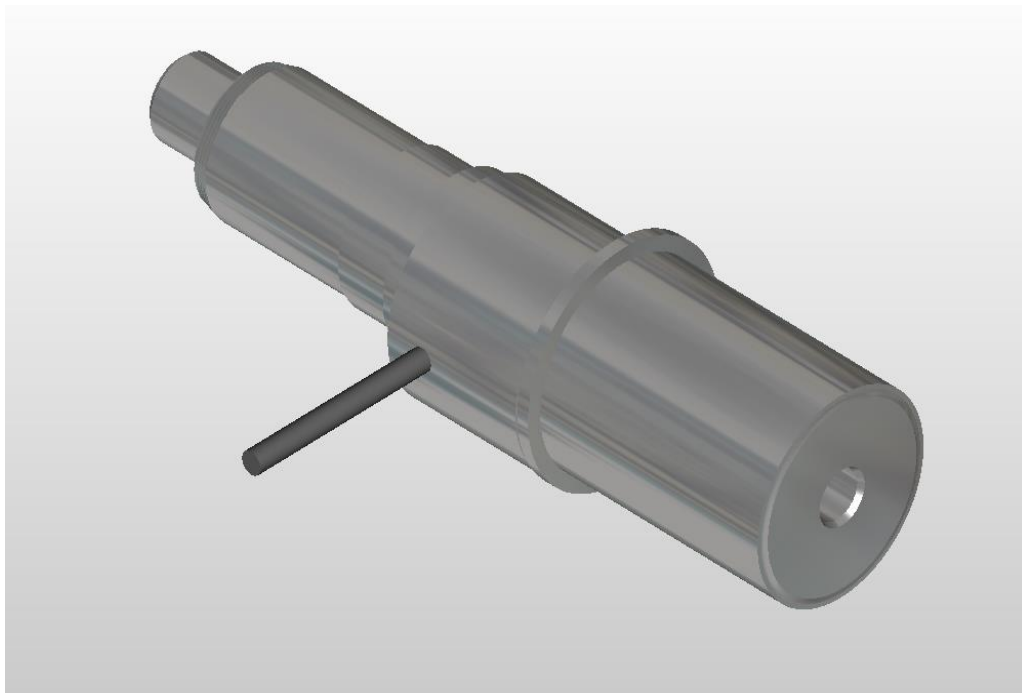


Рисунок 3.1.5

015 Комплексная операция сверлить отверстие $\varnothing 4$, сверлильная обработка детали вал ДОМ.

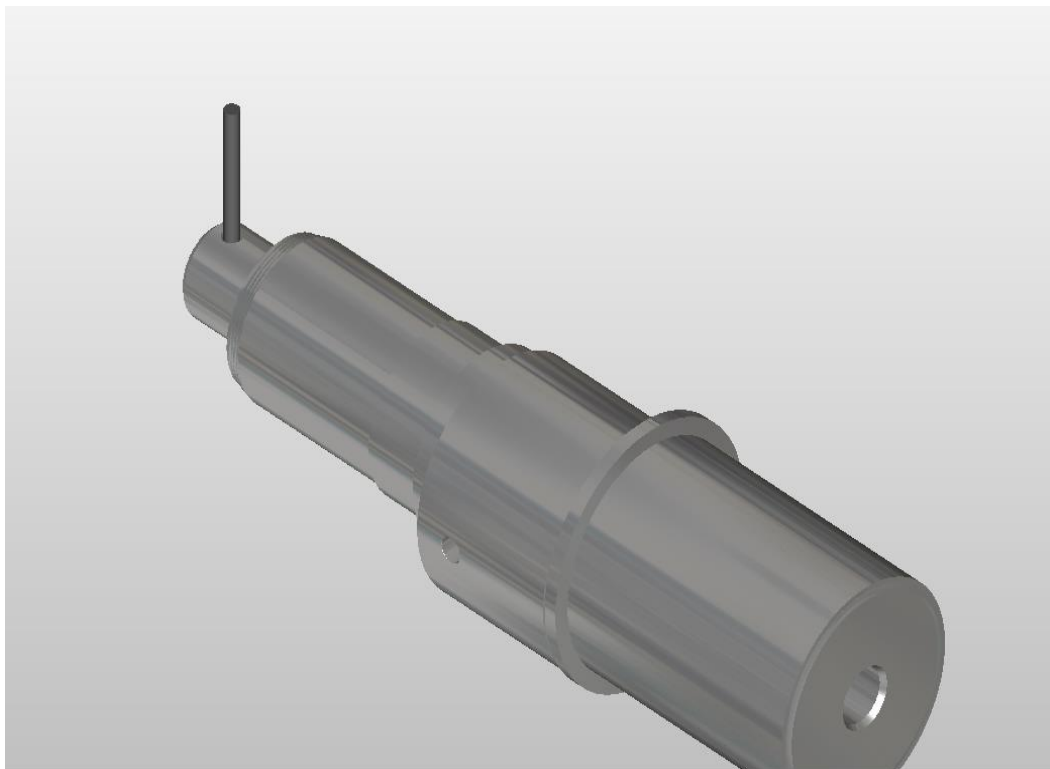


Рисунок 3.1.6

3.2 Построение 3Dмодели станочного приспособления

3Dмодель станочного приспособления на 015 комплексную операцию была разработана в программе Kompas-3D.

Этапы сборки станочного приспособления состоят из проектирования основных и второстепенных элементов приспособления .

