



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт физики высоких технологий

Направление 15.03.01 Машиностроение

Профиль подготовки Машины и технология высокоэффективных процессов
обработки материалов

Кафедра Физика высоких технологий в машиностроении

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технологическая подготовка производства изготовления детали «Вал» на станках с ЧПУ УДК 62-233.1:658.512

Студент

Группа	Ф.И.О.	Подпись	Дата
4A21	Баширов Дмитрий Константинович	<i>Баширов</i>	14.06.16

Руководитель

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Должиков В.П.	к.т.н., доцент	<i>Должиков</i>	14.06.16

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаврикова Н.А.		<i>Гаврикова</i>	2.06.2016

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.	<i>Анищенко</i>	26.05.2016г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФВТМ	Псахье С.Г.	д.ф.-м.н., профессор	<i>Псахье</i>	14.06.16

Томск – 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт физики высоких технологий

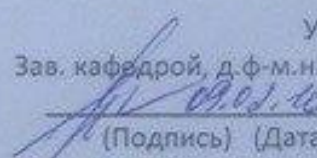
Направление 15.03.01 Машиностроение

Профиль подготовки Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов

Кафедра Физика высоких технологий в машиностроении

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой, д.ф.м.н., профессор

 С.Г. Псахье
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа

ФИО

4А21

Баширову Дмитрию Константиновичу

Тема работы:

Технологическая подготовка производства детали «Вал» на станках с ЧПУ

Утверждена приказом ректора (дата, номер)

17.03.2016 №2110/с

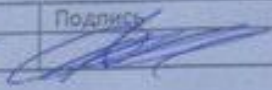
Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

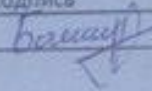
Исходные данные к работе	Чертеж; Тип производства
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Анализ технологичности детали. Проектирование альтернативного процесса изготовления заданной детали на современных станках с ЧПУ. Разработка принципиальной схемы автоматизированного станочного приспособления.
Перечень графического материала	Чертеж детали; Технологические карты; Карты наладки
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Технологическая часть	В.П. Должиков
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Н.А. Гаврикова
Социальная ответственность	Ю.В. Анищенко
Название разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	9 февраля 2016
--	----------------

Задание выдал руководитель:

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Должиков В.П.	К.Т.Н. доцент		14.06.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	Ф.И.О.	Подпись	Дата
4A21	Баширов Дмитрий Константинович		9.02.16

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 89 с., 14 рис., 18 табл., 13 источников.

В ВКР объектом разработки является деталь типа «Вал».

Цель работы – приобретение навыков и умений в применении знаний по дисциплине «Технология автоматизированного производства» и других дисциплин путем самостоятельного решения задач по разработке технологического процесса для условий автоматизированного производства.

Задачами ВКР служат:

- Приобретение навыков в технологической подготовке производства деталей машин на станках с ЧПУ, в том числе и ГПС.
- Овладение навыками модернизации технологического оборудования.
- Закрепление навыков по расчету и назначению припусков на механообработку, расчету режимов обработки, технического нормирования, а также по расчету точности параметров средств технологического оснащения.
- Овладение навыками управления качеством изготовления деталей в автоматизированном производстве.
- Усвоение методики анализа технологичности детали, выбора последовательности обработки поверхностей детали, выбора технологических баз, формирования маршрута обработки детали, а также рациональной последовательности выполнения технологических переходов в конкретной операции.
- Закрепление навыков по подготовке геометрической и технологической информации, составлению расчетно-технологических карт, карт наладок и разработке управляющих программ для технологического оборудования.
- Закрепление навыков в оформлении технологической документации согласно ГОСТ, использовании банков данных и знаний САПР, подборе научной и справочной литературы.

Оглавление

Введение	6
1 Технологическая подготовка производства. Основные положения	7
2 Техническое задание. Этапы подготовки производства детали	9
2.1 Этапы подготовки производства детали	9
3 Проектирование технологического процесса изготовления детали	10
3.1 Технический принцип построения технологического процесса	10
4 Анализ технологичности конструкции детали	13
4.1 Обеспечение эксплуатационных свойств детали	17
4.1.1 Работоспособность детали	18
4.2 Способ получения заготовки	19
4.3 Проектирование технологического маршрута	21
4.4 Подбор средств технологического оснащения	29
4.5 Выбор средств технологического контроля	31
4.6 Расчет припусков на обработку	33
4.7 Расчет режимов резания	40
4.8 Проектирование технологических операций	47
4.9 Размерный анализ технологического процесса	54
4.10 Техничко-экономические показатели технологического процесса	56
4.11 Проектирование средств технологического оснащения	59
4.12 Проектирование гибкой производственной системы (модуля)	64
5 Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение	69
5.1 Расчет затрат на изготовление детали	69
5.2 Анализ безубыточности изготовления детали	71
6 Социальная ответственность	74
6.1 Производственная безопасность	74
6.2 Экологическая безопасность	83
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	84
6.4 Обоснование мероприятий по предотвращению пожара	85
6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	85
6.5.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности	85
6.5.2 Организационные вопросы обеспечения безопасности	86
Заключение	88
Список используемых источников	89

Введение

Машиностроительный комплекс является ведущим среди межотраслевых комплексов и отражает уровень научно-технического прогресса и обороноспособности страны, определяет развитие других отраслей хозяйства. Это обусловлено несколькими причинами:

1) Машиностроительный комплекс – крупнейший из промышленных комплексов, на его долю приходится почти 25% стоимости произведенной продукции и почти 35% всех работающих в хозяйстве России, а также около 25% стоимости основных промышленно-производственных фондов. В нашей стране этот комплекс развит недостаточно [1].

Среди всех отраслей промышленности машиностроение занимает первое место по доле в валовой продукции и промышленно-производственном персонале, второе место (после топливно-энергетического комплекса) по доле в промышленно-производственных фондах, а также в структуре экспорта.

2) Машиностроение создает машины и оборудование, применяемые повсеместно: в промышленности, сельском хозяйстве, в быту, на транспорте. Следовательно, научно-технический прогресс во всех отраслях народного хозяйства материализуется через продукцию машиностроения, в особенности таких ее приоритетных отраслей как станкостроение, электротехническая и электронная промышленность, приборостроение, производство электронно-вычислительной техники. Машиностроение, таким образом, представляет собой катализатор научно-технического прогресса, на основе которого осуществляется техническое перевооружение всех отраслей народного хозяйства. Поэтому его отрасли развиваются ускоренными темпами, а их число непрерывно растет. По роли и значению в народном хозяйстве их можно объединить в 3 взаимосвязанные группы:

1) Отрасли, обеспечивающие развитие научно-технической революции во всем народном хозяйстве – это приборостроение, химическое машиностроение, электротехническое и энергетическое машиностроение.

2) Отрасли, обеспечивающие развитие научно-технической революции в машиностроении – это станкостроение и инструментальная промышленность.

3) Отрасли, обеспечивающие развитие научно-технической революции в отдельных отраслях хозяйства – это строительно-дорожное, тракторное и сельскохозяйственное машиностроение, автомобилестроение и др.

За последние десятилетия возник ряд новых отраслей, связанных с выпуском средств автоматизации, электроники и телемеханики, оборудования для атомной энергетики, реактивной авиации, бытовых машин. Коренным образом изменился характер продукции в старых отраслях машиностроения [2].

Данная выпускная квалификационная работа подразумевает под собой рассмотрение вопросов проектирования технологического процесса, маршрута, операций, а также средств технологического оснащения и гибкой производственной системы предложенной нам детали типа «Вал».

Так же в ВКР потребуется неоценимый навык полученный на практиках по разработке управляющих программ (УП) для обработки детали на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), технической документации и расчет припусков на механическую обработку. Поскольку целями реального производства является экономическое положение, производственный оборот и достижение требуемых эксплуатационных и качественных свойств изделий, необходим жесткий контроль к изделиям, при котором брак детали будет исключен или сведён к минимуму [2]. В связи с этим необходимо произвести размерный и прочностной анализ детали, для возможности реального производства детали «Вал».

1 Технологическая подготовка производства. Основные положения

Технологическая подготовка производства (ТПП) – совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства (ГОСТ 14.004–83). Под технологической готовностью производства понимается наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями. Содержание и объем ТПП зависят от типа производства, конструкции и назначения изделия. Под технологической готовностью понимается наличие полного комплекта

технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для производства новых изделий. Основная задача ТПП – обеспечить высокое качество изготовления изделий и создать необходимые условия для роста производительности труда, улучшения использования оборудования, снижения расхода сырья, материалов, топлива, энергии. Конечной целью ТПП является создание технологической документации. Критериями достижения данной цели являются сведение до минимума затрат на ТПП и продолжительности цикла подготовка, освоения и выпуска изделий. Сущность и содержание ТПП проявляется в ее функциях (функциях-задачах). Степень проработки задач ТПП определяется типом производства. Наиболее укрупнено задачи ТПП решают в мелкосерийном и единичном производстве, где для изготовления деталей и выполнения процессов сборки (кроме сложных изделий) достаточно конструкторской документации и проработанных технологических маршрутов.

Разработка межцеховых технологических маршрутов (расцеховка) является исходной задачей ТПП. Она включает распределение номенклатуры деталей между цехами и участками, разработку технологических маршрутов их движения. Маршрутная технология определяет последовательность прохождения по цехам каждой детали и сборочной единицы в процессе ее производства. Разработка единичных технологических процессов применительно к механообработке резанием, например, в общем случае включает: анализ исходных данных, выбор вида заготовки, технологических баз и технологического процесса, определение последовательности и содержания технологических операций, оформление рабочей документации на технологические процессы. Унификация технологических процессов предполагает разработку технологии не для каждой детали, а для целой группы деталей характеризующихся общностью формы, подобием технологических маршрутов по операциям, применяемой оснастке, близостью размеров, сходством вида заготовки и одинаковыми требованиями к точности обработки и чистоте поверхности. Проектирование и изготовление средств технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов – приспособлений, инструментов, кондукторов, штампов, моделей,

различных специальных транспортных устройств, средств технического контроля и т.п. – осуществляет конструкторское бюро или инструментальный отдел. Технологическая подготовка производства завершается выверкой, отладкой и внедрением в производство разработанных технологических процессов. В процессе освоения технологические процессы корректируются, а в технологическое оснащение вносятся совершенствующие его изменения. В условиях все возрастающих требований к качеству и точности выпускаемых приборов вопросы метрологического обеспечения производства приобретают особое значение. За последние годы при Госстандарте создана система обеспечения точности и достоверности измерений [3].

2 Техническое задание. Этапы подготовки производства детали

На выпускную квалификационную работу студентам были выданы чертеж детали и серийность производства.

2.1 Этапы подготовки производства детали

На первой стадии подготовки производства детали типа «Вал» является разработка маршрутной технологии. В маршруте подробно изложена последовательность операций.

На следующем этапе для каждого цеха были разработаны несколько вариантов операционной технологии, содержание которых составляют пооперационные технологические карты. Они содержат указания и параметры выполнения каждой производственной операции. Несколько вариантов нужны для того, чтобы выбрать из них один целесообразно-выгодный вариант технологии. Выбранная технология производства должна обеспечивать повышение производительности труда, требуемое качество изготовления при наиболее низкой себестоимости продукции по сравнению с другими вариантами. Так же на данном этапе были написаны программы для станков с ЧПУ.

На заключительном этапе технологической подготовки производства детали было произведено оформление всей технологической документации, то

есть, маршрутная карта, операционная карта, карта эскизов, карта наладки инструмента, расчетно-технологическая карта, изготовление необходимых чертежей и эскизов, карта кодирования информации. Все документы оформлены в соответствии с госстандартами.

3 Проектирование технологического процесса изготовления детали

Технологический процесс должен обеспечивать изготовление детали заданного качества и объема выпуска, удовлетворять требования высокой производительности обработки детали, наименьшей себестоимости, безопасности и облегчения условий труда.

Указанные требования отражают современную направленность машиностроительного производства – создание высокопроизводительных машин и оборудования, снижения их материал- и энергоемкости, внедрение малоотходных и безотходных технологий, уменьшение трудоемкости изготовления продукции за счет широкого внедрения различных средств автоматизации и механизации, в том числе роботехники и ГАП [4].

Построение технологических процессов механической обработки деталей машин основывается на ряде принципов и положений. Основными из них являются:

- технический (обеспечение заданного качества изделий);
- экономический (наивысшая производительность при полном использовании орудий труда и наименьших затратах).

3.1 Технический принцип построения технологических процессов

Сущность технического принципа при разработке технологических процессов заключается в выполнении проектных технических требований при изготовлении деталей. Это означает, что должны строго соблюдаться заданные чертежом точность размеров детали, геометрическая форма, относительное расположение поверхностей, параметры шероховатости поверхности, физико - механические свойства поверхностного слоя и другие регламентируемые

технические требования. Надежность обеспечения показателей качества машин в процессе производства должна обуславливаться структурой и содержанием самого технологического процесса, совершенством применяемых методов обработки, оборудования и оснащения. На стадии разработки технологических процессов формируются предпосылки обеспечения требуемой надежности изделий. Для ее повышения при разработке технологических процессов рекомендуется использовать [5]:

- технологические методы и режимы обработки, которые, наряду с образованием поверхностей с заданной микро- и макрогеометрией одновременно обеспечивают и упрочнение поверхностных слоев деталей;
- специальные операции, основной целью которых является поверхностное и объемное упрочнение деталей;
- режимы обработки, при которых не возникают дефекты, снижающие надежность деталей;
- контрольные операции для своевременного выявления дефектов обработки и их устранение при черновой обработке деталей по возможности на более ранней стадии технологического процесса.

Высокие показатели качества деталей машин достигаются путем ряда последовательно выполняемых технологических операций.

Свойства деталей формируются поэтапно – от операций к операции, поскольку для каждого способа обработки (точение, шлифование и т.п.) существуют возможности исправления исходных погрешностей заготовки и получения требуемой точности и качества обработанных поверхностей. Это объясняется, прежде всего, физической сущностью способов обработки, а также действием таких факторов, как упругие деформации системы СПИД, нагрев и пластическая деформация поверхностных слоев обрабатываемых деталей и других факторов, определяющих точность и качество обработки заготовок [6].

Таким образом, в ходе технологического процесса прослеживается определенная закономерность, заключающаяся в постепенном уменьшении исходных погрешностей заготовки. Необходимо учитывать, что при

выполнении каждой технологической операции возникают дополнительные погрешности, присущие этому методу и схеме обработки [6].

При обработке вытекают следующие положения, определяющие построение технологического процесса.

1) Принцип кратчайшего пути, заключающийся в том, что обработка каждой поверхности должна производиться при минимальном числе технологических переходов и операций. Это обычно ведет к увеличению производительности обработки и уменьшению затрат на обработку.

2) Принцип совместимости последовательно выполняемых технологических переходов или операций по обработке одной и той же поверхности, заключающийся в том, что значения показателей качества на входе каждого последующего перехода должны быть равны значениям тех же показателей на выходе предыдущего перехода и соответствовать нормативным условиям выполнения данной обработки.

3) Принцип уточнения заготовки в процессе обработки, заключающийся в том, что каждый последующий метод должен быть точнее предыдущего, т.е. обеспечить более высокие значения показателей качества деталей.

В соответствии с этим механическая обработка деталей обычно делится на следующие этапы:

- черновая обработка
- чистовая обработка
- отделочная

Классификация ТП

Согласно ЕСТД (ГОСТ 3.1109-82) различают три вида технологических процессов (ТП): единичный, типовой и групповой. Каждый ТП разрабатывают при подготовке производства изделий, конструкции которых отработаны на технологичность. Технологические процессы разрабатывают для изготовления нового изделия или совершенствования выпускаемого.

Типовые и групповые ТП являются унифицированными ТП, относящимися к группе изделий с общими конструктивными и (или) технологическими признаками. Эти ТП широко применяют в мелкосерийном, серийном и реже в крупносерийном производствах.

По классификации ЕСТД каждый из рассмотренных ТП может быть перспективным или рабочим.

При выполнении ВКР, для разработки единичного технологического процесса изготовления детали типа «Вал» применим метод синтеза, так как он универсален.

4 Анализ технологичности конструкции детали

Под технологичностью конструкции понимают, совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технологической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации, ремонте и утилизации по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения, при обеспечении установленных значений показателей качества и принятых условий изготовления, эксплуатации, ремонта и утилизации. Таким образом, конструкция технологична, если при принятом типе и организации производства, заданной программе, повторяемости выпуска и применяемых технологических процесса она будет обладать наименьшей трудоемкостью и себестоимостью в процессе изготовления, удобной и надежной в эксплуатации, простой в ремонте, дешевой и экологически чистой при утилизации.

Технологичность конструкции для разных типов производства (массового, серийного, единичного) будет различной. Технологичность конструкции закладывается в процессе проектирования с ориентацией на определенный тип производства. В начале анализа технологичности выполняют технологический контроль технической документации, дают оценку уровня технологической документации, производят обработку конструкции на технологичность, при необходимости вносят изменения в конструкторскую документацию [6].

Технологичные конструкции изделий должны обладать высокими качественными и количественными показателями. К качественным показателям относят:

- взаимозаменяемость
- регулируемость

- контролепригодность
- инструментальная доступность

Показатели технологичности:

- трудоемкость
- уровень технологичности конструкции
- технологическая себестоимость
- уровень технологичности конструкции по себестоимости

изготовления

Анализируют изделия на технологичность для того, чтобы определить возможность получения заготовок прогрессивными методами и применить эти методы для обработки и сборки, контроля и испытаний, использовать типовые технологические процессы и их механизацию, и автоматизацию, выявить удобства (приспособленность) изделия в эксплуатации и его технического обслуживания, повысить долговечность и обеспечить надежность в работе, сократить трудоемкость ремонтов, обеспечить транспортабельность и требования технической безопасности.

Вал изготавливается из хромистой стали 40Х ГОСТ 4543-71. Обозначение 40 свидетельствует о том, что в конструкционной стали содержится 0,40 % углерода, а остальные примеси очень незначительны. Буква Х показывает, что сталь хромистая и основным легирующим элементом является Хром (0,8...1,2 %). Он повышает прокаливаемость, способствует получению высокой и равномерной твердости стали. Порог хладоломкости хромистых сталей - (0...-100) °С. Сера до 0,04 % уменьшает пластичность и ударную вязкость, ухудшает свариваемость и коррозионную стойкость. Марганец не превышает (0,5...0,8 %), он повышает прочность, не снижая пластичности, и резко снижает красноломкость стали, вызванную влиянием серы. Содержание кремния не превышает (0,17...0,37 %), кремний, дегазируя металл, повышает плотность слитка, растворяется в феррите и повышает прочность стали, особенно повышается предел текучести, но наблюдается некоторое снижение пластичности, что снижает способность стали к вытяжке. Введение в сталь никеля (до 0,3%) , значительно повышает прочность и прокаливаемость, понижает порог хладоломкости, но при этом повышает

склонность к отпускной хрупкости (этот недостаток компенсируется введением в сталь молибдена). Хромоникелевые стали, обладают наилучшим комплексом свойств. Однако никель является дефицитным, и применение таких сталей ограничено. Значительное количество никеля можно заменить медью (до 0,3%) , это не приводит к снижению вязкости. Содержание фосфора в стали (0,025...0,035 %). Фосфор, растворяясь в феррите, искажает кристаллическую решетку и увеличивает предел прочности и предел текучести, но снижает пластичность и вязкость.

Химический состав в % материала 40X

Таблица 1 - Процентное содержание химических элементов в стали 40X

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,3	до 0,035	до 0,035	0,8-1,1	до 0,3

Сталь относится к среднеуглеродистым, в нормализованном состоянии по сравнению с низко отпущенным обладает большей прочностью, но меньшей пластичностью. После термического улучшения наблюдается наилучшее состояние механических свойств. После поверхностной закалки обладают высокой поверхностной твердостью и сопротивлением износу.

Материал детали, сталь 45X из горячекатаного круга диаметром 220мм и классом точности В, легко обрабатывается лезвийным и абразивным инструментом. При термической обработке такой стали можно получить необходимую структуру и твёрдость. Вал имеет небольшое количество ступеней с незначительным перепадом их диаметров, поэтому данная деталь изготавливается из штучных заготовок. Поверхности вала, имеющие разные параметры шероховатости и обработанные по разной степени точности, разделены канавками.

Шлицевой участок вала сконструирован открытым и заканчивается канавками для выхода инструмента.

Вал имеет центровочные отверстия что повышает технологичность.

Конфигурация детали достаточно технологична для обработки резанием на токарном станке, все поверхности легкодоступны для инструмента.

Диаметральные размеры вала убывают от середины к концам. Жесткость вала допускает получение высокой точности обработки.

На чертеже указаны все необходимые размеры, требуемая шероховатость обрабатываемых поверхностей, допуски соосности и радиального биения поверхностей, допуски торцевого биения.

Технологической базой при точении являются центровые отверстия.

Соотношение диаметра отверстий к длине, технологично, их можно получить сверлением и дальнейшим растачиванием, что будет удовлетворять требованиям на чертеже.

Наличие фасок, делает вал технологичным, так как облегчает процесс сборки.

Точность размеров основных поверхностей находится в пределах 6...8-го квалитетов, а размеры с неуказанными отклонениями выполняются по 14-му квалитету.

При изготовлении детали типа «Вал» используются такие операции как точение, фрезерование пазов, сверление, растачивание, фрезерование шлицев, шлифование точных поверхностей. Самые точные поверхности 6 квалитета, достижение которого требует затрат, однако он экономически достижим при шлифовании или тонком растачивании, что технологично. Расположение ступеней по возрастанию от одного конца к другому, повышает технологичность, так как обеспечивает свободный доступ инструмента и возможность за несколько установок обработать все поверхности. Деталь можно обрабатывать на токарных, фрезерных, координатно-расточных станках с ЧПУ.

В качестве приспособлений используются трехкулачковый патрон, тиски, рифленый центр совмещенный с плавающим и другие приспособления. При большинстве операций за технологические базы принимают поверхности центровых отверстий с обоих торцов заготовки, что позволяет обрабатывать почти все наружные поверхности вала на постоянных базах с установкой его в центрах. Для исключения погрешности базирования при выдерживании длин ступеней от торца вала необходимо в качестве технологической базы использовать торец заготовки. С этой целью заготовку устанавливают на

плавающий передний центр. Использование центров в качестве установочных элементов предусматривает применение того или иного поводкового устройства или рифленого центра, передающего крутящий момент заготовке. Поэтому обеспечивается точность взаимного положения, погрешность минимальная, поэтому показателю деталь технологична.

Вал технологичен, так как он жесткий, имеет свободный выход инструмента, что позволяет вести обработку на повышенных режимах резания, и позволяет применить более точные методы обработки.

Масса заготовки имеет достаточно большой вес, что требует специального приспособления для транспортировки, типа крана и др.

4.1. Обеспечение эксплуатационных свойств детали

Надежность и долговечность деталей зависит от эксплуатационных свойств их и соединений – статической, усталостной и контактной прочности, коррозионной стойкости, герметичности, износостойкости, прочности посадок и др. Указанные свойства, в свою очередь, зависят от механических свойств материалов, точности размеров деталей, параметров качества их поверхностного слоя и условий эксплуатации.

Анализируя условия функционирования детали и технические условия на изделие, конструктор определяет эксплуатационные свойства деталей и их допустимые пределы изменения. На основе анализа определяются материал детали, размеры, допуски, параметры качества поверхностного слоя и оптимизируются эксплуатационные свойства детали [6].

Кроме обеспечения эксплуатационных свойств деталей часто возникает необходимость повышения их уровня. Можно выделить четыре основных направления решения данной задачи:

- совершенствование существующих методов обработки;
- управление качеством криволинейных поверхностей трения;
- модификация поверхностных слоев деталей;
- разработка новых методов обработки; создание инструментов и оснастки на основе объединения проектирования, изготовления, эксплуатации, ремонта и восстановления деталей в единый технологический процесс.

Многие эксплуатационные свойства деталей зависят от состояния их поверхностного слоя: наличие или отсутствие наклепа, микротрещин, твердости и др.

В нашем случае в качестве отделочной обработки поверхности детали являются – тонкое точение и шлифование. Предел выносливости формируется от вида обработки и после тонкого точения составляет 800МПа, а после шлифования 530МПа, что значительно меньше.

4.1.1 Работоспособность детали

Проверка работоспособности конструкции детали выполняется с помощью CAE-системы (например, Delcam или CAD/CAE/PDM-системы WinMachine). Для данной детали были проведены расчеты на возникновение напряжений при ее эксплуатации. Моделирование и расчеты были выполнены в программе SolidWorks. На рис. 1 показано статически узловое напряжение модели.

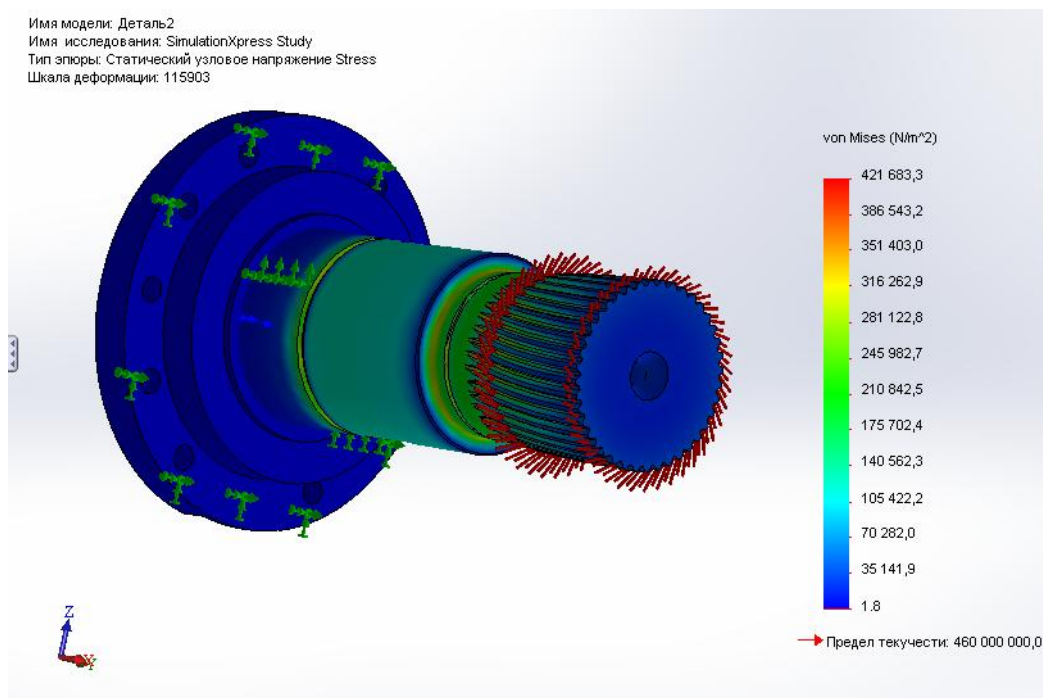


Рисунок 1 - Статически узловое напряжение модели

Шлицевой вал предназначен для передачи крутящего момента при помощи шлицев. Приложив усилие давления к шлицевому участку, на данном рисунке видно, что максимальное напряжение возникает в канавке, имеющую

наименьший диаметр, но толщины вполне хватает и этот участок выдерживает требуемые значения. В местах крепления детали, напряжения незначительные.

4.2. Способ получения заготовки

Выбор заготовки оказывает непосредственное влияние на возможность рационального построения технологического процесса изготовления как отдельных деталей, так и машины в целом, способствует снижению удельной металлоемкости и уменьшению отходов. Исходя из необходимости максимального приближения формы и размеров заготовки к параметрам готовой детали, следует применять прогрессивные методы и способы получения заготовок, такие как литье по выплавляемым моделям, литье в оболочковые формы, литье под давлением, штамповка в закрытых штампах, поэлементная штамповка, периодический прокат и др.

В качестве заготовок для деталей в мелкосерийном производстве обычно применяется недорогой полуфабрикат – прокат: круг, пруток, труба, лист, уголок, швеллер. В случае если диаметр круга недостаточен для получения детали, то применяют поковки. Если материал круга позволяет выполнить ковку, то можно отрезать заготовку от круга, а затем подвергнуть ковке.

Разрезка прутка, круга, трубы, уголка, швеллера с максимальным размером в сечении 80...100 мм производиться на механических ножовках, размером от 100 мм – на кругопильных станках.

Судя по габаритам предложенной детали максимальный диаметр которой составляет 210 мм, длиной 312 мм и материала Сталь 40Х, выберем наиболее подходящий по всем параметрам способ получения заготовки.

Первый метод, который рассмотрим, это получение заготовки из горячекатаного круга. Круг стальной (прокат круглый) изготавливают в заводских условиях способом горячего металлопроката. На строительном рынке круг стальной удерживает лидирующие позиции вот уже в течение многих лет. Круг горячекатаный производится по ГОСТ2590-2006. Прокат стальной круглый гост бывает различных видов. Точность прокатки — один из основных признаков, по которым круг классифицируют. А — говорит о

высокой точности, Б - о повышенной, а В - об обычной. Кроме вышеназванного признака, прокат круглый ГОСТ 2590-2006 классифицируется по марке стали, использованной в производстве круга: высоколегированной, легированной, углеродистой или низколегированной. Различается гост прокат горячекатаный круглый и по длине. Если круглый сортовой прокат создан из высоколегированной стали, то она составляет от 1 до 6 метров. Из углеродистой и легированной - от 2 до 6 метров. Из низколегированной - от 2 до 12 метров. Большое количество достоинств стальному кругу придают свойства стали, из которой круг стальной создан. Это в первую очередь высокие антикоррозийные свойства, незаменимые в агрессивной внешней среде. Кроме того, круг - прокат стальной горячекатаный круглый ГОСТ 2590-2006 имеет очень высокие показатели механической прочности и длительность срока службы.

Второй способ получения заготовки – это горячая объемная штамповка. Будем использовать круглую заготовку диаметром 300 мм, длиной 3000 мм. Стоимость такого проката составляет 50000 руб. за 1 тонну, в нашем случае стоимость такой заготовки равняется 10000 руб. шт. Из нее получим поковку диаметром 220 мм, длиной 320 мм, с помощью горячей объёмной штамповки. Горячая объёмная штамповка – это вид обработки металлов давлением, при которой формообразование поковки из нагретой до ковочной температуры заготовки осуществляют с помощью специального инструмента - штампа. Течение металла ограничивается поверхностями полостей (а также выступов), изготовленных в отдельных частях штампа, так что в конечный момент штамповки они образуют единую замкнутую полость (ручей) по конфигурации поковки.

В нашем случае целесообразно принять круг горячекатаный диаметром 220 мм и длиной 320 мм. Наиболее экономичным и технологичным является этот способ, потому что, круглую заготовку можно приобрести любого диаметра и различной длины, то есть на предприятии изготовителе ее сразу подготовят по нужным размерам, что очень удобно. Так же при изготовлении уйдёт минимум отходов, что не мало важно. Для штамповки необходимо

специальное оборудование – штамп, использование которого значительно увеличивает себестоимость готовой продукции.

4.3. Проектирование технологического маршрута

Несмотря на большое разнообразие размеров и конструктивных форм, валы подвергаются одинаковым процессам обработки. Типичными установочными базами для них являются центровые отверстия. На некоторых операциях обработки при воздействии изгибающих сил резания, например, при фрезеровании плоскостей, сверлении радиальных отверстий в качестве установочных баз используют обработанные шейки [6].

В зависимости от программы выпуска изделий технологический процесс изготовления валов может отличаться только последовательностью обработки или введением дополнительных операций [5].

Типовую схему процесса изготовления валов можно представить в такой последовательности:

1) подготовка технологических баз – подрезание торцов и центрование. Эту операцию выполняют на центровальных, фрезерно-центровальных и токарных станках;

2) черновая токарная обработка обоих концов вала, подрезание торцов и уступов;

3) чистовая токарная обработка в той же последовательности, что и черновая. Наружные поверхности валов обтачивают на токарных станках с ЧПУ в центрах, на токарно-копировальных и на многорезцовых одно- и многошпиндельных автоматах;

4) черновая и чистовая обработка фасонных поверхностей - нарезание шлицев;

5) выполнение второстепенных операций - сверления, развертывания, нарезание резьбы, фрезерование лысок;

6) черновое и чистовое шлифование наружных поверхностей, торцов.

Этапы обработки будут выглядеть следующим образом:

Операция 005 – Заготовительная. Данная операция выполняется на отрезном станке 8Г681. Деталь закрепляется в призмах с упором в торец и отрезается пилой диаметром 800 мм. Пила изготовлена из быстрорежущей стали. Отрезка заготовки показана на рис. 2.

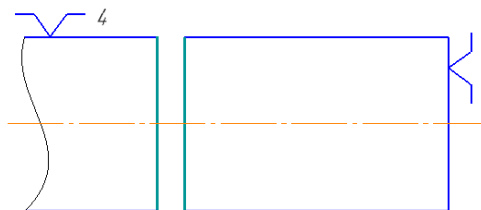


Рисунок 2 - Отрезка заготовки

Операция 010 – Токарная. Данная операция выполняется на токарно-винторезном станке 1К62, за два установа. На первом установе подрезается торец 3, протачиваются поверхности 1 и 2, и сверлется центровое отверстие 4 рис. 3. Деталь закрепляется в трехкулачковом патроне. Базами являются наружный диаметр и торец. Поверхность 2 на следующем установе будет служить технологической, а центровые отверстия позволяют обеспечить принцип постоянства баз для следующих операций.

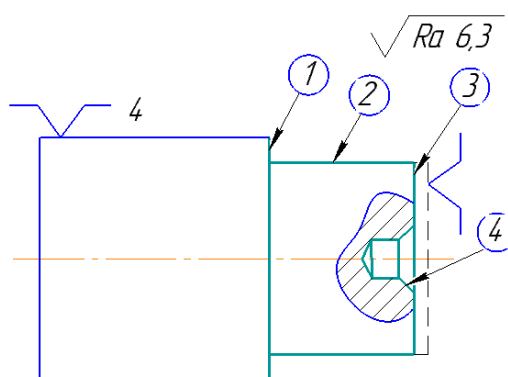


Рисунок 3 - Получение технологических баз

На втором установе подрезается торец 6, протачивается поверхность 5 и центруется отверстие 7 рис. 4. Центровые отверстия позволяют обеспечить принцип постоянства баз для следующих операций.

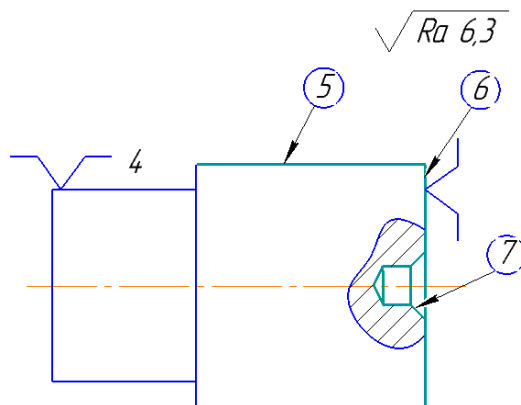


Рисунок 4 - Получение технологических баз

Операция 015 – Токарная с ЧПУ. На данной операции используется станок с числовым программным обеспечением СА500СФ3. На выполняемой операции, за два перехода обрабатываются на чисто поверхности детали, оставив на двух поверхностях припуск на шлифование. Деталь устанавливается в центрах. в передней бабке в рифленый центр, а в задней бабке во вращающийся центр.

На следующем этапе обработки заготовки будут получены поверхности: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 2 и канавки 4 и 20 рис. 5.

На поверхностях 13 и 17 останется припуск на шлифование. Поверхности 12, 13, 17, и 21 будут иметь шероховатость Ra 1,6, остальные поверхности Ra 6,3.

На поверхности 12 должен быть выдержан допуск на радиальное биение относительно базы Г оси центров.

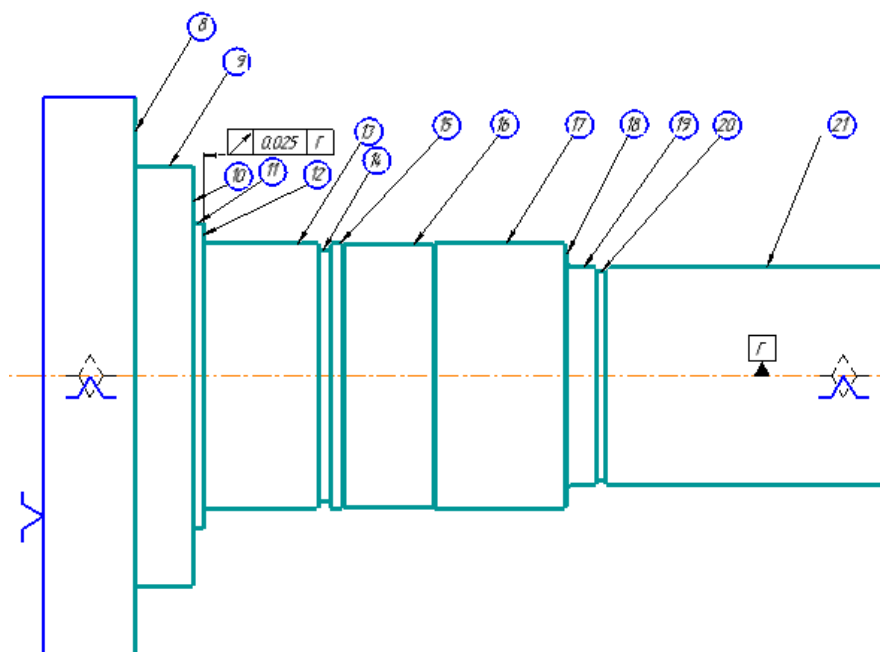


Рисунок 5 - Получение точных поверхностей

На втором установе будут получены поверхности 22, 23 и 24.
Шероховатость полученных поверхностей $Ra=1,6$.

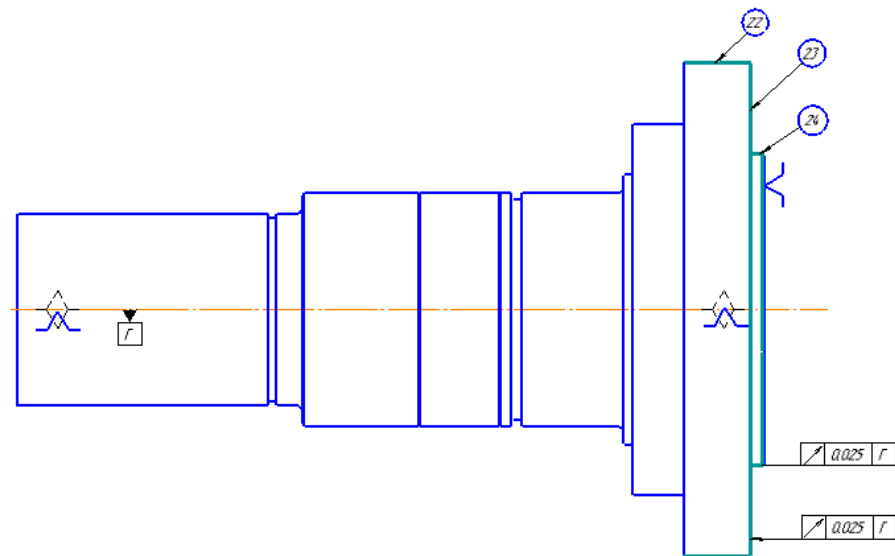
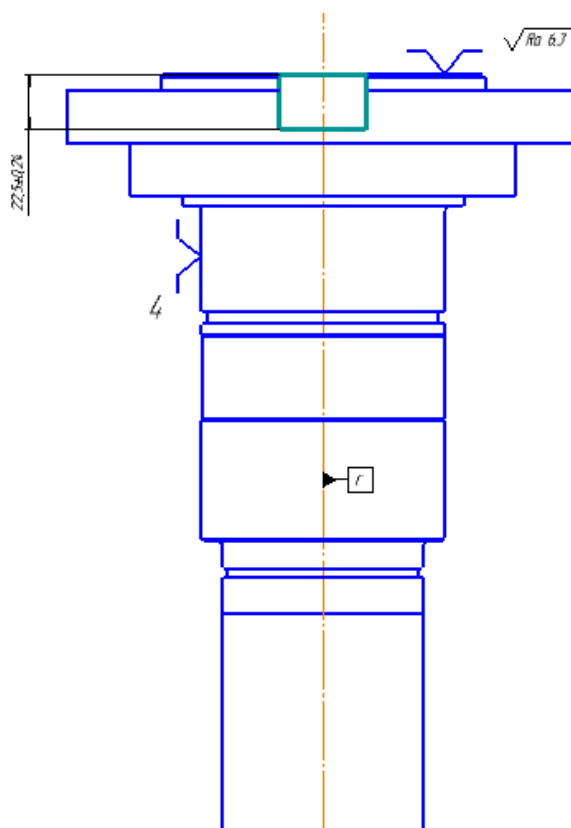


Рисунок 5.1 - Получение точных поверхностей

Операция 020 – Фрезерная с ЧПУ. Данная операция выполняется на вертикально фрезерном станке 6Р11Ф3-1. Деталь закрепляется в трехкулачковый патрон. На данной операции фрезеруются два паза 25 рис. 6. При фрезеровании пазов должен быть выдержан допуск симметричности относительно базы Г оси вала.