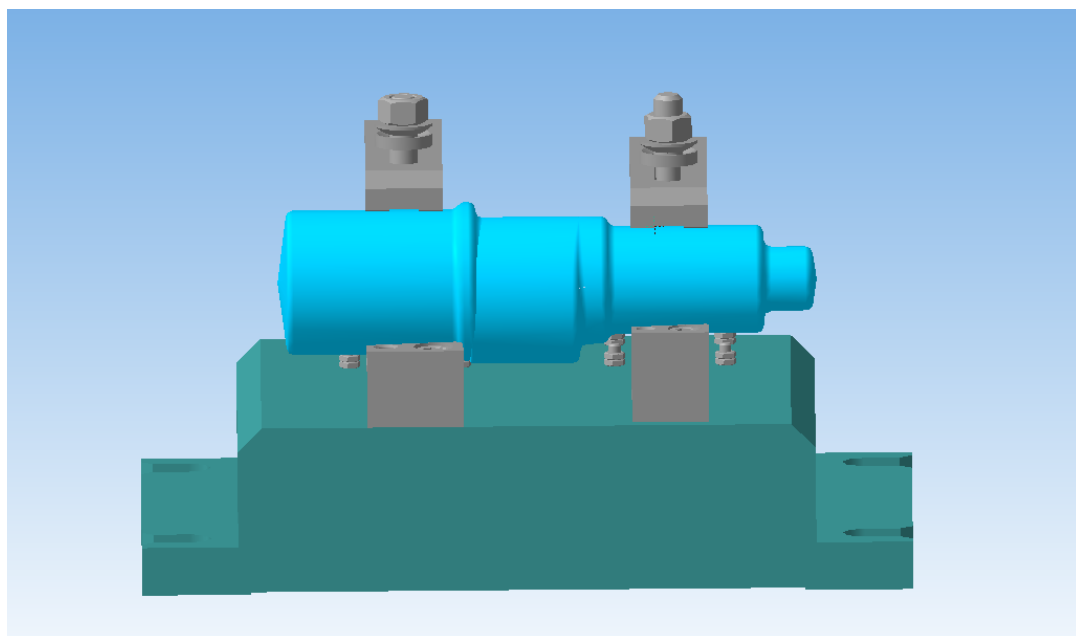


Рисунок 3.2.1 - Сборочная конструкция

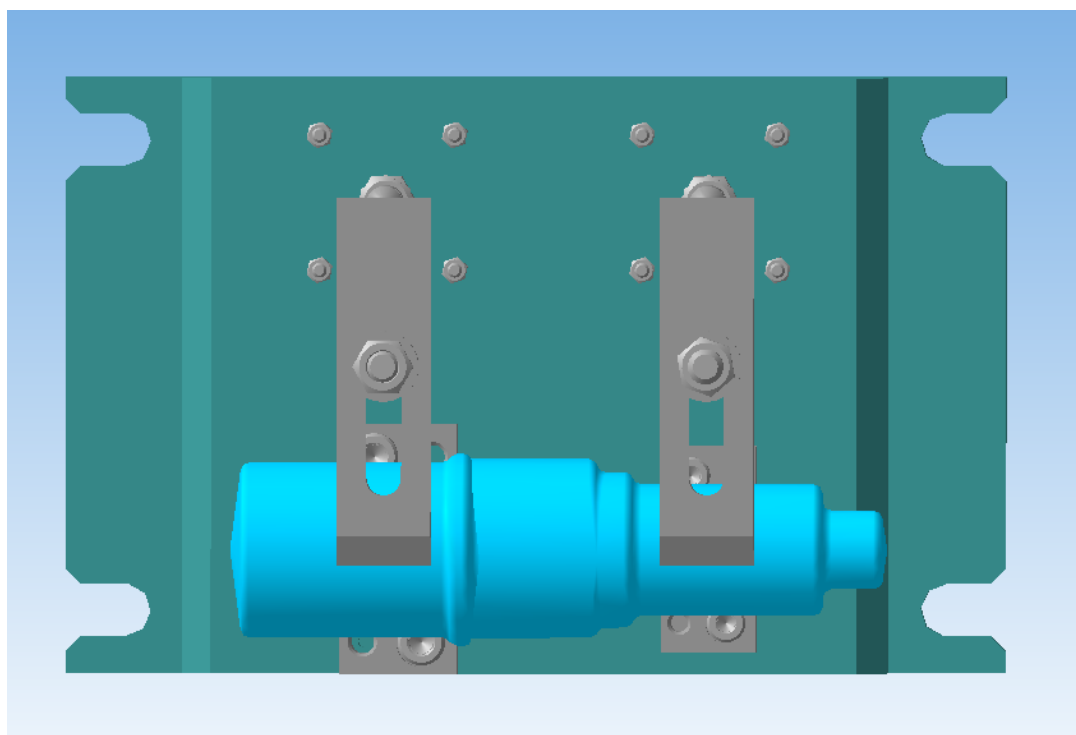


Рисунок 3.2.2 - вид сверху

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ

Лист

87

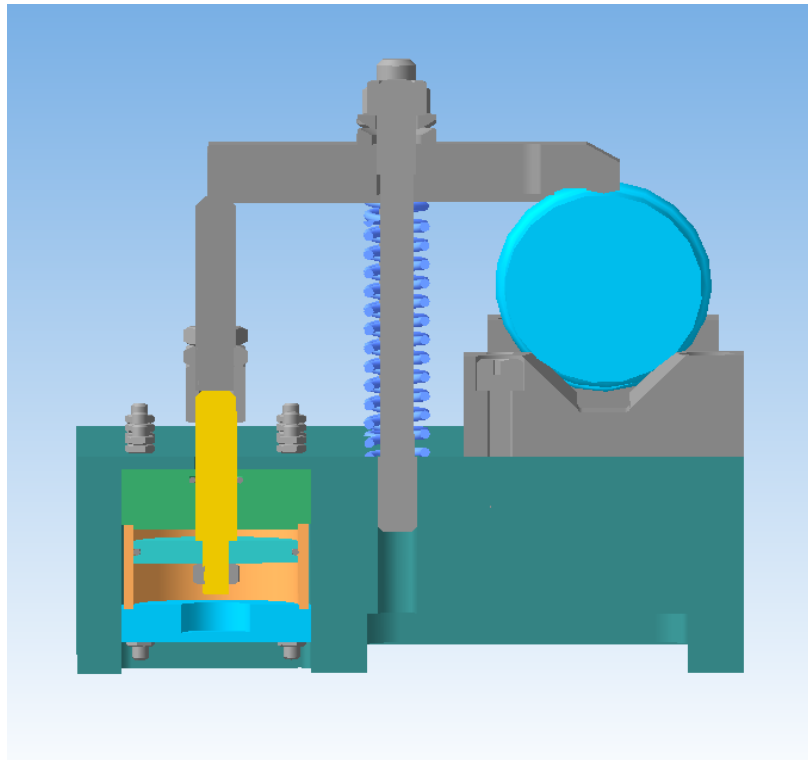


Рисунок 3.2.3 - Сборочная конструкция в разрезе

3.3 Технологический процесс в САПР ТП

Для выполнения технологического процесса использовалась программа Вертикаль V13. Главной функцией этой программы является то что она автоматически формирует комплект карт под заданные формы. Для этого у программы есть большая база операций, режущего инструмента, СОЖ, станков, приспособлений и тд. Необходимым оборудованием и эскизами заполняется каждая операция, после этого формируется комплект карт.