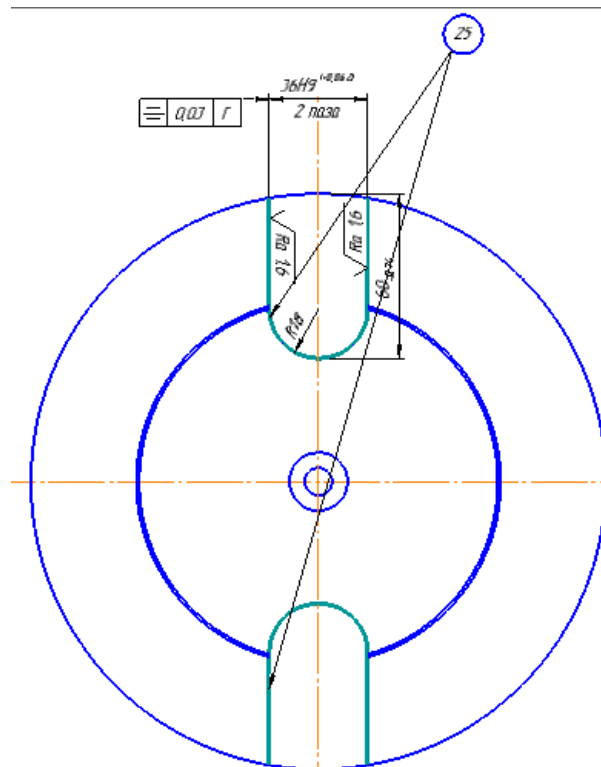


Рисунок 6 - Фрезерование пазов

Операция 025 – Слесарная. После фрезерования необходимо зачистить заусенцы. Заготовка закрепляется в тисках на слесарном столе.

Операция 030 – Координатно-расточная. Данная операция проходит за два установа. На первом установе деталь устанавливается в трех-кулачковый самоцентрирующийся патрон за точный наружный диаметр. На данном установе следует просверлить 10 отверстий 26 и за тем расточить их до диаметра 13мм, выдерживая угловой допуск с точностью в 7/ рис. 7.

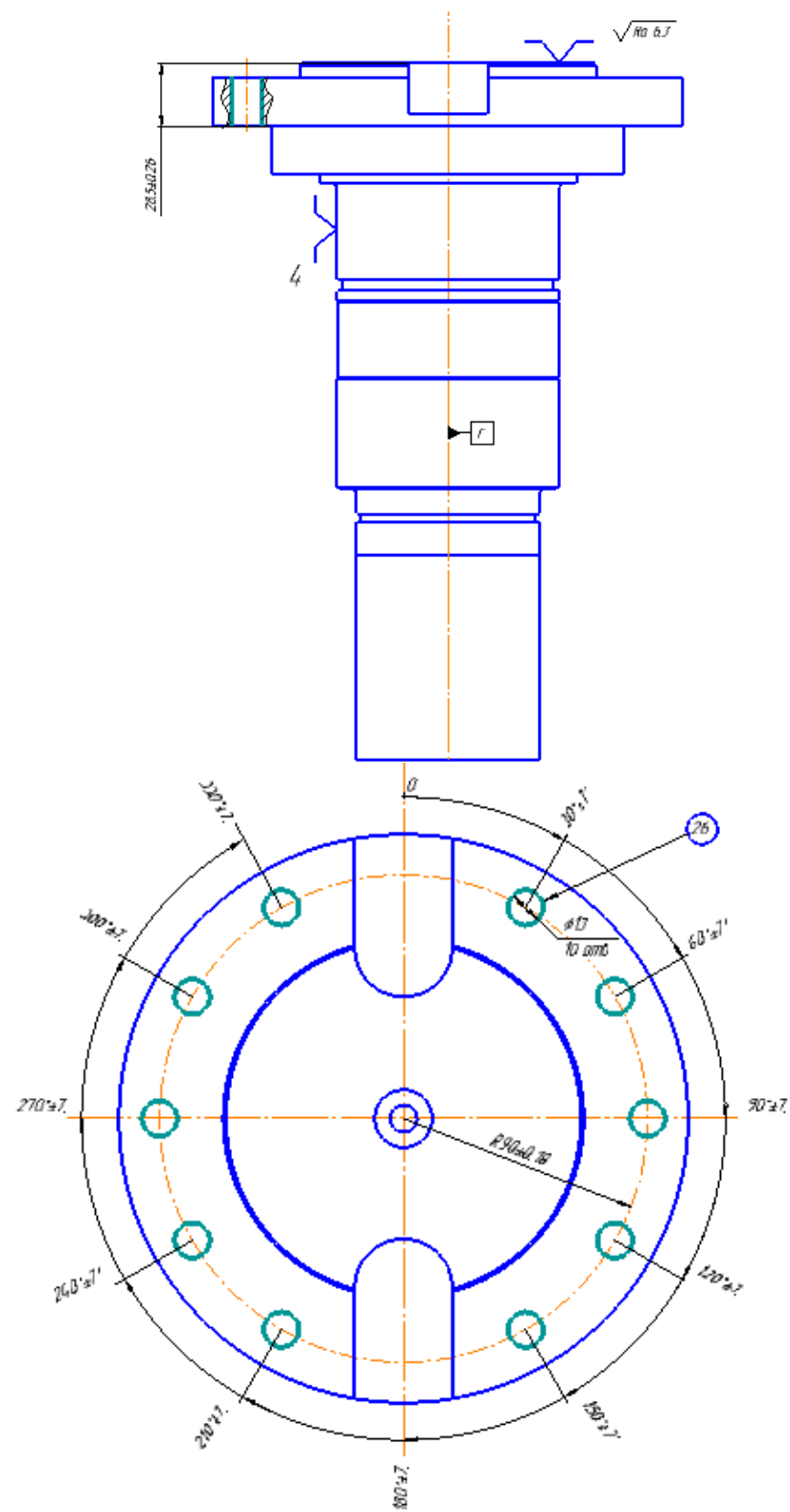


Рисунок 7 - Получение отверстий

На втором установе необходимо просверлить два отверстия 27 диаметром 14мм на заданную глубину под резьбу рис. 8.

Операция 045 – Термическая. Термическим улучшением называют термическую обработку, состоящую из закалки на мартенсит и последующего высокого отпуска на сорбит. Закалкой стали называется операция термической обработки, заключающаяся в нагреве её, по крайней мере, выше температуры 727°С , выдержке и последующем охлаждении в различных средах с целью повышения твердости и прочности.

Операция 050 – Круглошлифовальная. Данная операция выполняется на круглошлифовальном станке 3М151. Операция осуществляется за один установ. На данной операции обрабатываются поверхности 21 и 22 рис.10, к которым предъявляются требования к обеспечению низкой шероховатости Ra 0,8 и высокого качества точности. На данной операции обеспечивается допуск на радиальное биение. В качестве инструмента используется абразивный круг прямого профиля на керамической связке с зернистостью 40. Деталь устанавливается в поводковый центр и во вращающийся задний.

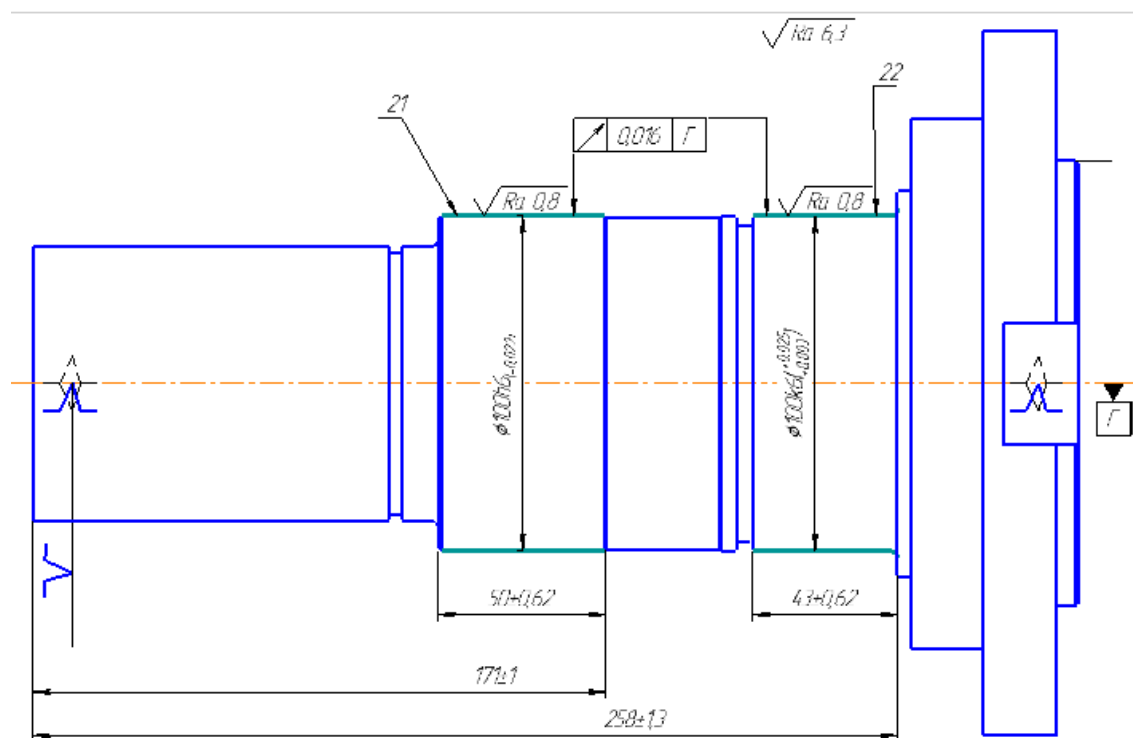


Рисунок 10 - Шлифование точных поверхностей

Операция 055 – Промывочная. Производится промывка деталей на моечных машинах.

Операция 060 – Гальваническая. Фосфатное покрытие – это один из методов защиты металлов от коррозии, для электроизоляции, для уменьшения

трения. Для нормального фосфатирования применяют препарат Мажеф с концентрацией 30 – 33 г/л при температуре 96 - 98°C в течении 5 -10 минут.

Операция 065 – Контрольная. Данная операция необходима для контроля полученных размеров. После измерения всех размеров, следует сравнить их с допусками на размер.

Операция 070 – Консервация. При консервации детали покрываются определенными консервантами и укладываются в соответствующую тару.

4.4 Подбор средств технологического оснащения

Таблица 2 - Средства технологического оснащения

Операция:	Оборудование:	Инструмент:	Приспособления:
005 Заготовительная	Отрезной станок 8Г681.	Пила отрезная: Пила-800 2257-0163 ГОСТ 4047-82.	Призмы 7033-0037 ГОСТ 12195-66 Штангенциркуль ШЦ-II-250-630-0,1 ГОСТ 166-89
010 Токарная	Токарно-винторезный станок 1К62.	Резец проходной 2100-1874 ГОСТ 26611-85. Пластина 01131-220412 ГОСТ 19043-80. Материал пластины Т5К10 Резец подрезной 2120-0520 ГОСТ 18874-73. Сверло центровочное 2317-0112 Материал сверла: Р6М5 ГОСТ 14952-75.	Патрон трехкулачковый самоцентрирующий: Патрон 7100-0035 ГОСТ 2675-80. Патрон сверлильный: Патрон 13-В16 ГОСТ 8522-79. Оправка 6039-0010 ГОСТ 2682-86.
015 Токарная с ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ СА500СФ3	Резец проходной 2100-1564 ГОСТ 26611-85. Пластина 01111-160304 ГОСТ 19043-80. Материал пластины Т5К10 Резец проходной 2100-1564 ГОСТ 26611-85. Пластина 01111-160404 ГОСТ 19043-80.	Центр рифленный: Центр КМ5 70-30. Вращающийся центр: Центр А-1-4-Н ГОСТ 8742-75. Резцедержатель 509.32.32 DIN 69880 В5 ГОСТ 24900-81 Резцедержатель 259.35.16 DIN 69880 В5 ГОСТ 24900-81

		Материал пластины Т30К4 Резец Sandvik Coromant RF 151.23-3225-30M1	
020 Фрезерная с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ 6P11Ф3-1	Фреза концевая Ø32мм 2223-4291 ГОСТ 23248-78.	Патрон трех-кулачковый : Патрон 7100-0020 ГОСТ 2675-80. Втулка переходная 6039-6003-01
025 Слесарная	Стол слесарный.	Надфиль 2828-0030 ГОСТ 23461-84	Тиски слесарные 7827-0259 ГОСТ 4045-75.
030 Координатно-расточная	Координатно-расточной станок 24K40СФ4 с ЧПУ	Расточной резец 1230-2080 ГОСТ 25827. Сверло центровочное Ø3,15мм 2317-0106 ГОСТ 14952-75 Материал сверла: Р6М5. Сверло спиральное 2300-5597 Ø10мм ГОСТ 4010-77. Материал сверла: Р6М5. Сверло спиральное Ø14мм 2300-5691 ГОСТ 4010-77.	Патрон ВТ40-12-24 MAS403 Втулка переходная ISO40-MS1 DIN2080 Патрон 6300-4018-08 DIN 69871-A
035 Слесарная:	Стол слесарный	Комплект метчиков М16 2621-1617 ГОСТ 3266-81.	Тиски слесарные 7827-0259 ГОСТ 4045-75.
040 Шлищефрезерная	Полуавтомат шлищефрезерный 5350А.	Фреза червячная шлицевая 2520-0674 ГОСТ 6637-80	Патрон трехкулачковый самоцентрирующий: Патрон 7100-0020 ГОСТ 2675-80. Кулачки прямые Ч7100-0002.004 Вращающийся центр: Центр А-1-4-Н ГОСТ 8742-75.
045 Круглошлифовальная	Круглошлифовальный станок 3М151.	Круг шлифовальный 1 600х50х305 22А 10-П С2 7 К1А 35м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83.	Поводковый патрон с плавающим центром: Патрон 7108-0023 ГОСТ 2571-71. Хомутик 7107-0042 ГОСТ 2578-70. Вращающийся центр: Центр А-1-4-Н ГОСТ 8742-75.

4.5 Выбор средств технологического контроля

Таблица 3 - Средства технологического контроля

№ операции	Способ контроля	Измерительный прибор
005 Заготовительная	Инструментальный, визуальный.	Штангенциркуль ШЦ-II-250-630-0,1 ГОСТ 166-89.
010 Токарная	Инструментальный.	Штангенциркуль ШЦ-II-250-630-0,1 ГОСТ 166-89. Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89. Глубиномер ГМ 25-2 ГОСТ 7470-92.
015 Токарная с ЧПУ	Инструментальный, визуальный.	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89. Микрометр МК 100-1 ГОСТ 6507-90. Микрометр МК 125-1 ГОСТ 6507-90. Микрометр МК 175-1 ГОСТ 6507-90. Микрометр МК 225-1 ГОСТ 6507-90. Индикатор ИЧ02 кл. 0 ГОСТ 577-68. Стойка магнитная гибкая ИНО-301М. Образцы шероховатости поверхности 1,6 Т ГОСТ 9378-93.
020 Фрезерная с ЧПУ	Инструментальный, визуальный.	Штангенциркуль ШЦ-I-250-0,05 ГОСТ 166-89. Глубиномер ГМ-25-2 ГОСТ 7470-92. Концевые меры длины 5 класса ГОСТ 9038-83.
025 Слесарная	Инструментальный.	Надфиль 2828-0030 ГОСТ 23461-84.
030 Координатно-расточная	Инструментальный.	Штангенциркуль ШЦ-II-125-0,05 ГОСТ 166-89 Микроскоп УИМ-21 ГОСТ 14968-69.

		Глубиномер ГМ 50-2 ГОСТ 7470-92.
035 Слесарная	Инструментальный.	Комплект метчиков М16 2621-1617 ГОСТ 3266-81 Калибр резьбовой ГОСТ 2016-86.
040 Шлицефрезерная	Инструментальный.	Калибр для контроля шлицевых соединений ГОСТ 6528-53.
050 Круглошлифовальная	Инструментальный.	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-75. Карандаш алмазный 3908-0059-2 ГОСТ 607-80. Головка измерительная 1ИГМ ГОСТ 5584-75. Стойка С-III ГОСТ 10197-70.

Рассмотрим время выполнения каждой операции технологического процесса.

Таблица 4 - Время изготовления детали

№ Операции	Время, затраченное на механическую обработку, мин.	Время, затраченное на установку, наладку оборудования, мин.	Общее время операции, мин.
005 Заготовительная	15	15	30
010 Токарная			
Установ А	10	20	30
Установ Б	10	2	12
015 Токарная с ЧПУ	-	-	-
Установ А	60	45	105
Установ Б	10	10	20
020 Фрезерная С ЧПУ	15	40	55
025 Слесарная	20	10	30
030 Координатно- расточная	-	-	-
Установ А.	60	35	95
Установ Б.	10	20	30
035 Слесарная	15	15	30

040 Шлицефрезерная	40	30	70
045 Термическая			
Часть 1			
Время выдержки	90	5	95
Часть 2			
Отпуск	40	5	45
050	30	30	60
Круглошлифовальная			
055 Промывочная			10
060 Гальваническая	15	40	45
065 Контрольная			30
070 Консервация			15
Итого, Σ :			829

Таким образом полное время получения готовой детали из заготовки равняется 829 мин, не считая перемещение детали по цехам.

4.6 Расчет припусков на обработку

При проектировании технологических процессов механической обработки заготовок необходимо установить оптимальные припуски, которые обеспечили бы заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей.

Припуском называется слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности.

Расчет припуска дается ГОСТ 31109-82. Методами расчета минимального припуска являются два метода: опытно-статистический; расчетно-аналитический (ГОСТ 7505-74; 7062-79; 7829-70). Расчетно-аналитический метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки поверхности детали (промежуточные припуски, их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности и расчет промежуточных размеров, определяющих положение поверхности, и размеров заготовки). Применение этого метода сокращает в среднем отход металла в стружку, по сравнению с табличными значениями, создает единую систему припусков на обработку и размеров деталей по технологическим переходам и заготовок, способствует повышению технологической культуры производства [7].

Расчет припуска на обработку наружного диаметра Ø100h6_{-0,022}мм.

Таблица 5 - Припуска на механическую обработку наружной поверхности заготовки

Технологические операции обработки и заготовки	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{\min}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск T_d , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мм	
	Rz	h	Δ	ε				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Прокат	320	400	1605	-	-	105,2572	3200	105,2572	108,4572		
Черновое	63	60	96,3	-	4650	100,6072	1600	100,6072	102,2072	4,65	6,25
Чистовое	32	30	4,81	-	438,6	100,1686	250	100,1686	100,4186	0,4386	1,7886
Тонкое	6,3	-	0,193	-	133,62	100,03498	100	100,0349	100,1349	0,01336	0,28362
Шлифование	5	2	0,003852	-	12,98	100,022	16	100,022	100,038	0,01298	0,09698
Итого, Σ :										5,11494	8,4192

Для аналитического расчета припуска необходимо установить все элементы припуска [7]:

R_{zi-1} - величину шероховатости поверхности, полученную в результате предыдущего перехода;

h_{i-1} - толщину дефектного слоя, полученного в результате всей предыдущей обработки;

Δ - суммарное, отклонение расположения обрабатываемой поверхности относительно установочной базы, используемой на анализируемом переходе, и погрешность формы обрабатываемой поверхности, полученную в результате всей предшествующей обработки;

ε_i - погрешность установки заготовки при реализации перехода, для которого рассчитывается припуск.