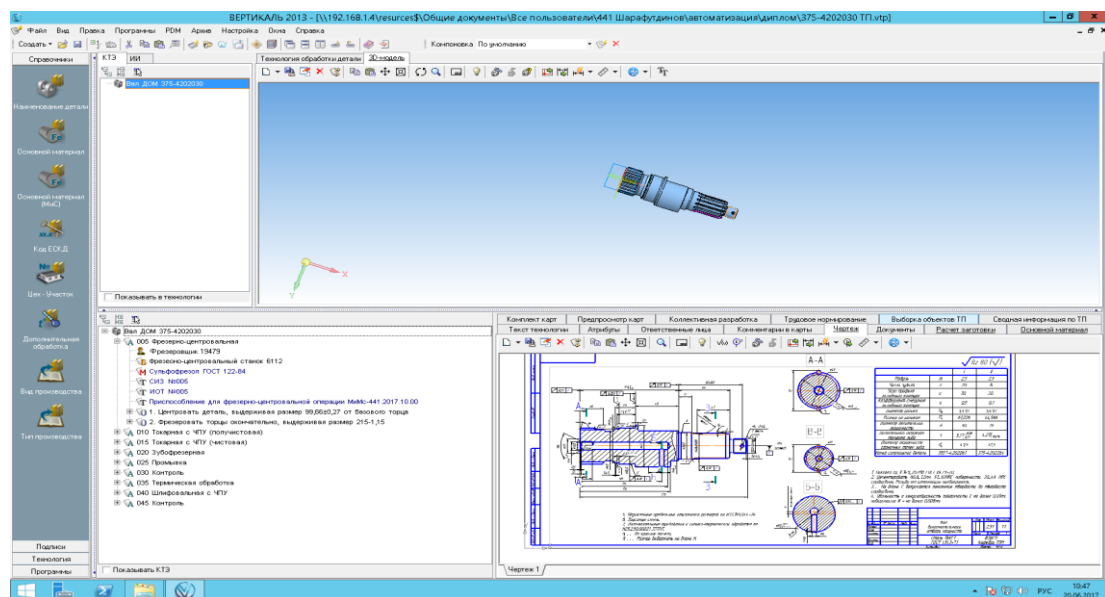


Рисунок 3.3.1 - рабочее окно программы вертикаль

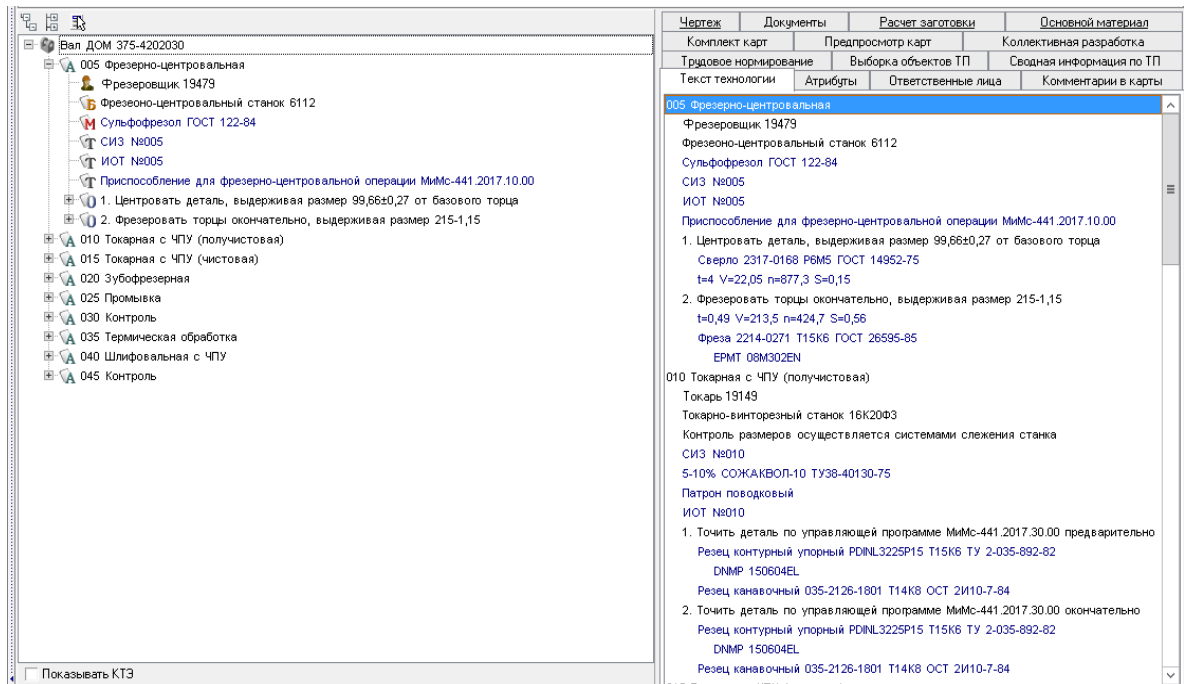


Рисунок 3.3.2 - дерево технологического процесса

ВЕРТИКАЛЬ 2013 - [Вал ДОМ 375-4202030 Комплект документов]

Файл Правка Вид PDM Архив Настройка Окна Справка

Масштаб 85%

Autoproject G1 Размер шрифта 12

Разраб		Шарашутин А.П.		Ильин Каренра Т.М.		375-4202030		Ильин Каренра Т.М. 10.10.	
Проверил		Высоцкий Я.В.							
Утвердил									
Н. контр.				Вал ДОМ					
М 01									
М 02									
А		Цех		Уч		АМ		Опер	
Б		Код наименования операции		Код наименования оборудования		СМ		Проф	
		Р		УТ		КР		КОИД	
		Ен		ОП		Кшт		Тпа	
		Тшт							
005	4269	Фрезеро-центральный							
604		Фрезеро-центральный станок 6112	1	1		660	132.6		
010	4233	Токарная с ЧПУ (получистовая)							
606		Токарно-винторезный станок 16К20Ф3	1	1		840	155.4		
015	4233	Токарная с ЧПУ (чистовая)							
608		Токарно-винторезный станок 16К20Ф3	1	1		840	198.6		
020	4162	Зубофрезерная							
610		Вертикальный зубофрезерный полуавтомат для цилиндрических колес 5304В	1	1		1260	238.2		
025	0125	Промывка							
612			1	1			30		
030	0200	Контроль							
614			1	1			300		
013	№060								
016		1. Проверить все полученные ранее размеры детали согласно чертежу							
МК		Маршрутная карта							

Рисунок 3.3.3 - маршрутная карта

4 СТРОИТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Выбор здания

Строительный раздел дипломного проекта включает в себя планировку участка механической обработки вала дополнительного отбора мощности и выбор здания цеха.

В средне- и крупносерийном производстве цех, который имеет название по выпускаемому им агрегату, разбивается на производственные участки по признаку или наименованию узла. Участок разбивается на станочные линии по наименованию деталей. В данном случае спроектирована и организована прямоточная линия механической обработки вала дополнительного отбора мощности.

При вычерчивании сетки колонн необходимо иметь в виду, что размеры колонн и их фундаментов в плане зависят от ширины пролетов, грузоподъемности крановых средств и шага колонн. Пролетом называется часть здания, ограниченная в продольном направлении двумя параллельными рядами колонн. Расстояния между осями колонн в продольном направлении называется шагом колонн, а в поперечном направлении - шириной пролета. Шаг и ширина образуют сетку колонн. Грузоподъемность крана определяется максимальной массой перемещаемого груза. В данном случае таким грузом может быть станок в случае необходимости его капитального ремонта. Таким образом, выбран мостовой опорный кран грузоподъемностью 5 тонн. В зависимости от него для средних рядов колонн:

- ширина пролета – 18 м;
- размеры сечения колонн 5КК84 – 400х600 мм по ГОСТ 25628-90;
- размеры фундамента колонн – 5200х3600 мм.

Шаг колонн для большинства схем, пригодных для всех отраслей машиностроения, принят равным 12 м для внутренних колонн и 6 м для колонн периметра здания.

При расстановке станков руководствуются нормативными размерами промежутков между станками в продольном и поперечном направлениях и размерами расстояний от стен и колонн. Эти размеры должны гарантировать удобство

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		90

выполнения работ на станках, безопасность рабочих, достаточную свободу движения людей и транспортных средств с грузом, возможность выполнения ремонта. Разрывы между станками, а также между станками и смежными элементами здания (колоннами, стенами и др.) регламентируются правилами охраны труда и существующими нормативами, которые учитывают удобство эксплуатации станков. Кроме того, соблюдение нормативных расстояний станков от колонн необходимо, чтобы избежать расположения станков на основании колонн, имеющих большие габаритные размеры, чем колонны, а так же чтобы иметь возможность подавать детали и другие элементы на станки краном, крюк которого не может доходить до колонн ближе определённого расстояния.

Размеры главных проездов и проходов находятся в зависимости от размеров специальной тары, веса детали и применяемых средств транспорта. В нашем случае для транспортировки ящиков с деталями используется автокары. Ширина ящика (наибольший габарит) составляет 1500 мм. Для двустороннего движения ширина проезда принята 5 м. Второстепенные проходы образуются промежутками между станками и могут служить для прохода людей к станкам.

Высота пролета H рассчитывается с учетом размеров выбранного крана, максимальной высоты станка и размеров перемещаемого груза.

Для перемещения грузов по участку предусмотрен кран электрический мостовой однобалочный опорный модели 1-А-5-16,5-12-380 ГОСТ 22045-89.

Высота пролета H_1 (до шейки рельса подкранового пути) определяется по формуле:

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \quad (78)$$

где h_1 — максимальная высота оборудования, определяемая с учетом крайних положений подвижных частей станка, но не менее 2,3 м ($h_1 = 2,25$ м — промышленный робот Kawasaki FS075L C control);

h_2 — минимальное расстояние между оборудованием и перемещаемым грузом, м ($h_2 = 0,5$ м);

h_3 — высота транспортируемых грузов со стропами, м ($h_3 = 2,2$ м);

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		91

h_4 — размер крана по паспорту (от точки самого верхнего положения крюка до рельсового пути), м; $h_4 = 1,1$ м;

$$H_1 = 2,3 + 0,5 + 2,2 + 1,1 = 6,1 \text{ м.}$$

H_1 принимаем равной 6,15 м согласно унифицированному ряду.

Размеры пролетов являются унифицированными, поэтому принимаем ближайшую по стандартам высоту цеха до нижнего пояса ферм $H = 8,4$ м [11, стр.103].

Пол участка состоит из следующих строительных слоев:

- 1) покрытие из цементного раствора с мраморной крошкой (20 мм);
- 2) бетонный слой М300 (20 мм);
- 3) бетонный слой М100 (150 мм);
- 4) уплотнительный слой.

Кровля крыши выполняется из следующих слоев:

- 1) водоизоляционный ковер (рубероид 3 слоя);
- 2) выравнивающий слой (цементная стяжка 15 мм);
- 3) уплотнитель (пенобетон 140 мм);
- 4) пароизоляция (горячий битум 1-2 слоя);
- 5) Крупнопанельные плиты ПНС-22.

4.2 Выбор варианта расположения оборудования на участке механической обработки

Расположение станков на участке механической обработки определяется организационной формой производственного процесса, длиной станочных участков, числом станков, видом межоперационного транспорта, способом удаления стружки и другими факторами.

Металлорежущие станки располагаются последовательно в соответствии с технологическим процессом обработки детали. При расположении станков предусматриваются кратчайшие пути движения детали в процессе обработки, и не допускаются обратные, кольцевые и петлеобразные движения, создающие встречные потоки и затрудняющие транспортирование обрабатываемой детали.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		92

В начале участка размещается складская площадка (стеллаж) для заготовок. Вдоль неопределен проезд для большегрузного транспорта для доставки заготовок. В конце проектируемого участка предусмотрена складская площадка для готовых деталей, которые сразу поставляются на участок узловой сборки. Это перемещение осуществляется с помощью мостового крана.

4.3 Проектирование подсистемы удаления стружки

Техническое решение по организации сбора и транспортирования стружки зависит от годового количества стружки на 1 м² производственной площади C , т/м².

$$C = \frac{(m_{заг} - m_{дет}) \cdot Q}{S \cdot 1000}, \quad (79)$$

где $m_{заг}$ — масса заготовки, кг; $m_{заг} = 3,56$ кг;

$m_{дет}$ — масса детали, кг; $m_{дет} = 2,51$ кг;

Q — годовой объем выпуска деталей, шт; $Q = 4369$ шт;

S — производственная площадь, м²; $S = 165$ м².

$$C = \frac{(3,56 - 2,51) \cdot 4369}{165 \cdot 1000} = 0,03 \text{ т/м}^2.$$

При количестве стружки до 0,3 т/м² в год целесообразно собирать стружку в специальные емкости и доставлять к месту сбора стружки напольным транспортом (электрокарами).

Стружка собирается в тару, расположенную около каждого станка. Уборка стружки в тару производится рабочим, на станках с числовым программным управлением уборка стружки автоматизирована.

4.4 Проектирование подсистемы раздачи СОЖ

На проектируемом участке применяется централизованно-групповой способ снабжения станков СОЖ. СОЖ марки Mobilmet фирмы Mobil подаются по трубопроводам из центральной установки к разборным кранам, установленным на участке. Система охлаждения станка ежедневно пополняется для восполнения потерь СОЖ вследствие ее разбрызгивания, уноса со стружкой.

Для обеспечения работы гидро-приспособлений в станках предусмотрен

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		93

подвод жидкости от бака станка.

Для очистки заготовок и деталей на участке предусмотрен подвод сжатого воздуха с давлением 6 атм.

4.5 Выбор подъемно-транспортных устройств

В качестве подъемно-транспортного устройства выбираем мостовой опорный кран грузоподъемностью 5т. Марки 1–А–5–16,5–12–380 ГОСТ 22045–89, который представляет собой мост, перемещающийся по крановым путям на ходовых рельсах, которые установлены на концевых балках. Пути укладывают на подкрановые балки, опирающиеся на выступы верхней части колонн цеха.

По верхнему поясу балок моста в поперечном направлении относительно пролета цеха передвигается крановая тележка, снабженная механизмом подъема груза. Механизм передвижения крана установлен на мосту крана, механизм передвижения тележки – непосредственно на тележке.

Межоперационное перемещение деталей осуществляется при помощи промышленного робота Kawasaki FS30LC control. Робот берет деталь из первого автоматизированного накопителя и устанавливает на первый станок. После обработки он снимает деталь со станка и перекладывает деталь на межоперационный автоматизированный накопитель. Далее снимает деталь после мехобработки со второго станка и перекладывает ее в накопитель, затем берет первую деталь и устанавливает на второй станок и так далее. В конце автоматизированного участка детали посредством последнего накопителя попадают на контрольный стол.