При расчете минимального припуска все эти слагаемые ссуммируются: при последовательной обработке поверхностей (односторонний припуск):

$$z_{i \min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta \sum_{i-1} + \varepsilon_i \quad (1)$$

при параллельной обработке противоположных поверхностей (двухсторонний припуск):

$$2z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta \sum_{i-1} + \varepsilon_i) \quad (2)$$

Величины R_z и h определяются по таблицам справочника [9], в зависимости от вида обработки поверхности и способа получения исходной заготовки.

Принимаем погрешность установки при обработке вала в центрах равной нулю $\varepsilon=0$.

Определяем суммарную погрешность для валов

$$\Delta_{\text{пр}}^3 = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2}, \quad (3)$$

где $\Delta_{\text{кор}}$ - величина коробления заготовки в месте обработки поверхности;

$\Delta_{\text{ц}}$ - погрешность расположения центровых отверстий.

$$\Delta_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l, \quad (4)$$

где $\Delta_{\text{к}}$ - удельная величина изогнутости заготовки вала, мкм/мм;

l - наибольшее расстояние от обрабатываемой поверхности до одного из крайних торцов вала, мм.

Величина погрешности зацентровки

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25\sqrt{Td^2 + 1}, \quad (5)$$

где Td – допуск диаметра базовой поверхности заготовки на операции зацентровки.

Определяем величину коробления заготовки и величину погрешности расположения

$$\Delta_{\text{кор}} = 1,5 \text{ мкм/мм} \cdot 121 \text{ мм} = 0,181 \text{ мм};$$

$$Td = 6,3;$$

$$\Delta_{\text{ц}} = 0,25\sqrt{6,3^2 + 1} = 1,59 \text{ мм}.$$

Определяем величину пространственных отклонений для назначенных операций:

$$\Delta_{\text{пр}}^3 = \sqrt{0,181^2 + 1,59^2} = 1,605 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{Тчер}} = \Delta_{\text{пр}}^3 \cdot K_y^{\text{Тчер}} = 1,605 \cdot 0,06 = 0,0963 \text{ мм};$$

где K_y - поправочный коэффициент.

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{Тчис}} = \Delta_{\text{пр}}^{\text{Тчер}} \cdot K_y^{\text{Тчис}} = 0,0963 \cdot 0,05 = 0,00481 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{Ттон}} = \Delta_{\text{пр}}^{\text{Тчис}} \cdot K_y^{\text{Ттон}} = 0,00481 \cdot 0,04 = 0,000193 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{Шл}} = \Delta_{\text{пр}}^{\text{Ттон}} \cdot K_y^{\text{Шл}} = 0,000193 \cdot 0,02 = 0,000003852.$$

Расчет величины минимальных диаметральных припусков:

$$2Z_{\min}^i = 2[Rz^{i-1} + h^{i-1} + \sqrt{(\Delta_{\text{пр}}^{i-1}) + (\Delta E_y^i)}]; \quad (6)$$

$$2Z_{\min}^{\text{Шл}} = 2[6,3 + \sqrt{0,19^2}] = 12,98 = 0,01298 \text{ мм};$$

h^{i-1} - не учитывается при расчете припуска на шлифование.

$$2Z_{\min}^{\text{Ттон}} = 2[32 + 30 + \sqrt{4,81^2}] = 133,62 = 0,13362 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min}^{\text{Тчис}} = 2[63 + 60 + \sqrt{96,3^2}] = 438,6 = 0,4386 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min}^{\text{Тчер}} = 2[320 + 400 + \sqrt{1605^2}] = 4650 = 4,65 \text{ мм}.$$

Определяем расчетные минимальные размеры валов на всех операциях:

$$d_{\min}^{i-1} = d_{\min}^i + 2Z_{\min}^i, \quad (7)$$

где $d_{\min}^i$ – наименьший предельный размер, полученный на выполняемом технологическом переходе;

$d_{\min}^{i-1}$ – наименьший предельный размер, полученный на предшествующем переходе.

$$d_{\min}^{\text{Шл}} = 100,022 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^{\text{Ттон}} = 100,022 + 0,01298 = 100,03498 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^{\text{Тчис}} = 100,03498 + 0,13362 = 100,1686 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^{\text{Тчер}} = 100,1686 + 0,4386 = 100,6072 \text{ мм};$$

$$d_{\min}^3 = 100,6072 + 4,65 = 105,2572 \text{ мм}.$$

Расчет наибольших значений предельных операционных размеров:

$$d_{\max}^i = d_{\min}^i + Td^i, \quad (8)$$

$$d_{\max}^{\text{Шл}} = 100,022 + 0,016 = 100,038;$$

$$d_{\max}^{\text{Ттон}} = 100,03498 + 0,1 = 100,13498;$$

$$d_{\max}^{\text{чис}} = 100,1686 + 0,25 = 100,4186;$$

$$d_{\max}^{\text{чер}} = 100,6072 + 1,6 = 102,2072;$$

$$d_{max}^3 = 105,2572 + 3,2 = 108,4572.$$

Расчет предельных значений операционных припусков валов:

$$2Z_{max}^i = d_{max}^{i-1} - d_{max}^i, \quad (9)$$

где d_{max}^i - наибольший предельный размер, полученный на выполняемом технологическом переходе;

d_{min}^{i-1} - наибольший предельный размер, полученный на предшествующем переходе.

$$2Z_{min}^i = d_{min}^{i-1} - d_{min}^i, \quad (10)$$

$$2Z_{max}^{шл} = 100,13498 - 100,038 = 0,09698 \text{ мм};$$

$$2Z_{max}^{тон} = 100,4186 - 100,13498 = 0,28362 \text{ мм};$$

$$2Z_{max}^{чис} = 102,2072 - 100,4186 = 1,7886 \text{ мм};$$

$$2Z_{max}^{чер} = 108,4572 - 102,2072 = 6,25 \text{ мм};$$

$$2Z_{min}^{шл} = 100,03498 - 100,022 = 0,01298 \text{ мм};$$

$$2Z_{min}^{тон} = 100,1686 - 100,03498 = 0,013362 \text{ мм};$$

$$2Z_{min}^{чис} = 100,6072 - 100,1686 = 0,4386 \text{ мм};$$

$$2Z_{min}^{чер} = 105,2572 - 100,6072 = 4,65 \text{ мм}.$$

Расчет номинального размера поверхности заготовки

$$d_{ном}^3 = d_{max}^3 - es^3 = 108,4572 - 0,022 = 108,4352 \text{ мм}.$$

Расчет припусков на обработку отверстия Ø13Н14.

Таблица 6 - Припуска на механическую обработку отверстия

Технологические операции и переходы обработки поверхности	Элементы припуска в мкм				Расчётный припуск $2Z_{min}$ в мкм	Расчётный размер в мм	Допуск δ в мкм	Предельные размеры в мм		Предельные значения припусков, мкм	
	Rz	h	Δ	ε_y				max	min	max	min
Заготовка	100	100	439	-	-	11,1114	430	11,53	11,1	-	-
Сверление	40	60	21,94	420	1,2776	12,389	430	12,83	12,4	1300	1300
Растачивание	20	25	-	100	1,041	13,43	430	13,83	13,4	1000	1000

Величину коробления отверстия следует учитывать как в диаметральном, так и в осевом его сечении, поэтому

$$\Delta_{кор} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} = \sqrt{(0.7 \cdot 13)^2 + (0.7 \cdot 22)^2} = 17,9 \text{ мкм};$$

Учитывая, что суммарное смещение отверстия относительно наружной поверхности представляет геометрическую сумму в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, получаем:

$$\Delta_{см} = \sqrt{215^2 + 215^2} = 438,4 \text{ мкм};$$

Таким образом, суммарное значение пространственного отклонения заготовки составит

$$\Delta_3 = \sqrt{438,4^2 + 17,9^2} = 438,8 \text{ мкм};$$

Величина остаточного пространственного отклонения сверления

$$\Delta_1 = 0,05 \cdot 438,8 = 21,94 \text{ мкм};$$

Теперь рассчитываем минимальные значения припуска.

Минимальный припуск под сверление:

$$2Z_{\min 1} = 2 \left[R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right] = 2 \cdot (100 + 100 + 438,8) = 1,2776 \text{ мкм} \quad (11)$$

Под чистовое точение:

$$2Z_{\min 2} = 2 \left[R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right] = 2 \cdot (40 + 60 + 420,572) = 1,0411 \text{ мкм}$$

Таким образом, имея расчетный размер, после последнего перехода для остальных переходов получаем:

$$d_{p1} = 13,43 - 1,0411 = 12,389 \text{ мм};$$

$$d_{p2} = 12,389 - 1,2776 = 11,1114 \text{ мм}.$$

Наибольшие предельные размеры вычисляем прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру.

$$d_{\max 2} = 13,4 + 0,43 = 13,83 \text{ мм};$$

$$d_{\max 1} = 12,4 + 0,43 = 12,83 \text{ мм};$$

$$d_{\max 3} = 11,1 + 0,43 = 11,53 \text{ мм}.$$

Максимальные предельные значения припусков.

$$2Z_{\max 2}^{np} = 13,83 - 12,83 = 1000 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 1}^{np} = 12,83 - 11,5 = 1300 \text{ мкм}.$$

Минимальные предельные значения припусков.

$$2Z_{\min 2}^{np} = 13,4 - 12,4 = 1000 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min 1}^{np} = 12,4 - 11,1 = 1300 \text{ мкм.}$$

Расчет припусков на обработку торцов 312h14.

Таблица 7 - Припуск на механическую обработку торцов

Технологические операции и переходы обработки поверхности	Элементы припуска в мкм				Расчётный припуск $2Z_{\min}$ в мкм	Расчётный размер в мм	Допуск δ в мкм	Предельные размеры в мм		Предельные значения припусков, мкм	
	Rz	h	Δ	ε_y				max	min	max	min
Отрезка	150	150	110	-	-	312	2500	314,5	312	-	-
Подрезание первого торца	50	50	56	-	2·410	311,2	1300	312,5	311,2	2000	800
Подрезание второго торца	50	50	56	-	2·156	310,8	1300	312,1	310,8	400	400
Подрезание первого торца	30	30	14	-	2·74	310,7	1300	312	310,7	100	100

Теперь рассчитываем минимальные значения припуска.

Минимальный припуск под подрезание первого торца:

$$2Z_{\min 1} = 2[R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{i-1}] = 2 \cdot (150 + 150 + 110) = 2 \cdot 410 \text{ мкм}$$

Под подрезание второго торца:

$$2Z_{\min 2} = 2[R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{i-1}] = 2 \cdot (50 + 50 + 56) = 2 \cdot 156 \text{ мкм};$$

Под подрезание первого торца:

$$2Z_{\min 3} = 2[R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}] = 2 \cdot (30 + 30 + 14) = 2 \cdot 74 \text{ мкм.}$$

Расчетный размер заполняется, начиная с конечного размера, путем последовательного прибавления расчетного минимального припуска каждого технологического перехода.

$$d_{p2} = 310,7 + 0,148 = 310,848 \text{ мм};$$

$$d_{p1} = 310,848 + 0,312 = 311,16 \text{ мм};$$

$$d_{p3} = 311,16 + 0,82 = 311,98 \text{ мм.}$$

Наибольшие предельные размеры вычисляем прибавлением допуска к округленному наименьшему предельному размеру.

$$d_{\max 3} = 310,7 + 1,3 = 312 \text{ мм};$$

$$d_{\max 2} = 310,8 + 1,3 = 312,1 \text{ мм};$$

$$d_{\max 1} = 311,2 + 1,3 = 312,5 \text{ мм};$$

$$d_{\max 3} = 312 + 2,5 = 314,5 \text{ мм}.$$

Максимальные предельные значения припусков.

$$2Z_{\max 3}^{np} = 312,1 - 312 = 100 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 2}^{np} = 312,5 - 312,1 = 400 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 1}^{np} = 314,5 - 312,5 = 2000 \text{ мкм}.$$

Минимальные предельные значения припусков.

$$2Z_{\min 3}^{np} = 310,8 - 310,7 = 100 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 2}^{np} = 311,2 - 310,8 = 400 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min 1}^{np} = 312 - 311,2 = 800 \text{ мкм}.$$

4.7 Расчет режимов резания

Для двух разнохарактерных операций производится аналитический расчёт режимов резания. Во-первых, выбирается режущий инструмент и указывается материал его режущей части, а затем рассчитываются режимы обработки в такой последовательности: назначается глубина резания; выбирается подача; рассчитывается скорость резания, частота вращения шпинделя, которая уточняется по паспорту станка; определяется фактическая скорость резания; рассчитывается сила резания и мощность резания [8].

Токарная с ЧПУ

Точение наружного диаметра $\varnothing 82h9$

Инструмент: резец токарный проходной; материал инструмента – Т5К10.

Обрабатываемый материал Сталь 40Х.

1) Расчет длины рабочего хода.

$$L_{px} = L_{рез} + y + L_{дон}, \quad (12)$$

где $L_{рез} = 121 \text{ мм}$ - длина резания;

y - подвод, врезание и перебег инструмента,

$$L_{дон} = 0.$$

$$y = y_{врез} + y_{подв} + y_n \quad (13)$$

$$y = 2 + 2 = 4 \text{ мм}$$

$$L_{px} = 121 + 4 = 125 \text{ мм}.$$

2) Назначение подачи суппорта на оборот шпинделя.

$$S_0 = 0,2 \text{ мм/об.}$$

3) Определение стойкости инструмента по нормативам T_p .

$$T_p = T_M \cdot \lambda, \quad (14)$$

где $T_M = 50 \text{ мин}$ - стойкость машинной работы станка, мин;

λ - коэффициент времени резания.

$$\lambda = \frac{L_{рез}}{L_{px}} = \frac{121}{125} = 0,968, \quad (15)$$

В случаях, когда $\lambda > 0,7$, можно, не рассчитывая, принимать $T_p \approx T_M \approx 50$ мин.

Расчет скорости резания v в м/мин и числа оборотов шпинделя n в мин..

$$v = v_{таб} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (16)$$

где $v_{таб} = 150 \text{ м/мин}$ - табличное значение скорости резания;

$K_1 = 0,7$ - коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала – сталь 40Х;

$K_2 = 1,0$ - коэффициент, зависящий от стойкости и марки твердого сплава;

$K_3 = 1,05$ - коэффициент, зависящий от вида обработки.

4) Скорость резания

$$v = 150 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,05 = 110,25 \text{ м/мин.}$$

Рассчитаем число оборотов шпинделя по выбранной скорости резания.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} \quad (17)$$

где d - обрабатываемый диаметр, мм;

$$n = \frac{1000 \cdot 110,25}{3,14 \cdot 82} = 428,19 \text{ об/мин.}$$

Примем $n = 428 \text{ об/мин}$, тогда скорость резания определим по формуле (18):

$$g = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 82 \cdot 428}{1000} = 110,2 \text{ м/мин} \quad (18)$$

5) Расчет основного машинного времени обработки t_m .

$$t_m = \frac{L_{px}}{n \cdot S_o} = \frac{125}{428 \cdot 0,2} = 1,46 \text{ мин}, \quad (19)$$

6) Определение мощности резания.

$$P_z = P_{zmax} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (20)$$

где $P_{zmax} = 150$ - сила резания в кг;

$K_1 = 0,85$ - коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_2 = 1,0$ - , коэффициент, зависящий от скорости резания и переднего угла при точении сталей твердосплавным инструментом.

Тогда:

$$P_z = 150 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 127,5 \text{ кг}.$$

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot v}{6120}$$

$$N_{рез} = \frac{127,5 \cdot 110,2}{6120} = 2,3 \text{ кВт},$$

Сверление отверстия $\varnothing 10$ мм

Инструмент: сверло спиральное $\varnothing 10$ мм; материал сверла сталь Р6М5.

1) Расчет рабочего хода.

$$L_{px} = L_{рез} + y + L_{дон}, \quad (21)$$

где $L_{рез} = 22$ мм - длина резания;

$y = 2$ мм - подвод, врезание и перебег инструмента;

$$L_{дон} = 0.$$

$$L_{px} = 22 + 2 = 24 \text{ мм}.$$

2) Назначение подачи суппорта на оборот шпинделя станка S_o .

При группе I, при $L_{рез}/d = 24/10 = 2,4$, подача на оборот инструмента $S_o = 0,2$ мм/об.

3) Определение стойкости инструмента по нормам.

$$T_p = T_M \cdot \lambda, \quad (22)$$

где $T_M = 20$ - машинное время, мин;

λ - коэффициент времени резания каждого инструмента.

$$\lambda = \frac{L_{рез}}{L_{px}} = \frac{22}{24} = 0,916 \quad (23)$$

$$T_P = T_M \cdot \lambda = 20 \cdot 0,916 = 18 \text{ мин.}$$

4) Расчет скорости резания.

$$v = v_{таб} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (24)$$

где $v_{таб} = 20 \text{ м / мин}$ - табличное значение скорости резания;

$K_1 = 0,65$ - коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

$K_2 = 1,25$ - коэффициент, зависящий от стойкости инструмента;

$K_3 = 1,0$ - коэффициент, зависящий от отношения длины резания к диаметру обработки, при горизонтальном сверлении не учитывается.

$$v = 20 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 16,25 \text{ м / мин.}$$

5) Рассчитаем число оборотов шпинделя.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}, \quad (25)$$

где d - диаметр сверла, мм;

$$n = \frac{1000 \cdot 16,25}{3,14 \cdot 10} = 517,5 \text{ об / мин.}$$

6) Расчет основного машинного времени обработки t_M .

$$t_M = \frac{L_{px}}{n \cdot S_0} = \frac{24}{517,5 \cdot 0,2} = 0,232 \text{ мин}$$

7) Определение осевой силы резания.

$$P_0 = P_{таб} \cdot K_P, \quad (26)$$

где $P_{таб} = 120$ - табличное значение осевой силы резания;

$K_P = 1,25$ - коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала.

$$P_Z = 120 \cdot 1,25 = 150 \text{ кг.}$$

8) Определение мощности резания.

$$N_{рез} = N_{таб} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000}, \quad (27)$$

где $N_{таб} = 0,25 \text{ кВт}$, - табличное значение мощности;

$K_N = 1,25$ - коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала.

$$N_{рез} = \frac{0,25 \cdot 1,25 \cdot 517,5}{1000} = 0,161 \text{ кВт}, .$$

Проверим мощность резания по мощности двигателя станка.

$$N_{рез} < 1,2 \cdot N_{дв} \cdot \eta, \quad (28)$$

где $N_{дв} = 1,5 \text{ кВт}$;

$$\eta = 0,88;$$

$$0,161 \text{ кВт} < 1,5 \text{ кВт}$$

Шлифование наружного диаметра $\varnothing 100h6$.

Инструмент: абразивный инструмент – электрокорунд белый.

Круг шлифовальный 1 600x50x305 22А 10-П С2 7 К1А 35м/с А 1кл.

1) Расчет скорости шлифовального круга.

$$g = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60},$$

где $d = 600 \text{ мм}$ – диаметр круга, мм;

n – число оборотов круга по станку.

$$g = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 600}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с}.$$

2) Выбор характеристики шлифовального круга.

- класс чистоты поверхности: 6;
- точность обработки: $\delta < 0,03 \text{ мм}$;
- обрабатываемый металл: сталь 40Х;
- скорость круга: $v = 35 \text{ м/с}$.

3) Расчет скорости v и числа оборотов детали n в минуту.

При скорости круга 35м/сек и твердости обрабатываемого материала 28...34 HRC.

Тогда число оборотов детали:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 35}{100 \cdot 3,14} = 111,465 \text{ об/мин},$$

Принимаем значение $n = 111 \text{ об/мин}$.

Уточнение скорости вращения детали по принятым оборотам шпинделя:

$$g = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 111}{1000} = 34,854 \text{ м/мин}.$$

4) Выбор минутной поперечной подачи s_M .

а) шлифование первой шейки.

$$S_M = S_{M \text{ табл}} K_1 K_2 K_3, \quad (29)$$

где $S_{M \text{ табл}} = 1,0$ – минутная подача по таблице, мм/мин;

$K_1 = 1,1$ – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга;

$K_2 = 0,7$ – коэффициент, зависящий от припуска и точности;

$K_3 = 1,1$ – коэффициент, зависящий от диаметра круга, количества кругов и характера поверхности.

$$S_M = S_{M \text{ табл}} K_1 K_2 K_3 = 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 1,1 = 0,847 \text{ мм/мин.}$$

б) шлифование второй шейки.

$$S_M = S_{M \text{ табл}} K_1 K_2 K_3,$$

где $S_{M \text{ табл}} = 1,0$ – минутная подача по таблице, мм/мин;

$K_1 = 1,1$ – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга;

$K_2 = 0,7$ – коэффициент, зависящий от припуска и точности;

$K_3 = 1,1$ – коэффициент, зависящий от диаметра круга, количества кругов и характера поверхности.

$$S_M = S_{M \text{ табл}} K_1 K_2 K_3 = 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,7 \cdot 1,1 = 0,847 \text{ мм/мин.}$$

5) Определение времени выхаживания $t_{\text{вых}}$.