Таблица 3.1 - Основные технические характеристики промышленного робота Kawasaki FS075L C control

Угол поворота	±170°
Грузоподъемность	75 кг
Радиус действия руки	3,6м
Максимальная скорость	15м/мин
Повторяемость	±0,03мм
Масса	200кг
Габариты (Д x Ш x В)	800x1000x2250 мм

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Общие вопросы охраны труда

Охрана труда – это система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Условия труда - совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

Безопасные условия труда – условия труда, при которых воздействие на работающих вредных и опасных производственных факторов исключено либо уровни их воздействия не превышают установленных нормативов.

Рабочее место – место, где работник должен находиться в связи с его работой и которое должно находиться под контролем его работодателя.

Задачи охраны труда:

- обеспечение сохранения жизни и здоровья работников;
- аттестация рабочих мест по условиям охраны труда;
- защита законных интересов работников;
- компенсация за работу в тяжелых и вредных условиях труда;
- надзор и контроль над соблюдением нормативных требований охраны труда.

Охрана труда включает в себя:

- требования к технологическому оборудованию;
- требования к технологическому процессу;
- требования к исходным материалам и заготовкам;
- требования к размещению производственного оборудования и организации рабочих мест;

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		95

- требования к производственным помещениям;
- требования к применению средств индивидуальной защиты;
- режимы труда и отдыха работающих;
- санитарно–бытовое обслуживание;
- пожарную безопасность.

Технология изготовления изделий высокой точности представляет собой обработку заготовок на металлорежущих станках. Процесс обработки на металлорежущем оборудовании непрерывно развивается. Внедряются новые станки и материалы, разрабатываются новые виды режущего инструмента, увеличиваются скорости резания станков и обрабатываемых центров.

При механической обработке вала дополнительного отбора мощности опасными и вредными производственными факторами могут быть:

- движущиеся части машин и механизмов;
- движущиеся обрабатываемые изделия;
- запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- острые кромки и заусенцы заготовок и деталей;
- отлетающие частицы металлической стружки;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- физические перегрузки, монотонность труда;
- шум.

Обеспечение безопасных условий труда на участке механической обработки вала дополнительного отбора мощности достигается решением комплексных задач:

- повышением безопасности самих станков и вспомогательного оборудования;
- применением эффективных заградительных устройств;
- применением индивидуальных и коллективных средств защиты работающих;

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		96

-обеспечения охраны труда, направленной на предупреждение аварийных ситуаций и травм.

В систему обеспечения охраны труда входит - оснащение более совершенными средствами безопасности в процессе обработки, модернизация оборудования, внедрение станочных приспособлений, улучшение организации рабочего места станочника, механизация вспомогательных операций, повышение квалификации рабочих, ежегодное обучение безопасным приемам и методам работы, один раз в квартал - изучение инструкций по охране труда, соблюдение требований правил по охране труда, применение индивидуальных средств защиты, проведение совещаний по охране труда по результатам проверки.

Порядок обучения по охране труда.

Каждый работник, вновь принимаемый на работу, или переведенный из другого подразделения, должен пройти на рабочем месте обучение по охране труда.

Обучение начинается с проведения инструктажей: вводного, первичного, повторного внепланового и целевого.

Вводный инструктаж по охране труда проводит специалист по охране труда, по программе, разработанной на основании законодательных и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, утвержденной директором предприятия.

Первичный, внеплановый и целевой инструктажи проводит мастер на рабочем месте.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводится до начала самостоятельной работы с целью ознакомления с локальными нормативными актами организации, производственными инструкциями, технической и эксплуатационной документацией, изучением безопасных приемов работы. Инструктаж заканчивается устной проверкой приобретенных работником знаний по безопасным приемам работы.

Повторный инструктаж проходят все работники, не реже одного раза в 3 месяца по программам первичного инструктажа.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		97

Проведение всех видов инструктажей регистрируется в соответствующих журналах проведения инструктажей с указанием подписи инструктируемого и инструктирующего и даты проведения инструктажа.

Внеплановый инструктаж проводится:

- при введении в действие новых правил или изменении законодательных актов;
- при нарушении работниками требований охраны труда, повлекших за собой несчастный случай на производстве;
- по требованию лиц государственного надзора и контроля;
- при перерыве в работе более 2-х месяцев;
- по решению руководителя.

Целевой инструктаж проводится при выполнении разовых работ, при ликвидации последствий аварии и работ, на которые оформляется наряд-допуск.

Работодатель обязан организовать в течение месяца после приема на работу обучение по безопасным приемам и методам работы с проверкой знаний работника.

Последующее обучение проводится не реже одного раза в год.

Безопасность при производстве работ обеспечивается:

- выбором технологических процессов;
- выбором режимов резания;
- выбором заготовок;
- выбором производственного оборудования и организацией рабочих мест;
- организацией труда, профессиональным отбором и обучением работающих, применением защитных средств работающих от опасных и вредных производственных факторов.
- включением требований безопасности в нормативную документацию.

В технологической документации на производстворабот указаны:

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		98

- основные и вспомогательные приспособления и инструменты;
- применение защитных средств;
- способы безопасного ведения работ;
- применение средств контроля;
- система оповещения о пожаре;
- устройство защитного отключения производственного оборудования;
- заградительные экраны;
- своевременное удаление отходов производства;
- применение рационального режима труда и отдыха с целью предупреждения эмоциональных и физических нагрузок;
- санитарные требования, предъявляемые к работающим.

Размещение основного и вспомогательного оборудования выполнено согласно утвержденной планировке, расстояния между оборудованием и стенами здания соответствуют нормам и составляют не менее 0,6 м.

Все рабочие места организованы с учетом требований правил техники безопасности и эргономики.

На территории участка все проходы и проезды содержатся свободными.

Загромождение участка, проходов, рабочих мест готовой продукцией, заготовками, тарой и отходами запрещается.

Станки установлены на прочные бетонные основания и надежно закреплены.

Движущиеся части станков закрыты защитными ограждениями, которые имеют устройства для удержания их при съеме и установке.

Рабочий инструмент на станке закрепляется автоматически.

Для защиты работника и людей, находящихся вблизи станка, от отлетающей стружки и брызг смазывающе-охлаждающей жидкости, на станке установлены защитные устройства – экраны, ограждающие зону обработки, где происходит процесс резания. Экраны изготовлены из специального стекла и не теряют прозрачности от воздействия температуры и прочих воздействий стружки и СОЖ.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		99

Органы управления станков имеют четкие надписи, поясняющие их назначение.

На каждом рабочем месте около станка на полу на всю длину рабочего места лежит деревянная решетка, состоящая из реек, с расстоянием между собой не более 60 мм, ширина решетки не менее 600 мм от выступающей части станка.

Слесарный верстак имеет жесткую и прочную конструкцию, с оградительным щитом высотой 1 метр.

На каждом рабочем месте имеются тумбочки для складирования заготовок, оснастки и деталей, которые укладываются в специальную тару.

Электрическая аппаратура и токоведущие части надежно изолированы и укрыты в корпусе станка или в электрошкафу и защищены от случайного прикосновения к ним обслуживающего персонала. Для отключения оборудования от сети установлен вводной выключатель, расположенный в удобном месте - проход между шкафом и стеной не менее 600 мм. На всех дверцах шкафов нанесены предупреждающие знаки «Высокое напряжение».