а) на шлифование первой шейки.

$$t'_{\text{вых}} = 0,07 \text{ мин;}$$

б) на шлифование второй шейки.

$$t''_{\text{вых}} = 0,07 \text{ мин;}$$

в) общее время выхаживания.

$$t_{\text{вых}} = t'_{\text{вых}} + t''_{\text{вых}} = 0,07 + 0,07 = 0,14 \text{ мин.}$$

6) Определение величины слоя, снимаемого при выхаживании $a_{\text{вых}}$.

$$a_{\text{вых}} = 0,05 \text{ мм.}$$

7) Расчет машинного времени t_M .

а) на шлифование первой шейки.

$$t_M^a = \frac{1,3(a - a_{\text{вых}})}{S_M} + t_{\text{вых}} = \frac{1,3 \cdot 0,09}{1,524} = 0,016 \text{ мин;}$$

б) на шлифование второй шейки.

$$t_M^b = \frac{1,3(a - a_{\text{вых}})}{S_M} + t_{\text{вых}} = \frac{1,3 \cdot 0,09}{1,524} = 0,016 \text{ мин;}$$

в) расчет общего машинного времени:

$$t_M = t_M^a + t_M^b = 0,016 + 0,016 = 0,032 \text{ мин.}$$

8) Эффективная мощность при шлифовании.

$$N = C_N \cdot V_3^{r \cdot x \cdot y \cdot q}, \quad (30)$$

где C_N - коэффициент, $C_N = 2,65$;

V_3 - скорость вращения заготовки, м/мин.;

$r=0,5, x=0,5, y=0,55, q=0$ - показатели степени.

$$N = C_N \cdot V_3^{r \cdot x \cdot y \cdot q} = 2,65 \cdot 34,85^{0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,55} = 4,2 \text{ кВт},$$

$$N_0 < N_{CT}$$

$$4,2 \text{ кВт} < 7 \text{ кВт}$$

Аналогичным образом проводим расчеты режимов резания для 2-х последующих операций, режимы резания для остальных операций подберем по справочнику [7], и по справочнику [8]. Заносим расчетные данные в таблицу 8.

Таблица 8 - Режимы резания

Операция	Инструмент	Глубина t , мм	Подача S , мм/об	Скорость v , м/мин	Стойкость T , мин
Токарная с ЧПУ: Черновая	Резец проходной 2100-1874 ГОСТ 26611-85. Пластина 01131-22-412 ГОСТ 19043-80. Материал пластины T15K6	2	0,4	150	30
	Чистовая	1	0,2	200	30
	Тонкое точение	0,5	0,2	220	30
	Резец канавочный 2130-0505 ГОСТ 18874-73.	3	0,2	150	30
Фрезерная с ЧПУ: Черновая	Фреза концевая Ø32мм	3	0,1	32	30

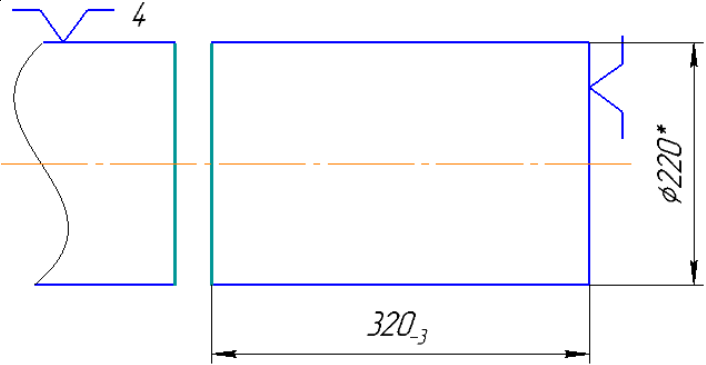
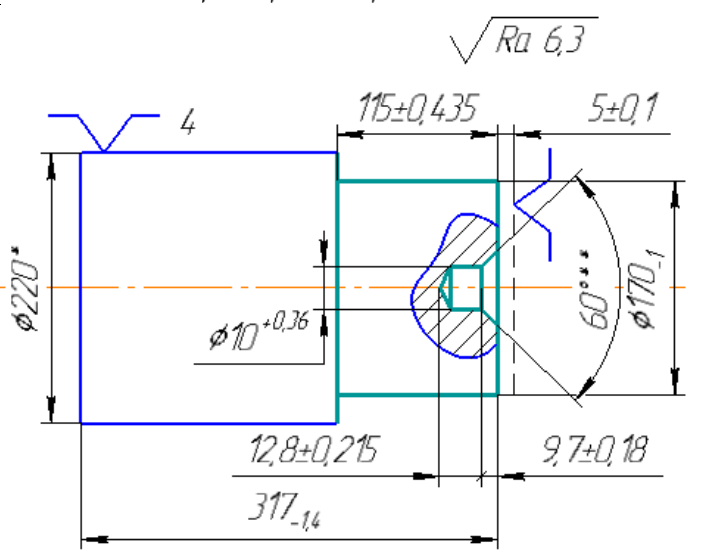
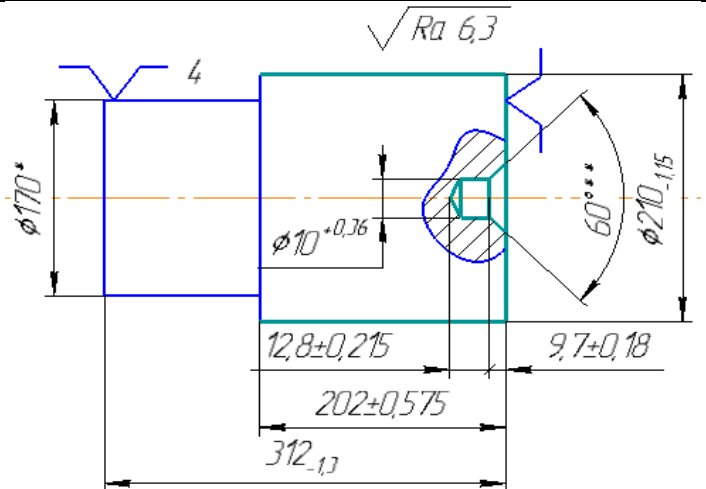
Чистовая	2223-4291 ГОСТ 23248-78. Фреза концевая Ø32мм 2223-4291 ГОСТ 23248-78.	1	0,15	35	30
Координатно-расточная с ЧПУ: Центрование	Сверло центровочное Ø3,15мм 2317-0106 ГОСТ 14952-75 Материал сверла: Р6М5.	7	0,15	28	20
Сверление Чистовое	Сверло спиральное 2300-5597 Ø10мм ГОСТ 4010-77. Материал сверла: Р6М5.	22	0,27	17	30
Расточная Чистовое	Расточной резец 1230-2080 ГОСТ 25827.	0,4	0,15	200	30
Шлицефрезерная: Чистовая	Фреза червячная шлицевая 2520-0674 ГОСТ 6637-80	0,2	1,9	68	30
Круглошлифовальная: Чистовая	Круг шлифовальный 1 600х50х305 22А 10-П С2 7 К1А 35м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83.	0,05	1,25	35	40

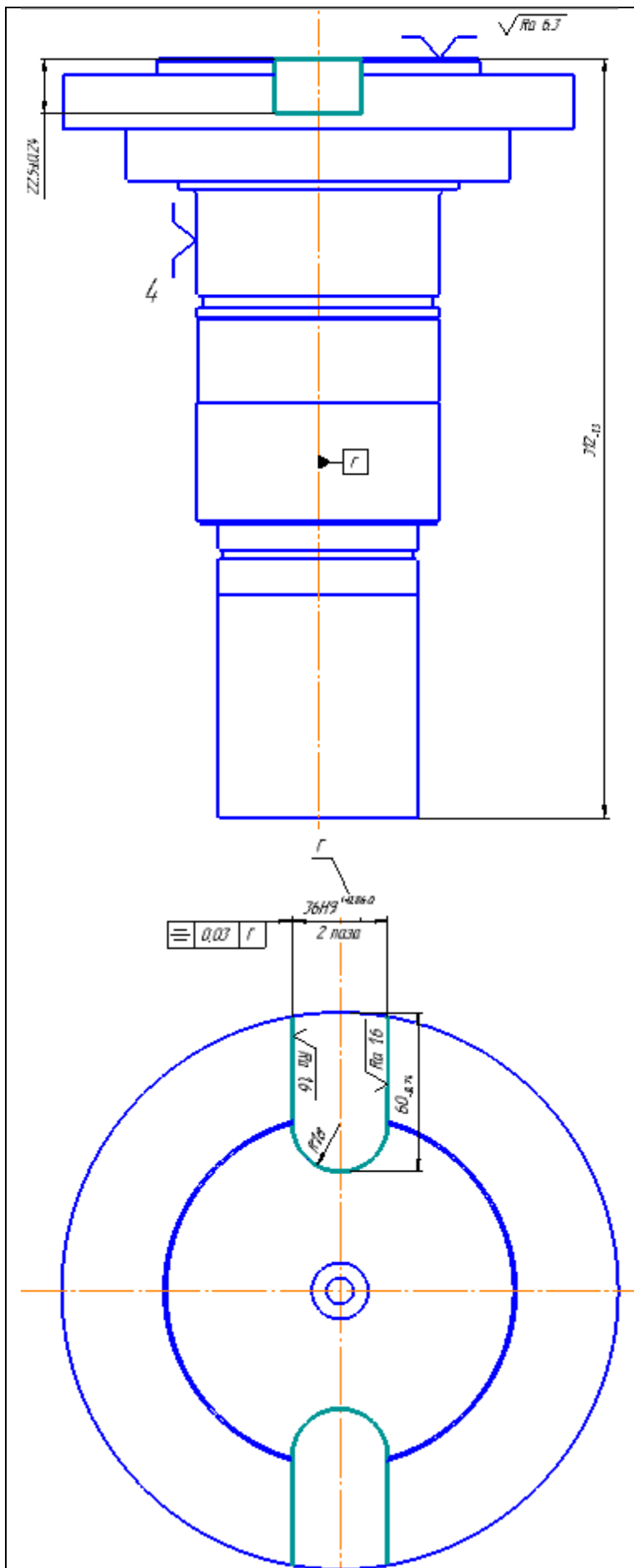
4.8 Проектирование технологических операций

На основании проектирования технологического маршрута, расчета припусков на обработку проектируем технологический процесс изготовления детали.

Материал: Сталь 40Х ГОСТ 4543-71

Заготовка: Круг горячекатаный диаметром $220 \begin{smallmatrix} +4 \\ -2 \end{smallmatrix}$ мм

 * – размер для справок	005 Заготовительная А. Установить заготовку в призмы. База: наружный диаметр и торец. 1. Отрезать заготовку, выдерживая размер 320_{-3} мм.
 * – размер для справок	010 Токарная А. Установить заготовку в трехкулачковый патрон. База: наружный диаметр и торец. 1. Подрезать торец в размер $317_{-1,4}$ мм. 2. Точить поверхность $\phi 170_{-1}$ на длину $115 \pm 0,435$ мм. 3. Центровать торец $\phi 10^{+0,36}$ мм.
 * – размер для справок	Б. Переустановить заготовку в трехкулачковом патроне. База: наружный диаметр и торец. 4. Подрезать торец в размер $312_{-1,3}$ мм. 5. Точить поверхность $\phi 210_{-1,15}$ мм на длину $202 \pm 0,575$ мм 6. Центровать торец $\phi 10^{+0,36}$ мм.
015 Токарная с ЧПУ А. Установить заготовку в центрах. База: ось вала и торец. 1. Точить поверхности в размеры по чертежу.	



020 Фрезерная с ЧПУ

А. Установить заготовку в трехкулачковый самоцентрирующийся патрон.

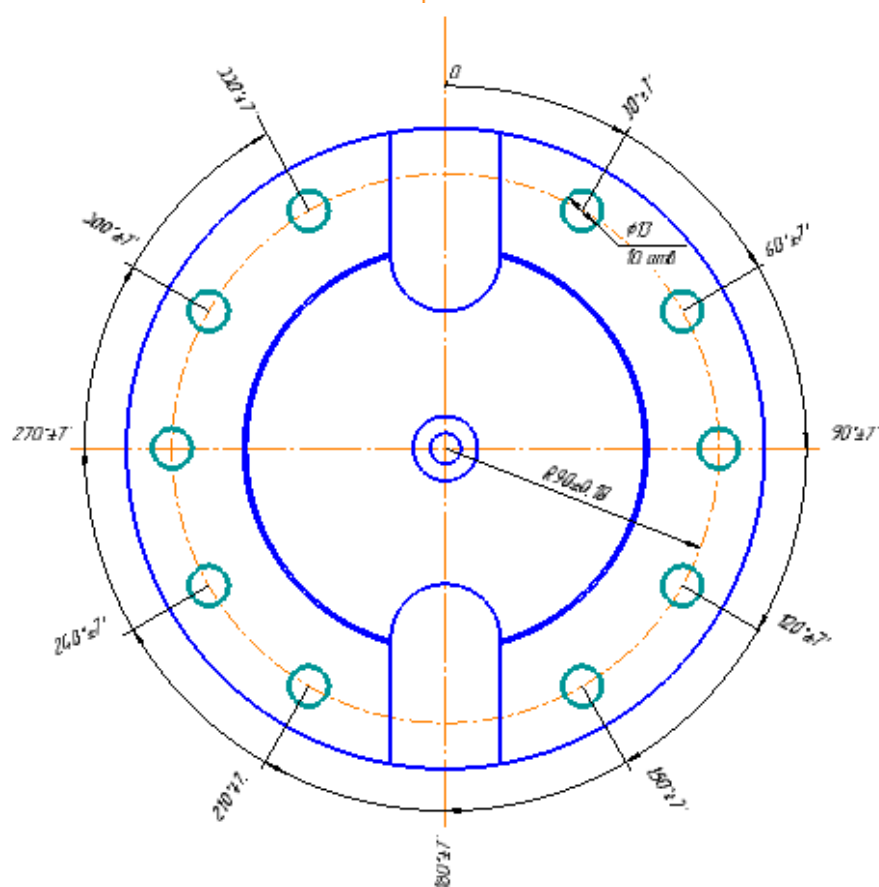
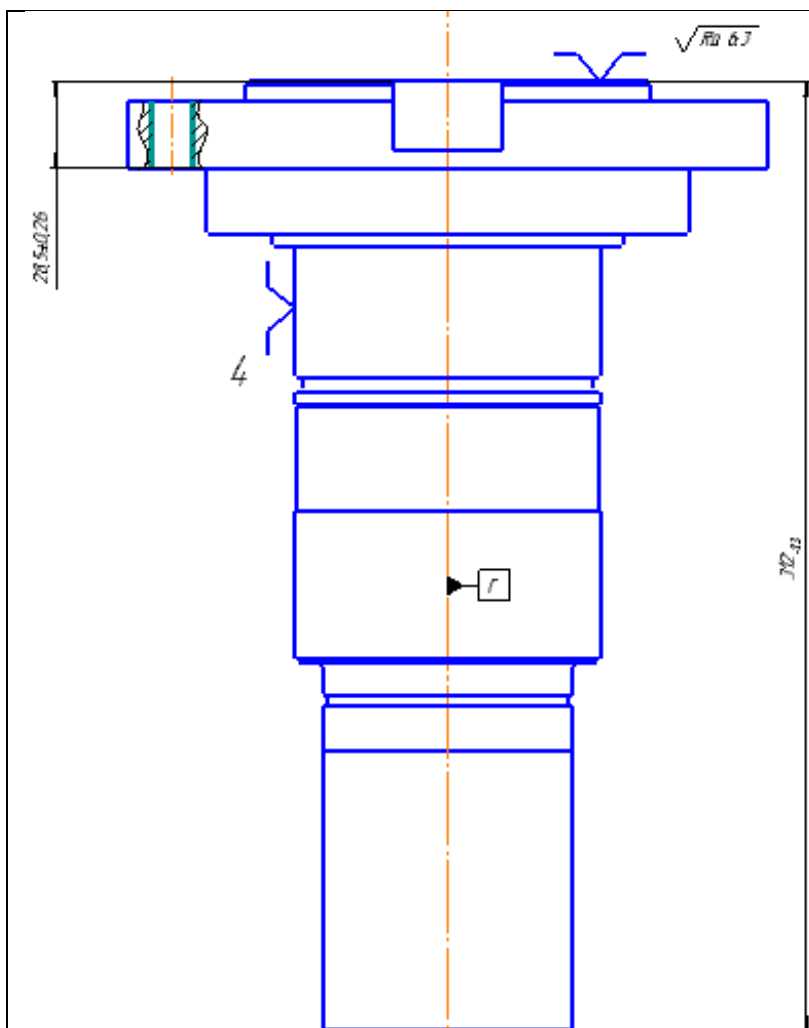
База: диаметр вала и уступ.

1. Фрезеровать два паза на глубину $22,5 \pm 0,24$ мм и шириной $36^{+0,062}$ мм.

025 Слесарная

А. Установить деталь в тиски.

1. Снять заусенцы, притупить острые кромки



030 Координатно-расточная

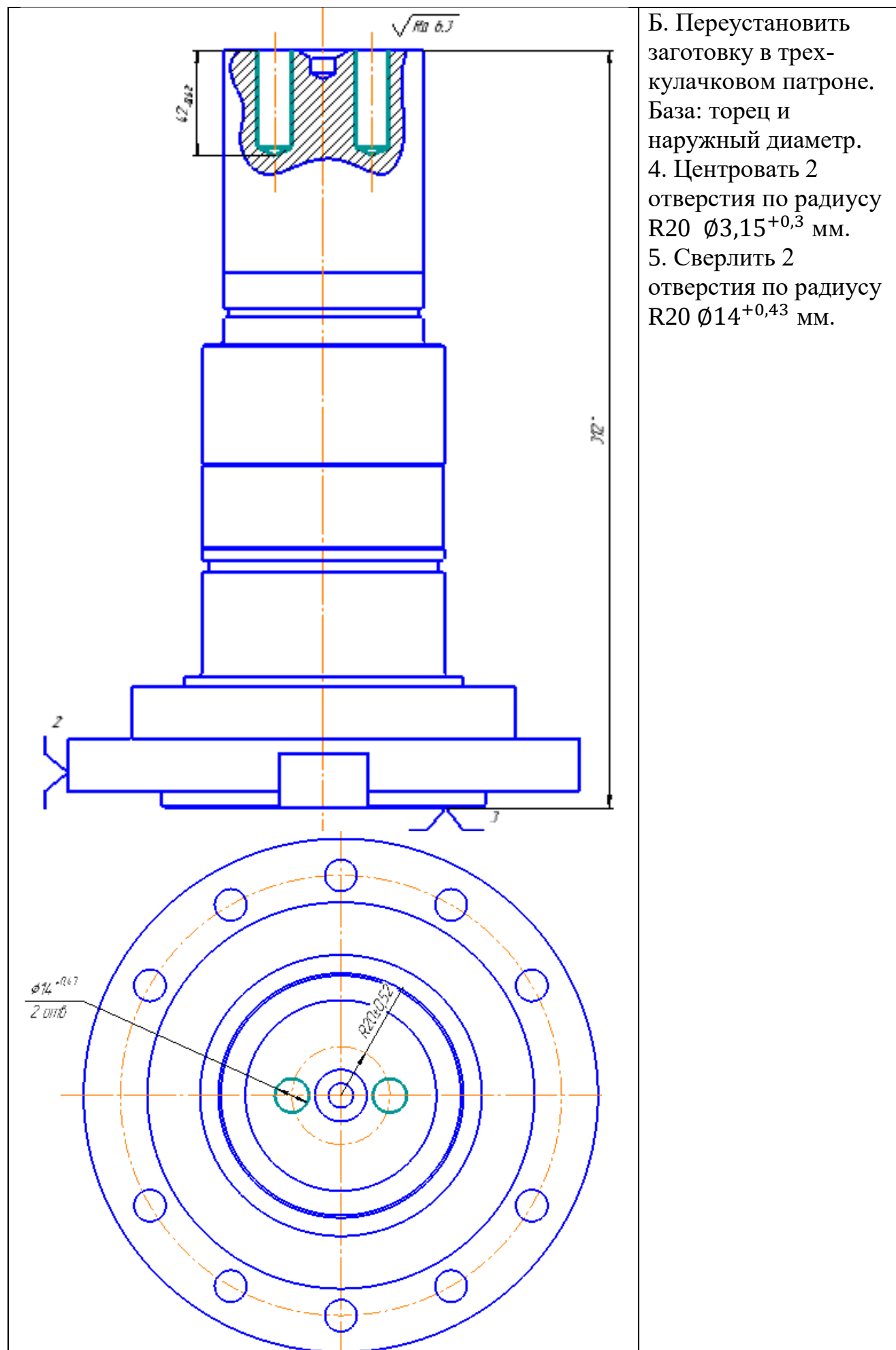
А. Установить заготовку в трехкулачковый самоцентрирующий патрон.

База: диаметр вала и уступ.

1. Центровать 10 отверстий по радиусу $R90 \pm 0,18$ мм, $\varnothing 3,15^{+0,3}$ мм.

2. Сверлить 10 сквозных отверстий по радиусу $R90 \pm 0,18$ мм, $\varnothing 10^{+0,43}$ мм.

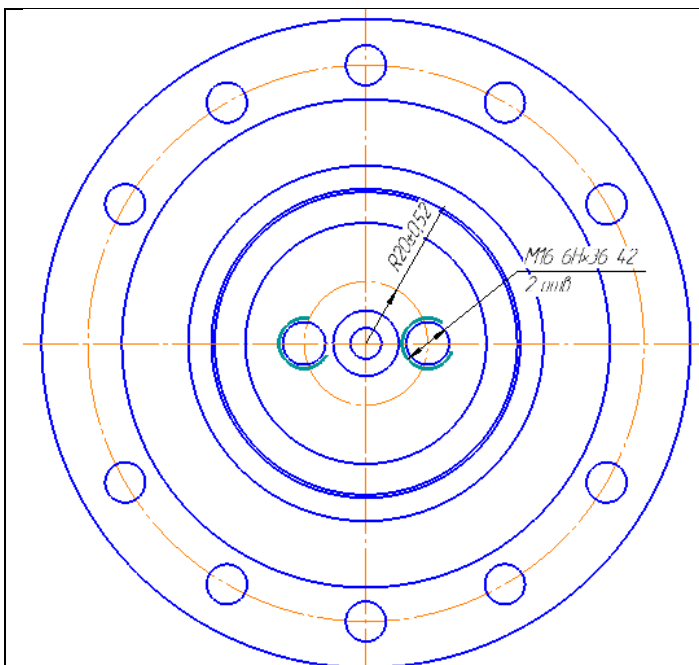
3. Расточить 10 отверстий по радиусу $R90 \pm 0,18$ мм, $\varnothing 13^{+0,43}$ мм.



Б. Переустановить заготовку в трех- кулачковом патроне. База: торец и наружный диаметр.

4. Центровать 2 отверстия по радиусу $R20 \varnothing 3,15^{+0,3}$ мм.

5. Сверлить 2 отверстия по радиусу $R20 \varnothing 14^{+0,43}$ мм.



035 Слесарная

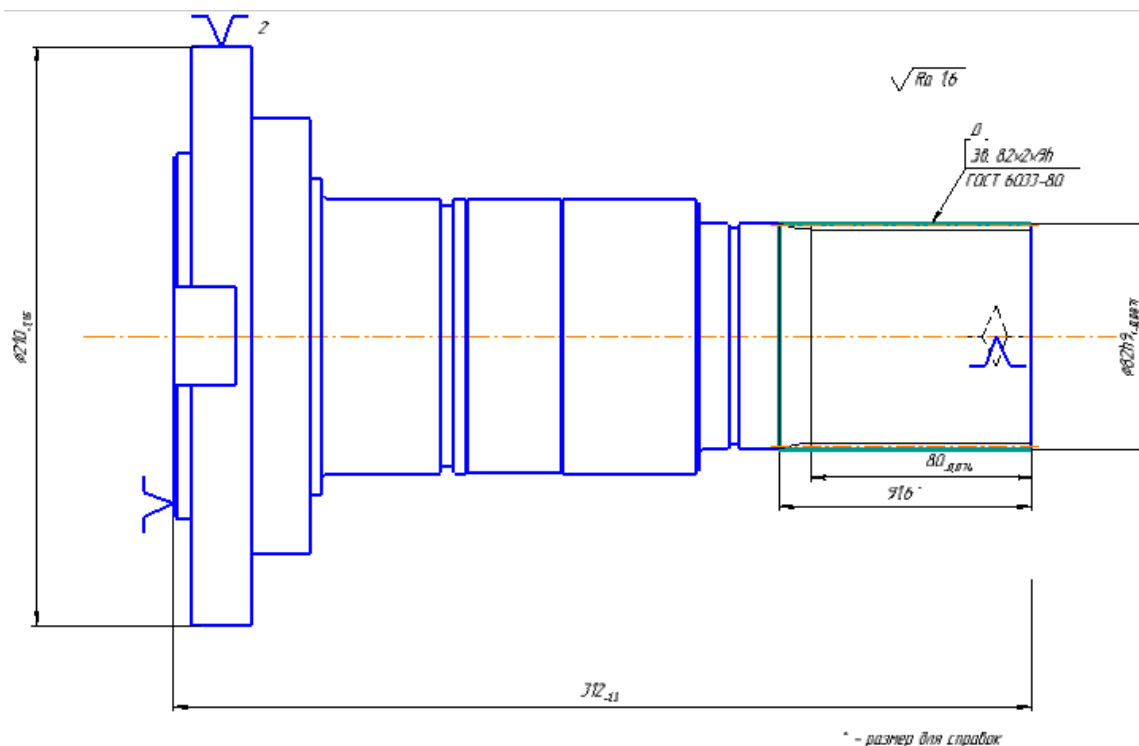
А. Установить деталь в тиски.

1. Нарезать резьбу M16-6Hx36-42.

040 Шлицефрезерная

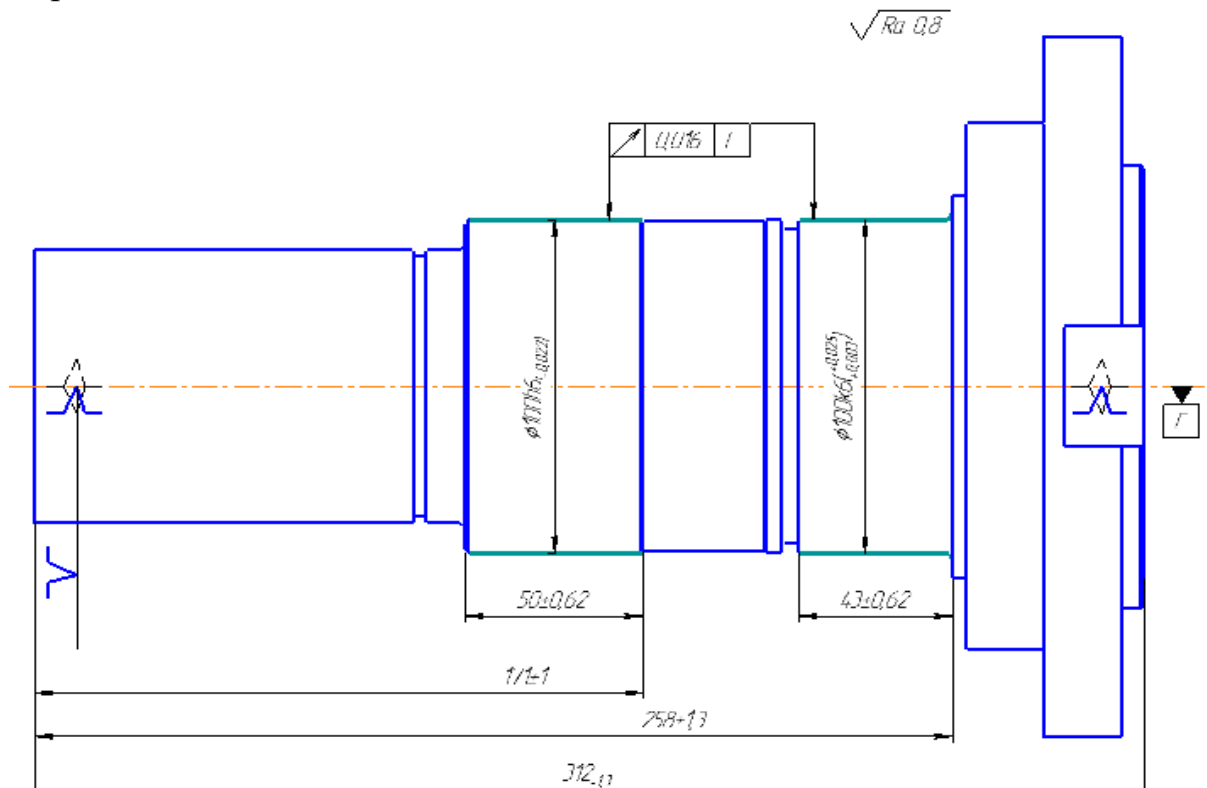
А. Установить заготовку в самоцентрирующий трех-кулачковый патрон. База: наружный диаметр и ось центров.

1. Фрезеровать шлицы $z=40$, $m=2$ согласно операционному эскизу.



Модуль	m	2
Число зубьев	z	40
Нормальный исходный контур		ГОСТ 6033-80
Угол профиля	α	30°
Коэффициент смещения	x	-0,1
Степень точности по ГОСТ 1643-81	-	-
Делительный диаметр	d	80
Диаметр ролика	d_p	4
Размер по роликам	M_p	86,267

* - размер для справок

045 Термическая 1. Калить заготовку согласно чертежу.
050 Круглошлифовальная А. Установить заготовку в центрах. База: ось вала. 1. Шлифовать поверхности в размеры по чертежу, выдерживая параметры шероховатости Ra 0,8.  The drawing shows a shaft with a central section of length 258±13 mm. This section has two diameters: φ115±0,022 mm and φ100±0,022 mm. The distance between the start of these diameters is 50±0,62 mm, and the distance between their ends is 43±0,62 mm. The total length of the shaft is 312±11 mm. Surface finish requirements are indicated by symbols: √Ra 0,8 for the main cylindrical surfaces and a symbol for circular runout (0,015 / 1) for the diameters. A keyway is shown on the right end of the shaft.
055 Промывочная 1. Промыть по ТТП 01279-00001
060 Гальваническая 1. Покрытие: Хим. Фос.
065 Контрольная
070 Консервация 1. Консервировать деталь по ТТП 60270-00001, вариант 1

4.9 Размерный анализ технологического процесса

Технологический процесс должен быть спроектирован таким образом, чтобы обеспечивалось изготовление деталей в соответствии с чертежом при минимальных затратах.

Размерный анализ позволяет решить следующие задачи:

1) Установить научно обоснованные операционные размеры и технические требования на всех операциях технологического процесса, что

позволит спроектировать технологический процесс, при внедрение которого потребуются минимальные его корректировки или они не потребуются совсем;

2) Установить при проектировании потребные размеры заготовок с минимально необходимыми припусками, чем обеспечивается минимальный расход металла;

3) Обеспечить проектирование технологического процесса, в котором будет минимально необходимое число технологических операций (или переходов).

Целью размерного анализа является нахождение недостатков технологического процесса [6].

Трудоемкость выполнения качественного размерного анализа значительна, однако тот труд, который затратит технолог на стадии проектирования, многократно окупится при внедрение процесса в производство.

Расчет линейных технологических размеров выполняем из условия обеспечения минимальных припусков на обработку [9].

Таблица 10 - Размерный анализ технологического процесса

№ операции:	Эскизы:	Расчет размерных цепей:
010 Токарная Установ А		$A01=314,5_{-2,5}$ мм; $A02=312,5_{-1,3}$ мм; $A03=115\pm 0,435$ мм; $D01=220_{-1,85}$ мм; $D02=170_{-1}$ мм; $Z01=?$, $Dz01=?$ $Z01=A01-A02=314,5_{-2,5} - 312,5_{-1,3} = 2_{-2,5}^{+1,3}$ мм; $Dz01=D01-D02=220_{-1,85} - 170_{-1} = 50_{-1,85}^{+1}$ мм.
010 Токарная Установ Б		$A11=312,5_{-1,3}$ мм; $A12=312_{-1,3}$ мм; $A13=202\pm 0,575$ мм; $D11=220_{-1,85}$ мм; $D12=210_{-1,15}$ мм; $Z11=?$, $Dz12=?$ $Z11=A11-A12=312,5_{-1,3} - 312_{-1,3} = 0,5\pm 1,3$ мм; $Dz12=D11-D12=220_{-1,85} - 210_{-1,15} = 10_{-1,85}^{+1,15}$ мм.

--	--	--

4.10 Техничко-экономические показатели технологического процесса

Сталь 40Х круг Ø220 мм (обычной точности). Круг поставляется на производство трехметровой длины. Цена за тонну составляет 32000р. На заготовительную операцию требуется длина 320 мм. В итоге получаем стоимость одной заготовки:

$$P_{\text{заг}} = \frac{0,320}{3} 32000 = 3413,3 \approx 3415 \text{руб./шт.}$$

Для изготовления заданной детали – вал, необходимо использовать следующие типы станков на каждой операции:

005 Заготовительная: станок 8Г681;

010 Токарная: станок 1К62;

015 Токарная: станок с ЧПУ СА500М10Ф3, устройство ЧПУ ГАММА 122;

025 Фрезерная с ЧПУ: фрезерный станок с ЧПУ 6Р11Ф3-1;

035 Координатно-расточная с ЧПУ: станок 24К40СФ4

045 Шлищефрезерная: станок 5350А;

055 Круглошлифовальная: станок 3М151Ф2.

Определим коэффициента загрузки станков во времени [4]:

$$L = \frac{T_i}{T} \cdot 100\%, \quad (31)$$

где Т – общее количество переходов;

T_i – количество переходов на данной операции.

Общее количество переходов составило Т=33 и полученные коэффициенты загрузки станков приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Загрузка станков

Операция	Количество переходов	L, %
005 Заготовительная	1	3
010 Токарная	3	9
015 Токарная с ЧПУ	16	48
025 Фрезерная	2	6
030 Слесарная	1	3
035 Координатно-расточная	5	15

040 Слесарная	2	6
045 Шлицефрезерная	2	6
055 Круглошлифовальная	2	6

Таким образом, наиболее загруженным станком является токарный с ЧПУ.

Теперь определим степень автоматизации операций:

$$\beta = \frac{N}{N_{авт}} \cdot 100\%, \quad (32)$$

где $N_{авт}$ - количество автоматизированного оборудования;

N – количество универсального оборудования.

В нашем случае $N_{авт}=4$ и $N=3$, тогда степень автоматизации составит:

$$\beta = \frac{3}{4} \cdot 100\% = 75\%$$

Для необходимых расчетов требуемого количества оборудования, коэффициента загрузки рабочих мест, число рабочих мест и других данных, назначим мелкосерийное производство деталей типа «Вал».

Расчёт программы запуска:

$$Q_{зап} = \frac{Q_{вып} \cdot 100}{100 - a_{пп}} = \frac{1000 \cdot 100}{100 - 3} = 1031 \text{ шт}, \quad (33)$$

где $Q_{вып}$ – программа выпуска 1000 единиц продукции в год;

$a_{пп}$ - % технологически неизбежных потерь, примерно 3% брака.

Таким образом в год нам необходимо произвести 1031 единиц продукции, с учетом получения бракованных деталей.

Расчёт планового фонда времени работы оборудования:

$$T_{пл} = (365 - T) \cdot 1 \cdot 7 \cdot 0,97 = 1663,55 \text{ часов}, \quad (34)$$

где T – число нерабочих дней в году, 120 дней;

1 – число смен;

7 – число часов работы в смену (перерыв 1 час);

0,97 – учитывая % брака.

Такт поточной линии:

$$r = \frac{T_{пл} \cdot 60}{Q_{зап}} = \frac{1663,55 \cdot 60}{1031} = 97 \text{ мин/шт.}$$

Таблица 12 - Расчет числа рабочих мест, коэффициентов загрузки рабочих мест

№ операции:	Оперативное время ($t_{оп}$), мин.	Количество рабочих мест по определению:		Коэффициент загрузки рабочих мест ($K_{зи}$)
		Расчётное C_{pi}	Принятое $C_{при}$	
Заготовительная	30	0,309	1	0,309
Токарная	42	0,432	1	0,432
Токарная с ЧПУ	60	0,618	1	0,618
Фрезерная с ЧПУ	50	0,515	1	0,515
Слесарная	30	0,309	1	0,309
Координатно-расточная с ЧПУ	55	0,567	1	0,567
Слесарная	30	0,309	1	0,309
Шлицифрезерная	60	0,618	1	0,618
Термическая	10	0,103	1	0,103
Круглошлифовальная	30	0,309	1	0,309
Промывочная	10	0,103	1	0,103
Гальваническая	40	0,412	1	0,412
Консервация	15	0,164	1	0,164
Итого:	462	4,762	13	0,366

$t_{оп}$ – время работы оператора;

C_{pi} – расчетное число рабочих мест;

$C_{при}$ принятое число рабочих мест;

$C_{pi} = t_{оп} / r$;

$K_{зи} = C_{pi} / C_{при}$.

В мелкосерийном производстве, для изготовления детали типа «Вал», нужно 12 рабочих мест. Средний коэффициент занятости рабочих мест равен 0,366. Чтобы оптимизировать данное производство со стороны экономики, нужно совместить работу гальваника и термиста на одного человека, таким образом сократится одно рабочее место. Далее можно объединить работу слесаря, мойщика и консервировщика так же на одного человека, таким образом число рабочих мест сократится еще на два человека.

4.11 Проектирование средств технологического оснащения. Общие положения

По ГОСТ 31.0000.01-87 к технологической оснастке относят: приспособления к металлорежущим станкам; приспособления и инструмент сварочный, термический, для обработки давлением, литейный; вспомогательный к металлорежущим станкам, для измерения и контроля линейных величин; инструмент для обработки резанием и др.

Приспособления к металлорежущим станкам подразделяют на универсальные, специализированные и специальные. В единичном и мелкосерийном производстве рекомендуется применять универсальные приспособления. Они предназначены для использования при обработке большой номенклатуры различных заготовок. К ним относятся тиски, трех- и четырехкулачковые патроны, зажимные цанги, делительные головки, поворотные столы и др [10].

Применение приспособлений при обработке заготовок позволяет:

- производить установку заготовок на станках без выверки их положения;
- повышать производительность труда;
- расширять технологические возможности оборудования.

Применение приспособлений для установок заготовок устраняет дорогостоящую и трудоемкую операцию разметки, исключает выверку обрабатываемой заготовки на станке, обеспечивает возможность автоматического получения размеров требуемой точности.

Повышение производительности труда обеспечивается применением высокопроизводительного оборудования и высокоэффективных приспособлений.

Приспособления, расширяющие технологические возможности станков, позволяют осуществить крепление инструмента, использование которого на данном станке не предусмотрено; дополнительные перемещения обрабатываемой заготовки и инструмента; перемещение инструмента относительно заготовки, в требуемой последовательности. При этом возможно крепление заготовок и инструментов на не предназначенных для этих целей

поверхностях станков; повышение точности положения и перемещения инструмента; становятся возможными виды обработки, для которых данный станок не предназначен.

Приспособления подразделяют по следующим признакам:

- для установки заготовок на станке;
- для крепления рабочих инструментов;
- сборочные приспособления;
- контрольные;
- транспортно-кантовательные для захвата, перемещений и перевертывания обрабатываемых заготовок.

По степени специализации приспособления делят на универсальные, специализированные и специальные [6].

По функциональному назначению элементы приспособления подразделяют на:

- установочные;
- зажимные;
- силовые приводы;
- элементы для определения положения и направления инструментов;
- корпуса;
- вспомогательные механизмы;
- вспомогательные и крепежные детали.

Совокупность всех систем приспособления представляет единый комплекс технологической оснастки, применяемой для обработки заготовок во всех типах производства.

Для крепления инструмента применяются резцедержатели, оправки, переходные втулки.