Электрооборудование защищено от воздействия масел, СОЖ, стружки, пыли и механических воздействий.

Электрические провода уложены в трубы и короба, предохраняющие от механических воздействий. Все металлические части оборудования (станины, корпуса электродвигателей, каркасы шкафов, пульты управления) которые могут оказаться под напряжением, заземлены устройствами защитного заземления. На станках имеются светильники местного освещения с напряжением 36 В с индивидуальным выключателем.

5.2 Освещение и шум

Освещение является основной составляющей успешной и эффективной работы производственного участка механической обработки вала дополнительного отбора мощности, так как при изготовлении деталей требующих определенной точности размеров освещенность напрямую влияет на качество изготавливаемой продукции и на без аварийные условия труда работников участка.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		100

При недостаточной освещенности состояние зрительной функции человека находится на низком уровне, возникает утомление зрительного нерва и возрастает риск производственного травматизма.

Освещение может быть естественным, т.е. создаваемым светом неба и искусственным – с помощью электрических ламп, а также комбинированным.

Естественное освещение имеет положительные и отрицательные стороны.

Положительным является то, что наличие ультрафиолетовых лучей создают более благоприятный спектр освещенности, а высокая рассеянность света способствует улучшению зрительных условий работы. В то же время при естественном освещении освещенность во времени и пространстве непостоянна, она зависит от погодных условий, тенеобразования, ослепления от яркости солнца и прочих явлений природы.

Искусственное освещение применяется для компенсации недостаточности естественного освещения и обеспечивает оптимальный световой режим. Однако оно менее благоприятно с физиологической точки зрения и поэтому условия гигиены труда требуют максимального использования естественного освещения, так как солнечный свет оказывает положительное действие на организм человека.

В дневное время суток на участке используется комбинированное освещение - сочетание бокового, когда свет проникает через оконные проемы и местное освещение непосредственно рабочих мест.

Территория участка, а также проходы, вспомогательные помещения, маршруты движения людей, а также рабочие места с наступлением темноты или плохой видимости обеспечены искусственным освещением согласно нормам и составляют 250лк.

Естественное и искусственное освещение производственных помещений должно соответствовать СНиП 23-05 « Естественное и искусственное освещение».

На участке механической обработки вала дополнительного отбора мощности применяется система комбинированного освещения (общее и мест-

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		101

ное), в котором общее освещение составляет 497 лк, а в рабочей зоне обрабатывающих центров освещенность составляет 1087 лк.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) равен 0,8. Для поддержания нормального уровня естественного освещения запрещается загромождать световые проемы технологическим оборудованием, материалами, тарой и прочими предметами.

Освещенность рабочего места станочника составляет 1087 лк, на шкалах измерительных приборов освещенность составляет 400 лк, а рабочее место контролера освещается в 2000 лк.

Гигиенические требования к производственному освещению, основанные на психофизических особенностях восприятия света и его влияния на организм человека, сведены к следующему:

- должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещенности в помещении;
- осветительная установка должна быть безопасной и безвредной в процессе эксплуатации;
- величина освещенности должна быть постоянной во времени;
- направленность светового потока на рабочую поверхность должна быть оптимальной.

Шум – беспорядочное сочетание нежелательных для человека звуков, мешающих трудовой деятельности и отдыху.

Шумовое воздействие вызывает значительные физиологические и психические изменения в организме, к которым относятся:

- снижение слуховой чувствительности (ухудшение восприятия звуков, речевых сообщений);
- отрицательное влияние на центральную нервную систему (ухудшение памяти, снижение концентрации внимания);

- нарушение функции нервно-мышечного аппарата (замедление двигательной реакции, понижение мышечной работоспособности, выносливости, повышение утомляемости);
- снижение световой чувствительности;
- раздражающее действие шума (нарушение сна, головные боли, эмоциональная неустойчивость);
- нарушение вестибулярного аппарата (головокружение, тошнота);
- сердечнососудистые изменения (повышение давления, гипертоническая болезнь);
- снижение умственной работоспособности.

Таким образом шум может стать причиной ряда заболеваний человека и, в первую очередь шумовой болезни.

Методы и средства борьбы с шумом принято разделять на:

1 Методы снижения шума в источнике его образования (путем конструктивного изменения источника);

2 Методы снижения шума на пути его распространения – применение глушителей;

3 Средства индивидуальной защиты (вкладыши, наушники, шлемы);

На участке механической обработки вала дополнительного отбора мощности шум составляет 78 дБА.

5.3 Микроклимат

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны включают в себя следующие параметры:

- температура
- влажность
- скорость движения воздуха
- содержание вредных веществ.

– Согласно ГОСТ 12.1.005 эти величины бывают оптимальные и допустимые. Они устанавливаются для рабочей зоны производственных помещений с учетом избытков явного тепла, тяжести выполняемой работы и сезонов года.

Категории тяжести работ подразделяются:

категория Ia, Ib- легкая;

категория IIa, IIб – средняя;

категория IIIa, IIIб –тяжелая.

Сезоны года:

теплый – среднесуточная температура наружного воздуха – 10°C и выше;

холодный – среднесуточная температура наружного воздуха – ниже 10°C.

Учитывая, что трудовая деятельность человека всегда протекает в определенных метеорологических условиях, на рабочем месте необходимо создать определенный микроклимат, который при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивает сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения механизма терморегуляции, обеспечивает ощущение теплового комфорта и работоспособность. Длительное воздействие на человека неблагоприятных условий резко ухудшает его самочувствие, снижает работоспособность и приводит к заболеванию.

Высокая температура воздуха рабочей зоны способствует быстрой утомляемости работающего, может привести к перегреву организму, тепловому удару и профессиональному заболеванию. Низкая температура может вызвать переохлаждение организма и стать причиной простудных заболеваний.

Влажность воздуха оказывает большое влияние на терморегуляцию организма человека. Повышенная влажность затрудняет терморегуляцию из-за снижения испарения пота, а слишком низкая влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей работающего.

Движение воздуха эффективно способствует теплоотдаче организма человека и положительно проявляется при высоких температурах, но отрицательно при низких.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		104

Таблица 5 - Оптимальные параметры микроклимата на участке механической обработки вала дополнительного отбора мощности

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный - среднесуточная температура воздуха ниже +10°С	Средней тяжести – Па	19...21	60...40	0,2
Теплый - среднесуточная температура воздуха +10°С и выше	Средней Тяжести – П а	20...22	60...40	0,2

5.4 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность - это состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Противопожарный режим, введенный на предприятии, представляет собой комплекс установленных норм поведения людей, правил выполнения работ и эксплуатации объекта, направленных на обеспечение его пожарной безопасности.

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага, приводящее к уничтожению материальных ценностей и гибели людей.

Статистика показывает, что 90% всех пожаров происходят из-за человеческого фактора, и лишь 10% пожаров – это стихия.

Возгорание – возникновение горения под действием источника воспламенения.

Горючесть – способность веществ и материалов к развитию горения.

Огнестойкость – способность строительных конструкций зданий сооружений сохранять прочность во время пожара.

Опасные факторы пожара:

- открытый огонь и искры;
- токсичность продуктов горения;
- температура пламени и дыма;
- снижение концентрации кислорода;
- ухудшение видимости из-за дыма;
- обрушение конструкций зданий сооружений.

Задачи противопожарной службы:

- 1 Осуществление контроля за соблюдением противопожарных норм;
- 2 Предупреждение пожаров.

Противопожарные мероприятия:

- 1 При проектировании зданий учитывается рельеф местности и роза ветров.
- 2 Во всех зданиях предусматриваются эвакуационные выходы.
- 3 В каждом здании предусматривается план эвакуации.
- 4 В каждом подразделении есть ответственный за пожарную безопасность.

Согласно требований Правил Пожарной безопасности в Российской Федерации противопожарный режим в цехе механической обработки деталей, в который входит участок механической обработки вала дополнительного отбора мощности, организован распорядительным документом, в котором установлен порядок соблюдения противопожарных мер и назначены ответственные лица за их исполнение.

Мероприятия противопожарногорезима:

- определены и оборудованы места для курения;
- определены места и допустимое количество одновременно находящихся в помещениях заготовок и готовой продукции;
- установлен порядок уборки горючих отходов и пыли, хранение спецодежды и ветоши;
- определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня;

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		106

- регламентированы:
- порядок проведения временных огневых и других пожароопасных работ;
- порядок осмотра и закрытия помещений после окончания работы;
- действия работника при обнаружении пожара;
- определен порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа;
- определена категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности;
- противопожарные системы водоснабжения, противопожарные двери и другие устройства содержатся в исправном состоянии;
- Разработаны планы эвакуации и ознакомлены с работниками.

Требования к эвакуационным выходам:

- Ширина проходов эвакуационных выходов должна быть не менее 1,5 м;
- Отделка стен, потолков эвакуационных выходов должна быть выполнена из негорючих материалов;
- Двери эвакуационных выходов должны открываться наружу;
- К зданиям должны быть проложены подъездные пути с шириной проезда – 2 м;
- Подъездные пути к зданию должны быть свободными.

Причинами возникновения пожара на участке механической обработки вала дополнительного отбора мощности могут быть:

- неправильное устройство, неисправность или нарушение режима работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;
- неправильное устройство, неисправность или перегрузка электрических установок и сетей (неправильный выбор сечений проводов, или подбор электрооборудования, неисправность средств защиты сетей от перегрузок и др.);
- неисправность технологического оборудования и нарушение технологических процессов;

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		107

- самовоспламенение и самовозгорание веществ и материалов при неправильном их хранении или применении);
- отсутствие или неисправность молниеотводов на зданиях;
- неосторожное обращение с огнем (курение в неустановленных местах, небрежное проведение огневых работ, оставление без присмотра электронагревательных приборов);
- несвоевременная уборка скопившихся горючих материалов.

Проектируемый участок механической обработки вала дополнительного отбора мощности, находится в цехе механической обработки. По нормам технологического проектирования категория пожароопасности данного цеха – Д (цех использует в технологическом процессе негорючие вещества и материалы в холодном состоянии). В оценке состояния здания по противопожарным характеристикам большое значение имеет их огнестойкость.

Выбранное здание по группе возгораемости относится к несгораемым, т.е. под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняется и не обугливается.

На участке механической обработки вала дополнительного отбора мощности имеется план эвакуации людей на случай пожара, в котором указаны кратчайшие пути эвакуации, которые обеспечивают безопасный выход людей наружу за минимальное время.

Эвакуационные выходы из помещения участка ничем не загромождены и не заставлены. Двери эвакуационных выходов открываются в сторону выхода из здания.

Одним из условий борьбы с возникающими пожарами является немедленное уведомление пожарной охраны. Для быстрого обнаружения очага возгорания применяются дымовые датчики и световые извещатели. Участок механической обработки оборудован специальной пожарной сигнализацией, датчики которой находятся во всех вспомогательных помещениях.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		108

Ответственность за пожарную безопасность возлагается на начальника участка и начальника цеха. Руководители обязаны обеспечить выполнение требований правил пожарной безопасности и противопожарных мероприятий.

На территории проектируемого участка расположен пожарный щит, включающий в себя ведро под конус, лопату, топор, ящик с песком и два огнетушителя ОП – 4 (по ГОСТ 1057-2001).

5.5 Вентиляция и отопление

Вентиляция – это организованный воздухообмен, заключающийся в удалении из рабочего помещения загрязненного воздуха, в результате чего в рабочей зоне создаются необходимые благоприятные условия воздушной среды. Вытяжная вентиляция служит для удаления из помещения загрязненного воздуха и выброса его за пределы корпуса, приточная – для подачи в помещение чистого воздуха взамен удаленного, а приточно-вытяжная – для того и другого одновременно.

По месту действия вентиляция бывает общеобменной и местной.

В зависимости от способа перемещения воздуха вентиляция может быть естественной (аэрация), механической и комбинированной.

Естественная вентиляция экономична, проста в эксплуатации, но имеется ряд недостатков:

- применение возможно при условии, что нет выделений вредных веществ;
- приточный воздух поступает в помещение необработанным (без подогрева, не очищенный и не увлажненный).

Производственные и вспомогательные помещения участка механической обработки вала дополнительного отбора мощности оборудованы системой приточно-вытяжной вентиляции.

Для локализации и ликвидации вредных веществ (аэрозолей смазочно-охлаждающей жидкости), станки оборудованы воздухопроводами непосредственно из рабочей зоны станка. Для защиты от статического электричества воздухопроводы соединены с заземляющим устройством.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		109

Очистка вентиляционных установок и воздуховодов от осевшей пыли и грязи выполняется не реже двух раз в год во внерабочее время.

Для эффективной работы вентиляции на участке выполняются следующие технические и санитарно-гигиенические требования:

- приточные и вытяжные системы в помещении размещены с учетом того, что свежий воздух подается в те части, где количество вредных выделений минимально, а удаляется, где максимальны;

- система вентиляции создает шум на рабочих местах, не превышающий предельно допустимый уровень;

- система вентиляции электро-, пожаро-, взрывобезопасна, а также проста по устройству.

Для поддержания в производственных помещениях в холодное время года оптимальной температуры воздуха применяется отопление.

Для этой цели используется система водяного отопления, нагревательные приборы с гладкой поверхностью, легкоочищаемой от пыли, применение бытовых и самодельных электронагревательных приборов запрещается. Дополнительное отопление помещений производится за счет центрального воздушного отопления, когда нагретый воздух подается по системе воздуховодов от калорифера.

5.6 Электробезопасность

Электробезопасность - это система организационно-технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту работников предприятия от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля, статического электричества.