Для измерений применяются стандартный измерительный инструмент и приборы: штангенциркули различных типов, штангенглубиномеры, микрометры, индикаторы часового типа.

В нашем случае в качестве проектируемого приспособления в данном курсовом проекте, согласно заданию, выбран трех-кулачковый

самоцентрирующий патрон. Данный патрон устанавливается на шпинделе токарного станка. В качестве патрона выбирается стандартный трех-кулачковый патрон по ГОСТу 2675-80 рис. 11. Диаметр заготовки составляет $\varnothing 220$ мм. Исходя из этого, для проектирования принимается патрон диаметром 250 мм, с комплектом наладок на кулачки, для обработки детали на токарной операции.

Существуют три основные схемы, по которым устанавливаются заготовки – для призматической заготовки, для заготовки типа «диск» и для заготовки типа «цилиндр». Вал, для обработки которой проектируется приспособление, является заготовкой типа «цилиндр».

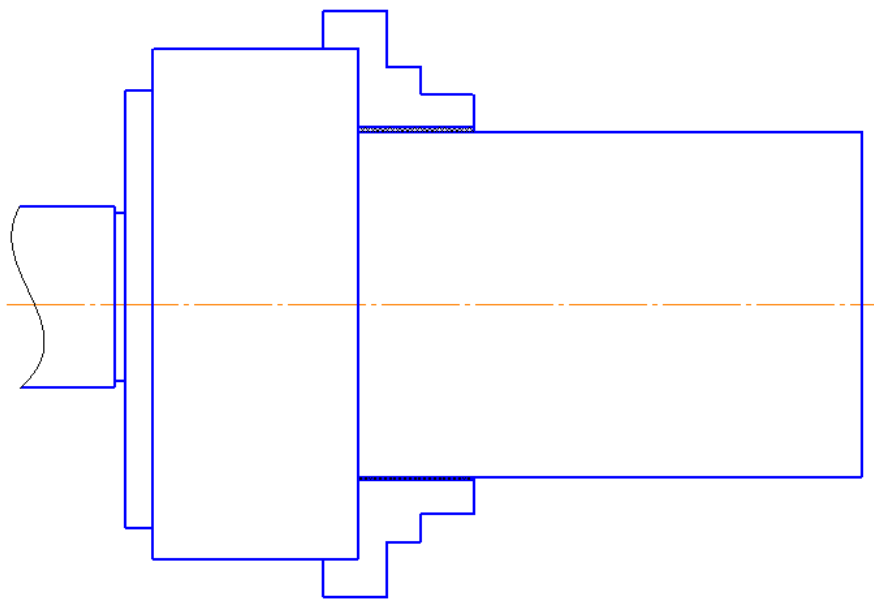


Рисунок 11 - Схема установки детали в приспособлении

Расчет погрешности базирования и установки заготовки

Суммарная погрешность при выполнении любой операции механической обработки состоит из погрешности установки детали, погрешности настройки станка и погрешности обработки. На стадии проектирования приспособления сложно учитывать погрешность установки и, таким образом, избежать, по возможности, этой погрешности.

Расчетная суммарная погрешность приспособления определяется по формуле из [7]:

$$\Delta_{np} \leq \delta - (K_1 \cdot \varepsilon_{\delta} + \Delta_y + K_2 \cdot \omega), \quad (35)$$

где δ – допуск на размер обрабатываемой детали, мм;

ε_6 – погрешность базирования, мм;

K_1 и K_2 – коэффициенты ($K_1 = 0,8 \dots 0,85$; $K_2 = 0,6 \dots 1,0$);

Δ_y – погрешность установки детали при выполнении данной операции;

ω – точность обработки детали при выполнении данной операции.

Допуск на размер заготовки, зажимаемой в кулачках – $\varnothing 220h14$ (для заготовки) равен 1,15мм.

Погрешность базирования для самоцентрирующегося устройства равна нулю, согласно таблицам справочника.

Погрешность установки при установке в трех-кулачковом с чисто обработанной базой, при радиальном смещении заготовки, для диаметра 200 до 230 мм равна 115мкм.

Точность обработки на размер на данной операции равна 1,15 мм (допуск на наибольший обрабатываемый размер заготовки – 210h14 после чистового точения).

Тогда по формуле рассчитываем погрешность приспособления:

$$\Delta_{np} = \delta - (K_1 \cdot \varepsilon_6 + \Delta_y + K_2 \cdot \omega) = 1,15 - (0,8 \cdot 0 + 0,120 + 0,8 \cdot 1,15) = 0,11 \text{ мм.}$$

Данный расчет показывает, что для выполнения чистовой операции точения при заданных условиях для токарного патрона достаточна точность 0,11 мм. Точность изготовления токарных патронов обычно позволяет устанавливать заготовку с точностью до 0,1 мм, что меньше полученного значения точности, т.е. приспособление обеспечивает требуемую точность.

Расчет усилий зажима заготовки

При токарной обработке заготовка закрепляется в трехкулачковом патроне. В процессе резания, заготовка, обрабатываемая в трехкулачковом патроне, находится под действием сил резания рис. 12.

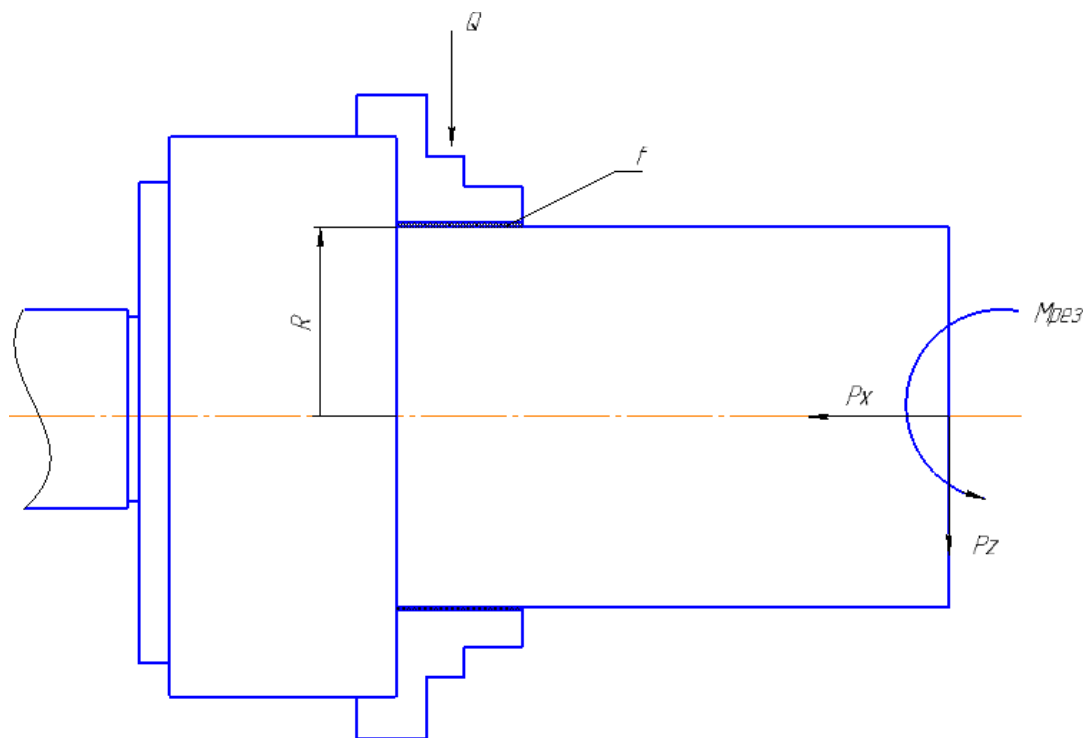


Рисунок 12 - Схема действия сил зажима и резания на заготовку

Находим суммарную силу зажима.

$$W_{сум} \cdot f \cdot R = K \cdot M_{PE3}$$

$$W_{сум} = \frac{K \cdot M_{PE3}}{f \cdot R}, \quad (36)$$

где $W_{сум}$ - суммарная сила зажима;

K - коэффициент запаса;

M_{PE3} - момент силы резания;

R - радиус заготовки;

$f = 0,25$ - коэффициент трения.

Сила, приходящаяся на один кулачок, будет равна

$$Q = \frac{K \cdot M_{PE3}}{f \cdot R}, \quad (37)$$

где $M_{PE3} = P_z \cdot R$;

$P_z = 1275H$.

Рассчитаем коэффициент запаса K .

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

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

$K_1 = 1$ - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемой поверхности;

$K_2 = 1,2$ - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания в следствии затупления режущего инструмента;

$K_3 = 1,2$ - коэффициент учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании;

$K_4 = 1$ - коэффициент, характеризующий постоянство силы закрепления;

$K_5 = 1$ - коэффициент, характеризующий эргономику ручных закрепляющих устройств;

$K_6 = 1$ - коэффициент учитывающий установку на базовую поверхность.

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,16.$$

$$Q = \frac{1275 \cdot 2,16 \cdot 110}{0,25 \cdot 105} = 115406 \text{ Н} = 11,5 \text{ кН}.$$

Для того чтобы закрепить заготовку в приспособлении, и обеспечить оптимальные условия обработки потребуется усилие в 11,5 кН для зажима заготовки.

4.12 Гибкий производственный модуль

Для ускорения темпов обновления продукции необходим переход от автоматизации отдельных элементов производственного процесса к комплексной автоматизации на всех уровнях, применению *гибких производственных систем* (ГПС) в условиях единичного, серийного и массового производства. Применение ГПС в промышленности позволяет разрешить противоречия между высокой производительностью и отсутствием мобильности оборудования для массового производства и высокой мобильностью и низкой производительностью универсальных станков единичного и серийного производства. Базой для решения этой сложной и противоречивой задачи явились особые свойства гибких производственных систем:

- способность к быстрой перестройке на выпуск новой продукции за счет гибкости и мобильности;

- наличие высокого технического уровня оборудования, способного реализовать прогрессивные технологические процессы на основе высокой степени интеграции производства;
- возможность способствовать решению проблем улучшения труда работающих, повышения их профессионально-квалификационного уровня;
- создание предпосылок для постепенного стирания граней между умственным и физическим трудом;
- освобождение рабочих от тяжелого физического труда.

Основными характеристиками ГПС являются:

- способность работать автономно или некоторое ограниченное время без участия человека;
- автоматическое выполнение всех основных и вспомогательных операций;
- гибкость, удовлетворяющая требованиям мелкосерийного производства;
- простота наладки, а также простота устранения отказов основного оборудования и систем управления;
- совместимость с оборудованием традиционного и гибкого производства.

Особенность ГПС состоит в групповой гибко перенастраиваемой технологии обработки изделий, высокой степени автоматизации, обеспечивающей минимальное участие человека в выполнении прямых производственных функций, связанных с технологическим процессом обработки изделий.

Гибкие производственные системы основаны на возможности использования оборудования с *числовым программным управлением* (ЧПУ). Основным видом оборудования в ГПС являются обрабатывающие центры - одна из разновидностей станков с ЧПУ. В состав технологического объекта управления ГПС может входить следующее технологическое оборудование:

- гибкий технологический модуль (ГТМ) — производственная единица, состоящая из одного или нескольких элементов технологического оборудования с ЧПУ, выполненная на базе мини- или микро-ЭВМ, способная

функционировать автономно (по командам производственного персонала) или по командам от управляющего вычислительного комплекса. Гибкий технологический модуль, как правило, оснащен роботизированными устройствами подачи и удаления обработанных изделий и инструментов, автоматизированными устройствами (датчиками) измерения и контроля в процессе обработки, диагностики отказов и восстановления работоспособности, сбора и удаления отходов производства;

- автоматизированный складской модуль — единица производственного оборудования с локальной системой управления, выполненной на базе мини- или микро-ЭВМ, способная функционировать автономно или по командам от *управляющего вычислительного комплекса (УВК)*;

- вспомогательный модуль (модуль комплектации инструментов, подготовки приспособлений, загрузки и выгрузки изделий и т. п.) - совокупность оборудования, предназначенного для обеспечения технологических модулей;

- гибкий контрольно-измерительный модуль (при отсутствии операций контроля в ГТМ) - совокупность программно-переналаживаемого оборудования, предназначенного для осуществления контроля качества выполнения операций в ГТМ;

- автоматизированный транспортный модуль — единица производственного оборудования с локальной системой управления, выполненной на базе мини- или микро-ЭВМ, способная функционировать автономно или по командам от УВК.

Система оборудования с ЧПУ предназначена для непосредственного управления технологическим оборудованием и обеспечения взаимосвязи с другими элементами гибкой производственной системы. Локальная система управления предназначена для обеспечения взаимосвязи с другими элементами ГПС и для управления операциями по загрузке, размещению и выдаче заготовок, готовых изделий, приспособлений, инструментов, поддонов.

Спроектируем гибкую автоматизированную систему для механической обработки детали типа «Вал». Так как одной из разновидностей ГПМ является

роботизированный технологический комплекс (РТК), состоящий из нескольких станков, где функцию загрузки- выгрузки выполняет промышленный робот.

Каждую заготовку или материалы подают для обработки на соответствующую машину. Эта операция осуществляется на станках. Затем деталь транспортируется на дальнейшую обработку или поступает в накопитель. До применения робототехники подобные задачи выполнялись преимущественно вручную. Теперь же они могут быть переданы промышленным роботам, хорошо зарекомендовавшим себя при выполнении загрузочных транспортных задач. В накопителе для деталей находятся заготовки – отрезки прутков, которые подвергаются дальнейшей обработки. Этот рабочий цикл выполняет токарный станок с ЧПУ. Робот, задействованный в технологическом процессе, забирает из накопителя по одной заготовке, размещает в зажимном устройстве токарного станка. Теперь идет обработка. После остановки станка робот извлекает готовую деталь и размещает ее в магазине. Данный процесс может повторяться многократно [14].

Технологическая схема структуры применения загрузочных роботов для одной, двух и трех позиций обработки рис. 13. 1 – транспортер, 2 – место для поддона, 3 – промышленный робот, 4 – позиция обработки для точения.

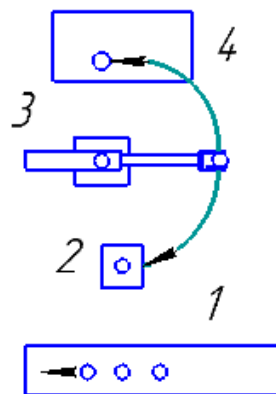


Рисунок 13 – Роботизированный технологический робот

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4A21	Баширову Дмитрию Константиновичу

Институт	ИФВТ	Кафедра	ФВТМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	-
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет затрат на годовой выпуск продукции: - материальные затраты - электроэнергия на технологические нужды - заработная плата с отчислениями на социальные нужды - общепроизводственные и общехозяйственные расходы
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Анализ безубыточности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Расчет затрат на годовой выпуск продукции
2. График безубыточности

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаврикова Н.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4A21	Баширов Дмитрий Константинович		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Расчет затрат на изготовление детали

В данном разделе ВКР, произведем расчет затрат на годовой выпуск деталей, проведем анализ безубыточности.

Таблица 13 - Спецификация основных материалов и сырья

№№ п/п	Материал	Ед. изм.	Цена за ед., руб.	Норма расхода на изделие	Сумма на изделие, руб.
1	2	3	4	5	6
2	Сталь 40Х круг Ø220мм	М	3992	0,320	1277,5

Таким образом затраты на сырье для производства одной единицы продукции составили три тысячи девятьсот девяносто два рубля.

Таблица 14 - Затраты электроэнергии на производство вала

№ п/п	Наименование оборудования	Мощность, кВт	Время эксплуатации, (ч. на ед. прод.)	Расход электроэнергии (кВт на ед. прод.)
1	Отрезной круглопильный станок 8Г661	9,12	0,25	2,28
2	Токарный станок 1К62	10	0,12	1,2
3	Токарный станок с ЧПУ СА500СФ3	15	1,1	16,5
4	Фрезерный станок с ЧПУ 6Р11Ф3-1	5,5	0,25	1,375
5	Координатно-расточной станок 24К40СФ4	8,61	1,1	9,47
6	Шлицефрезерный станок 5350А	6,3	0,7	4,41
7	Печь Муфельная СНОЛ 30/1100	3,4	1,5	5,1
8	Кругло-шлифовальный станок ЗА423	10,525	0,5	5,2625
	ИТОГО			45

Затраты на электроэнергию производства одной единицы продукции составили сорок пять кВт. Далее произведем расчет заработной платы рабочих и рассчитаем затраты на годовой выпуск продукции детали «Вал»

Таблица 15 - заработная плана производственных рабочих

Производственные рабочие	Норма времени на выполнение операции, час	Часовая тарифная ставка, руб.	Сдельная расценка, руб.
Станочник заготовительного оборудования	0,3	200	60
Токарь	0,72	220	158
Оператор станка с ЧПУ	2,78	300	834
Слесарь	1	200	200
Термист	1,3	180	234
Гальваньщик	0,72	200	144
Мойщик	0,15	150	25
Консервировщик	0,25	150	40
Итого на изделие	1695 рублей на одну единицу продукции		

Таблица 16 – Расчет затрат на годовой выпуск продукции

№№ п/п	Наименование статей расхода	Ед. изм.	Цена за ед., руб.	Расходы в нат.ед.		Затраты, тыс. руб.		Прим.
				На 1 ед.	На 1000 шт.	На 1 ед.	На 1000 шт.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Сырье и основные материалы	м	3992	0,320	320	1,2775	1326,3	Табл.13.
2.	Электроэнергия на технологические нужды	кВт	4,63	45	45000	0,208	215	Табл. 14
3.	Заработная плата основных производственных рабочих	тыс. руб.	*	*	*	1,695	1778	Табл. 15
4.	Отчисления на социальные нужды	тыс. руб.	*	*	*	0,547	598,6	30% от ст. 3
5.	Общепроизводственные расходы	тыс. руб.	*	*	*	4,22	4473,8	265% от ст. 3*
6.	Общехозяйственные расходы	тыс. руб.	*	*	*	5,545	5884	335% от ст. 3*
Полная себестоимость, в т.ч.		тыс. руб.	*	*	*	13,4925	14227	1+2+3+4+ 5+6
Условно-переменные затраты		тыс. руб.	*	*	*	3,7275	3869	1+2+3+4
Условно-постоянные затраты		тыс. руб.	*	*	*	9,965	10357,8	5+6

* Ставки общепроизводственных и общехозяйственных расходов приняты в соответствии со ставками, используемыми на ОАО «Томский электротехнический завод».

5.2 Анализ безубыточности изготовления детали

Точка безубыточности – минимальный объем производства и реализации продукции, при котором расходы будут компенсированы доходами, а при производстве и реализации каждой последующей единицы продукции предприятие начинает получать прибыль.

Цель анализа – определение точки безубыточности, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков. Это означает, что выручка от реализации продукции (В) должна быть равна общим затратам на производство и реализацию продукции:

$$B = Z_{\text{пост}} + Z_{\text{пер}};$$

Выразим эту формулу через объем продаж (Q):

$$Q \cdot C_i = Z_{\text{пост}} + Z_{\text{пер}} \cdot Q,$$

где, $Z_{\text{пост}}$ – постоянные затраты на весь выпуск продукции, руб.;

$Z_{\text{пер}}$ – переменные затраты на единицу продукции, руб./т;

C_i – цена единицы продукции, руб./т. (расчет цены произведем исходя из планируемого уровня рентабельности 25%, поэтому цену назначаем 16865 руб.)