Электротравма – это повреждение организма человека, вызванное воздействием электрического тока. Электрический удар – это возбуждение живых тканей организма человека в виде судорожного сокращения мышц. Различают механическое, химическое, биологическое и комбинированное воздействие электрического тока на организм человека.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		110

Опасность воздействия электрического тока на человека зависит от сопротивления тела человека и величины приложенного к нему напряжения, силы тока и факторов окружающей среды.

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся:

- ограждения и оболочки кабелей;
- изоляция токоведущих частей;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверх низкого (малого) напряжения;
- защитные отключения.

Для обеспечения недоступности токоведущих частей оборудования применяются кожухи, крышки, шкафы.

Заземление.

Корпус электродвигателя или труба, в которой уложен электрокабель в нормальных условиях не могут находиться под напряжением, однако при повреждении изоляции любая из этих частей может оказаться под напряжением, нередко равному 220В.

Чтобы уменьшить опасность поражения при повреждении изоляции токоведущих частей, применяют защитное заземление. Защитное заземление – это преднамеренное соединение заземляющего устройства и нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

При обслуживании и ремонте электроустановок и электросетей используются защитные средства: изолирующие штанги, изолирующие клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими ручками, диэлектрические перчатки, диэлектрические коврики, указатели напряжения.

На участке механической обработки вала дополнительного отбора мощности, с целью предупреждения рабочих об опасности поражения электрическим током широко используются плакаты и знаки.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		111

Все подводящие электрические провода уложены в трубы и рукава. Корпуса двигателей воздухопроводов, трубы для разводки кабелей, станки и вспомогательное оборудование надежно заземлены от контура заземления. Места прикрепления заземляющих проводников, полос металла хорошо просматриваются на целостность заземления.

Монтаж светильников выполнен согласно требованиям действующих правил на электроустановки.

Электрическая аппаратура и токоведущие части к станкам надежно изолированы и укрыты в корпусе станка или в электрическом шкафу и надежно защищены от случайного прикосновения к ним обслуживающего персонала. На всех дверцах шкафов с электроаппаратурой напряжением свыше 42 В нанесены предупреждающие знаки «Высокое напряжение».

Все монтажные, демонтажные, ремонтные работы на токоведущих частях, а также работы по присоединению и отсоединению проводов в действующем электрооборудовании, работы по замене плавких предохранителей производят с соблюдением требований Правил эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

Доступные для прикосновения токоведущие части оборудования надежно изолированы и ограждены защитным ограждением.

Работники участка ознакомлены под роспись с инструкцией для всех работающих по электробезопасности.

Ответственным лицом за безопасную работу в электроустановках является ответственный за электрохозяйство - главный энергетик цеха.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе был разработан участок механической обработки вала дополнительного отбора мощности 375-4202030-Б.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		112

Был произведён анализ действующего технологического процесса, выявлены его недостатки и в дальнейшем устранены.

Взамен устаревшего оборудования приняты современные обрабатывающие станки с ЧПУ: на токарных операциях - токарный станок с ЧПУ Leadwell T-7T2SM; на шлицефрезерных – шлицефрезерный станок с ЧПУ E3C-000.65; на шлифовальной – шлифовальный станок с ЧПУ Paragon GA-3570CNC.

Вместо устаревшего режущего инструмента приняты современные режущие инструменты фирмы Sandvik Coromant с твердосплавными пластинами из современных материалов.

Произведён размерный анализ технологического процесса и по его результатам определены операционные размеры детали, рассчитаны припуски на механическую обработку и рассчитана заготовка.

Спроектировано станочные приспособления для механической обработки: специальное приспособление для фрезерно-центровальной операции. Также спроектировано контрольные приспособление для проверки биения цилиндрических поверхностей детали .

Для межоперационного перемещения детали выбран промышленный робот модели Kawasaki FS075LC control и для него спроектирован хват.

В технологическом разделе произведены расчеты оптимальных режимов резания и нормирование операций.

В результате проектирования количество оборудования уменьшилось с 12 до 5 единиц. Количество основных производственных рабочих уменьшилось с 9 до 1 человек (в смену). Штучное время изготовления детали уменьшилось с 47,9мин до 27,98 мин. Площадь, занимаемая участком уменьшилась с 510 до 165 м².

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		113

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ю. Г. Миков, С. Г. Чиненов «Технология машиностроения. Методический указания по курсовому проектированию» Челябинск, Издательство ЮУрГУ, 2003 г. – 405 с.
2. Электронный каталог продукции фирмы Sandvik. СайтInternet: www.sandvik.coromant.ru
3. Кошечкин Е.Н. «Общемашиностроительные нормативы времени для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Мелкосерийное производство», Москва, издательство «Машиностроение», 1989г. – 381с.
4. Станочные приспособления: Справочник. Том 1; под ред. Вардашкина; Москва: Машиностроение, 1984. - 482с
5. Ю. Г. Миков, С. В. Балинский «Заготовки в машиностроении: Учебное пособие к курсовому проекту» Челябинск, Издательство ЮУрГУ, 1999 г. – 102 с.
6. Ю. Г. Миков, В. Ю. Рогинский «Размерный анализ технологических процессов в курсовом и дипломном проектировании» Челябинск, Издательство ЧГТУ, 1996 г. – 96 с.
7. В.И. Гузеев, В.А. Батуев. «Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением; Москва: Машиностроение, 2005. – 195 с.
8. А.М.Дальский, А.Г.Косилова «Справочник технолога машиностроителя» Том 1 Москва, Издательство «Машиностроение-1», 2003г. – 495с.
9. А.М.Дальский, А.Г.Косилова «Справочник технолога машиностроителя» Том 2 Москва, Издательство «Машиностроение-1», 2003г. – 422с.
10. А.А. Панов. «Обработка металлов резанием». Справочник технолога. Москва, издательство «Машиностроение», 1988г. – 226 с.
11. В.С. Кузнецов, В.А.Пономарёв. «Универсально-сборные приспособления в машиностроении». Альбом чертежей. Москва, издательство «Машиностроение», 1991г. – 145 с.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		114

12. Н.П.Косов, А.Н.Исаев. «Технологическая оснастка: вопросы и ответы». Москва, издательство «Машиностроение», 2005г. - 255 с.
13. М. Е. Егоров «Основы проектирования машиностроительных заводов» Москва, Издательство «Высшая школа», 1989 г. - 403 с.
14. С. Г. Лакирев, С. Г. Чиненов «Практические работы по курсу проектирования приспособлений» Челябинск, ЧПИ, 1989г. – 120 с.
15. Ю. Г. Миков, Е. С. Шапранова, О. Б. Кучина, М. А. Вихрова «Технология машиностроения. Методический указания к дипломному проекту» Челябинск, Издательство ЮУрГУ, 2003 г. – 315 с.
16. В. С. Карева, И. В. Серадская, Н. Л. Борблик «Курсовые и дипломные проекты. Общие требования к оформлению» Челябинск, Издательство ЧГТУ, 2001г. - 38 с.

					15.03.05.2017.641.00.00 ПЗ	Лист
						115
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		