Тогда точка безубыточности определится следующим образом:

$$Q_{\text{ТБ}} = \frac{Z_{\text{пост}}}{C_i - Z_{\text{пер}}} = \frac{10357800}{16865 - 3727} = 788 \text{ шт.}$$

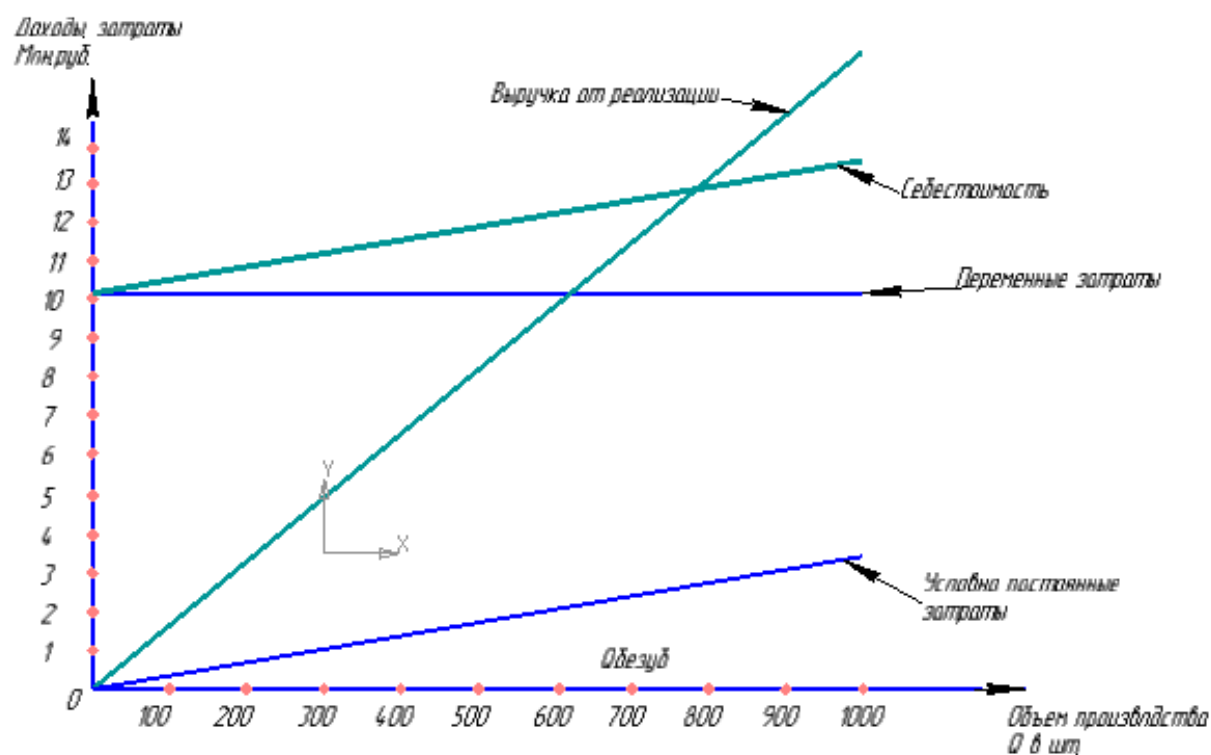


Рисунок 14 - Точка безубыточности

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4A21	Баширову Дмитрию Константиновичу

Институт	ИФВТ	Кафедра	ФВТМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Характеристика объекта исследования	Объектом исследования является производственный технологический процесс детали типа «Вал».
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность: Анализ выявленных вредных и опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	Движущиеся машины и механизмы; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов и заготовок; повышенные уровни шума и вибрации на рабочих местах; недостаточная освещенность рабочей зоны; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования, электрический ток.
2. Экологическая безопасность:	Источники загрязнения гидросферы: использованная смазочно – охлаждающая жидкость для механической обработки деталей, твердые отходы, загрязнение воздуха.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные чрезвычайные ситуации на производстве: пожар.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Правовые и организационные нормы трудового законодательства.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4A21	Баширов Дмитрий Константинович		

6 Социальная ответственность

Объект исследования в данной ВКР, производственный технологический процесс детали типа «Вал».

6.1 Производственная безопасность

Производственная безопасность – это система организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на рабочих, опасных производственных факторов до приемлемого уровня. Для определения опасных факторов на данном производстве воспользуемся классификацией опасных и вредных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003-74. Проанализировав всевозможные опасные и вредные факторы на данном производстве, занесем их в таблицу [17], приведем нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора.

Таблица.17. Опасные факторы при проведении технологических операций

Источник фактора, наименование видов работ	Опасные и вредные производственные факторы	Нормативные документы
1. Заготовительная операция, оборудование: отрезной круглопильный станок 8Г681.	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования. Повышенный уровень шума на рабочем месте; Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.	Шум: СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96; Безопасность рабочих мест: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; Производственные процессы: ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ; Производственное оборудование: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ;
2. Токарная операция, станок 1К62 3. Токарная операция с ЧПУ, станок СА500СФЗ с ЧПУ	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования. Повышенный уровень шума на рабочем месте; Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	Безопасность рабочих мест: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; Производственные процессы: ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ;

	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования. Недостаточная освещенность рабочей зоны	Производственное оборудование: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; Освещение: СанПиН 52.13330.2011; Типовая инструкция по охране труда: РД 153-34.0-03.289-00
4. Фрезерная операция, станок 6Р11Ф3-1	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования. Повышенный уровень статического электричества.	Безопасность рабочих мест: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; Производственные процессы: ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ; Производственное оборудование: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; Типовая инструкция по охране труда: РД 153-34.0-03.294-00
5. Слесарная	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.	Безопасность рабочих мест: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ;
6. Координатно – расточная с ЧПУ	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования. Повышенный уровень шума на рабочем месте; Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.	Безопасность рабочих мест: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; Производственные процессы: ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ; Производственное оборудование: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ;
7. Слесарная	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.	Безопасность рабочих мест: ГОСТ 12.2.061-81

		ССБТ;
8. Шлищефрезерная	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования. Повышенный уровень статического электричества.	Безопасность рабочих мест: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; Производственные процессы: ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ; Производственное оборудование: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; Типовая инструкция по охране труда: РД 153-34.0-03.294-00
9. Термическая	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. Повышенная температура воздуха рабочей зоны.	Безопасность рабочих мест: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; Производственные процессы: ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ; Производственное оборудование: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; Типовая инструкция по охране труда: ТОИ Р-31-214-97
10. Круглошлифовальная	Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования. Повышенный уровень шума на рабочем месте; Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.	Безопасность рабочих мест: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; Производственные процессы: ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ; Производственное оборудование: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ;

		Типовая инструкция по охране труда: РД 153-34.0-03.295-00
11. Гальваническая	Химически опасные и вредные токсичные вещества.	Безопасность рабочих мест: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; ТОИ Р-31-205-97
12. Промывочная	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования. Отклонение параметров микроклимата	Безопасность рабочих мест: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; СанПиН микроклимат: 2.2.4.548-96;
13. Консервация	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования. Отклонение параметров микроклимата	Безопасность рабочих мест: ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ; СанПиН микроклимат: 2.2.4.548-96;

Приведем допустимые нормы с необходимой размерностью, а также средства индивидуальной и коллективной защиты для минимизации воздействия фактора.

Превышение уровней шума

Источником шума будут являться металлообрабатывающие станки, используемые при данном производственном технологическом процессе. Данный фактор относится к природе физического характера. Согласно п.4. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96, допустимый уровень шума в производственных помещениях не должен превышать 80 дБ. Если уровень шума будет выше допустимого, то это скажется на физическом состоянии рабочего в виде беспокойства, а также перерасти к изменению показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму. Если уровень шума будет превышать допустимый уровень, то можно воспользоваться следующими методами снижения шума:

– снижение шума в источнике осуществляется за счет улучшения конструкции машины или изменения технологического процесса.

– средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удастся. Принцип действия СИЗ – защитить наиболее чувствительный канал воздействия шума на организм человека – ухо. Применение СИЗ позволяет предупредить расстройство не только органов слуха, но и нервной системы от действия чрезмерного раздражителя. Наиболее эффективны СИЗ, как правило, в области высоких частот. СИЗ включают в себя противошумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

– методы и средства коллективной защиты, которые включают в себя применение звукоизоляции, акустическую обработку помещений, рациональную планировку предприятий и производственных помещений, а также изменение направленности излучения шума.

Отклонение параметров микроклимата

Поскольку виды работ, выполняемые рабочими классифицируются как категория работ №3 – относятся к работам, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных тяжестей (свыше 10кг) и требующих больших физических усилий. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, в соответствии с периодом года и категорией работ, согласно СанПиН 2.2.4.548-96 предоставлены в таблице [18].

Таблица.18. Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	III (более 290)	С 13,0-15,9 до 18,1 – 21,0	12-22	15-75	0,2-0,4

Теплый	III (более 290)	С 15,0-17,9 до 20,1-26,0	14,0-27,0	15-75	0,2-0,5
--------	-----------------	-----------------------------	-----------	-------	---------

Если отклонение параметров микроклимата выходит за пределы установленные в СанПиН 2.2.4.548-96 необходимо воспользоваться методами регулирования параметров, такими как установка отопительных систем и систем кондиционирования помещений.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещённость – физическая величина, характеризующая освещение поверхности, создаваемое световым потоком, падающим на эту поверхность.

Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к ухудшению физического состояния. Причинами во многих случаях являются слишком низкие уровни освещенности, слепящее действие источников света и соотношение яркостей, которое недостаточно хорошо сбалансировано на рабочих местах.

Нормирование естественного и искусственного освещения производится по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 в зависимости от разряда зрительной работы (наименьший размер объекта различения), от контраста объекта различия с фоном и от характеристики фона. Также существует нормирование коэффициента пульсации освещенности для каждого типа ламп.

В производственных помещениях, в случаях преимущественной работы с деталями, допускается применение системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения деталей, инструментов и тд.).

В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 определяем что вид работ относится к работам средней точности, следовательно, освещенность

на рабочих поверхностях столов в зоне размещения детали должна быть 400-500 лк.

В случаях если освещенность не достигает 400-500 лк следует пересмотреть проектировку размещения устройств освещения, либо заменить устройства освещения.

Электрический ток

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

Цех производственного предприятия относится к категории помещений с повышенной опасностью, т.к. в помещении имеются токопроводящие пола, повышенная влажность и т.д. Оборудование должно подключаться к сети, которая имеет защитное заземление.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает тепловое (ожоги, нагрев сосудов), механическое (разрыв тканей, сосудов при судорожных сокращениях мышц), химическое (электролиз крови), биологическое (раздражение и возбуждение живой ткани) или комбинированное воздействие.

Основными средствами и способами защиты от поражения электрическим током являются: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения; защитное заземление, зануление или отключение; вывешивание предупреждающих надписей; контроль за состоянием изоляции электрических установок.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации, а также технические способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность электроустановок различного назначения приведены в ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Термическая опасность

Источником данного фактора может возникнуть горячий инструмент, заготовка, поверхности оборудования и др. Характер фактора – физический.

Термические опасности могут приводить к:

- ожогам и ошпариванию из-за соприкосновения с предметами или материалами, имеющими чрезвычайно высокую или низкую температуру, вызванную, например, пламенем или взрывом, а также излучением источников тепла;

- ущерб здоровью из-за воздействия высокой или низкой температуры окружающей производственной среды.

Работники, связанные с термической обработкой заготовки (детали) должны иметь при себе средства индивидуальной защиты: специальные защитные очки, индивидуальные средства защиты органов дыхания, перчатки, прихваты, прижимы и др. Данные средства защиты подойдут и для защиты от механических повреждений, таких как, острые кромки, шероховатость поверхностей заготовки и др.

Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования.

Оградительные устройства применяются для изоляции систем привода машин и агрегатов, зоны обработки заготовок станков, прессов, штампов, ограждения токоведущих частей, зон интенсивных излучений, зон выделения вредностей, загрязняющих воздушную среду, и т. д. Ограждаются также рабочие зоны, расположенные на высоте (леса и т. п.).

- Стационарные ограждения (любое стационарное ограждение является постоянной частью данной машины и не зависит от движущихся частей, выполняя свою функцию);

- Совмещенные защитные устройства;

- Регулируемые защитные устройства (регулируемые защитные устройства позволяют достичь гибкости в выборе различных размеров материалов);
- Саморегулирующиеся защитные устройства (открытие саморегулирующихся устройств зависит от движения материала).

Применение этих методов отдельно или комплексно помогут избежать несчастных случаев, связанных с подвижными частями производственного оборудования.

Основные правила использования режущих инструментов.

- при работе с режущими и колющими инструментами их режущие кромки должны быть направлены в сторону, противоположную телу работающего, чтобы избежать травмы при срыве инструмента с обрабатываемой поверхности;
- пальцы рук, удерживающие обрабатываемый предмет, должны находиться на безопасном удалении от режущих кромок, а сам предмет должен быть надежно закреплен в тисках или каком-либо другом зажимном приспособлении;
- на рабочем месте режущие и колющие предметы должны располагаться на видном месте, а само рабочее место должно быть освобождено от посторонних и ненужных предметов и инструментов, о которые можно зацепиться и споткнуться;
- положение тела работающего должно быть устойчивым, нельзя находиться на неустойчивом и колеблющемся основании;
- при работе с инструментом, имеющим электрический или какой-либо другой механический привод (электродрели, электропилы, электрорубанки), нужно быть особенно осторожным и строго соблюдать требования техники безопасности, т.к. механизированный инструмент является источником тяжелейших травм из-за его высокой скорости, для

которой быстрота реакции человека недостаточна, чтобы в момент аварии вовремя отключить привод;

- рабочий должен быть одет так, чтобы исключить попадание частей одежды по режущую кромку или на движущие части инструмента (особенно важно, чтобы рукава одежды были застегнутыми), т.к. в противном случае рука может быть затянута под режущий инструмент;

- механизированный инструмент включают только после того, как подготовлено рабочее место, обрабатываемая поверхность, а человек занял устойчивое положение, после завершения операции обработки инструмент должен быть отключен.

6.2 Экологическая безопасность

В результате изготовления детали типа «Вал», выявлены следующие источники загрязнения окружающей среды:

- загрязнение гидросферы
- загрязнение атмосферы
- загрязнение литосферы

Рассмотрим источники загрязнений, и найдем пути решения в отдельности для каждого.

Загрязнение гидросферы может произойти в результате выброса сож в сточные воды. Во избежание проблемы возможны несколько путей решения:

- Механические методы очистки сточных вод. Традиционно в группу методов механической очистки включают процеживание, отстаивание, осветление во взвешенном слое осадка, фильтрование, центробежные методы.

- Захоронение сточных вод. Высококонцентрированные и токсичные сточные воды многих отраслей промышленности, например: концентрированные рассолы установок опреснения; сточные воды, содержащие металлоорганические, в частности, ртутьорганические соединения, для которых ещё не разработаны достаточно эффективные и

экономичные методы, – могут быть захоронены в глубоких подземных горизонтах.

В данном производстве предполагается использовать метод фильтрации жидких отходов.

Загрязнение атмосферы может произойти в результате попадания сож на нагретые поверхности заготовок, а также металлообрабатывающего оборудования. Для избежание проблем, связанных с загрязнением атмосферы можно прибегнуть к методам очистки воздуха:

- поглощение газов при их промывке жидкостями – абсорбция;
- поглощение газов твёрдыми телами – адсорбция;
- окислительно-восстановительные процессы, в результате которых образуются новые экологически менее опасные продукты.

В данном производстве предполагается использовать метод окислительно – восстановительных процессов, в результате которых образуются новые экологически менее опасные продукты.

Твердые отходы в виде стружки, снятой с материала заготовки предполагается использовать повторно.

Таким образом решена проблема экологической опасности.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайными ситуациями на производственном предприятии могут быть пожары. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004-91 и ГОСТ 12.1.010-76.

Все производства по пожарной опасности подразделяются на 5 категорий: А, Б, В, Г, Д. Производственное помещение, в котором выполняется технологический процесс, относится к категории В.

Причинами пожара могут быть: токи короткого замыкания, электрические перегрузки, выделение тепла, искрение в местах плохих контактов при соединении проводов, курение в неположенных местах.

6.4 Обоснование мероприятий по предотвращению пожара и разработка порядка действия в случае его возникновения

Тушение горящего электрооборудования под напряжением должно осуществляться имеющимися огнетушителями ОУ-5. Чтобы предотвратить пожар в производственном помещении, необходимо:

- содержать помещение в чистоте, убирать своевременно мусор. По окончании работы проводиться влажная уборка всех помещений;
- работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании;
- на видном месте должен быть вывешен план эвакуации из здания с указанием оборудования, которое нужно эвакуировать в первую очередь;
- уходящий из помещения последним должен проверить выключены ли нагревательные приборы, электроприборы, оборудование и т.д. и отключение силовой и осветительной электрической сети.

Также необходимо соблюдение организационных мероприятий:

- правильная эксплуатация приборов, установок;
- правильное содержание помещения;
- противопожарный инструктаж сотрудников;
- издание приказов по вопросам усиления ПБ;
- организация добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий;
- наличие наглядных пособий и т.п.

В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану по номеру 01 и покинуть помещение, руководствуясь планом пожарной эвакуации.

6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.5.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности

Согласно трудовому кодексу РФ, принятому 26 декабря 2001 г., существует перечень регламентов касающихся правовых вопросов обеспечения безопасности, таких как:

- заключение трудового договора допускается с лицами, достигшими возраста шестнадцати лет, за исключением случаев, предусмотренных настоящим Кодексом, другими федеральными законами;
- лица, получившие общее образование или получающие общее образование и достигшие возраста пятнадцати лет, могут заключать трудовой договор для выполнения легкого труда, не причиняющего вреда их здоровью;
- обязательному предварительному медицинскому осмотру при заключении трудового договора подлежат лица, не достигшие возраста восемнадцати лет, а также иные лица в случаях, предусмотренных настоящим Кодексом и иными федеральными законами;
- нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать сорока часов в неделю;
- во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения.

6.5.2 Организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ «Оборудование производственное. Общие эргономические требования», существует ряд общих положений, которые предъявляются к системе «человек — машина — среда», таких как:

- эргономические требования к производственному оборудованию должны устанавливать его соответствие антропометрическим, физиологическим, психофизиологическим и психологическим свойствам человека и обусловленным этими свойствами гигиеническим требованиям с целью сохранения здоровья человека и достижения высокой эффективности труда;
- эргономические требования к производственному оборудованию должны устанавливаться к тем его элементам, которые сопряжены с

человеком при выполнении им трудовых действий в процессе эксплуатации, монтажа, ремонта, транспортирования и хранения производственного оборудования;

- при установлении эргономических требований к производственному оборудованию необходимо рассматривать оборудование в комплексе со средствами технологической и в необходимых случаях организационной оснастки.

Также в данном ГОСТе фиксируются общие требования к рабочему месту, требования к органам управления оборудования, требования к средствам отображения информации и многое другое.

Согласно ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования», определяются общие эргономические положения при работе стоя, такие как:

- рабочее место для выполнения работ стоя организуют при физической работе средней тяжести и тяжелой, а также при технологически обусловленной величине рабочей зоны, превышающей ее параметры при работе сидя. Категория работ – по ГОСТ12.1.005-76;

- конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места (органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы;

- рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

Заключение

В ходе выполнения ВКР были приобретены практические навыки в технологической подготовке производства детали типа «ВАЛ» на станках с ЧПУ в ГПС. Получены навыки модернизации технологического оборудования. Закреплены навыки по расчету и назначению припусков на механообработку, расчету режимов обработки, технического нормирования, а так же по расчету точности параметров средств технологического оснащения. Так же овладение навыками управления качеством изготовления деталей в автоматизированном производстве. Были усвоены методики анализа технологичности детали, выбора последовательности обработки поверхностей детали, выбора технологических баз, формирования маршрута обработки детали. Закреплены навыки по подготовке геометрической и технологической информации, составлению расчетно-технологических карт, карт наладок и разработке управляющих программ для технологического оборудования. А так же были закреплены навыки в оформлении технологической документации согласно ГОСТ, использовании банков данных и знаний САПР, подборе научной и справочной литературы.

Список литературы

1. Отрасли/Машиностроение и производство промышленных товаров, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.everise.com/ru/sectors/mechanical-engineering-industrial-production>
2. ГОСТ 3.1109-82. Единая система технологической документации. – Москва: издательство стандартов, 2012г
3. Должиков В.П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2011. – 144 с.
4. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» - Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1985. – 496 с., ил.
5. Справочник технолога-машиностроителя в 2 т. / под ред. А.М. Дальского; А.Г. Косиловой; Р.К. Мещерякова; А.Г. Суслова. – 5-е изд., испр. – Москва: Машиностроение-1 Машиностроение, 2003.
6. Должиков В.П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 324 с.
7. Обработка металлов резанием: справочник технолога / Под ред. А. А. Панова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
8. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.
9. Размерный анализ технологических процессов/ В.В. Матвеев, М.М. Тверской, Ф.И. Бойков и др. // Б-ка технолога. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.
10. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1975. – 656 с.
11. Станочные приспособления: Справочник / В 2-х т. / Ред. совет Б.Н. Вардашкина и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 1248 с.
12. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филипов, Н.А. Шевченко и др.; под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.
13. Гибкие производственные системы и автоматические линии, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://komtech-stanki.ru/st/st1c6.html>