

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 «Генератор» на станках с ЧПУ

УДК 621.312.12.002:621.9.06-529

Студент

Группа	Ф.И.О.	Подпись	Дата
4А21	Параев Максим Игоревич		14.06.16

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гавриков Н.А.	-		6.06.2016

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		30.05.2016

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

09.02.16 С.Г. Псахье
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
4A21	Параеву Максиму Игоревичу

Тема работы:

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 изделия; Технологические карты; Карты наладки.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Технологическая часть	В.П. Должиков
Финансовый менеджмент,	Н.А. Гаврикова

ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
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	09.02.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Должиков В.П.	к.т.н., доцент		09.02.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	Ф.И.О.	Подпись	Дата
4A21	Параев Максим Игоревич		09.02.2016

Реферат

Выпускная квалификационная работа в размере 76 с., 11 рис., 9 табл., 15 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, генератор, анализ технологичности, проектирование технологического процесса.

Объектом исследования является: деталь типа «Генератор».

Цель работы: проектирование технологической подготовки производства детали «Опора».

В результате исследования был проведен анализ технологичности конструкции детали, спроектирован технологический процесс изготовления детали, подобраны средства технологического оснащения, инструменты, рассчитаны режимы резания, разработаны управляющие программы для станков с ЧПУ, спроектирован гибкий производственный модуль, анализ безубыточности детали.

Степень внедрения: полученные результаты могут применяться в мелкосерийном производстве.

Область применения: машиностроение.

Оглавление

Введение.....	7
1 Технологическая подготовка производства.....	8
1.1 Проектирование технологического процесса изготовления детали.....	10
1.2 Анализ технологичности конструкции детали.....	13
1.3 Обеспечение эксплуатационных свойств детали.....	15
1.4 Способ получения заготовки... ..	17
1.5 Проектирование технологического маршрута.....	21
1.6 Расчет припусков на обработку.....	24
1.7 Проектирование технологических операций.....	29
1.8 Выбор средств технологического оснащения.....	34
1.9 Выбор и расчет режимов резания.....	39
1.10 Размерный анализ технологического процесса.....	43
2 Нормирование технологических переходов.....	45
2.1 Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ.....	46
2.2 Техничко-экономические показатели технологического процесса.....	49
2.3 Проектирование и выбор средств технологического оснащения.....	52
2.4 Проектирование гибкой производственного модуля (ГПМ).....	56
2.9 Социальная ответственность.....	60
2.9.1 Производственная безопасность.....	61
2.9.2 Экологическая безопасность.....	65
2.9.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	66

2.9.4 Правовые и организационные вопросы.....	67
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	69
3.1.1 Расчет затрат на изготовление деталей.....	70
3.1.2. Анализ безубыточности изготовления детали.....	72
Заключение.....	73
Список литературы.....	74
Приложение А.....	76

Введение

Ключевую роль в осуществлении новейших достижений науки и техники отводится машиностроению. Ускорение темпов его роста - основа научно-технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства и поддержания на должном уровне обороноспособности страны. Машиностроение призвано выпускать системы и комплексы машин, оборудования и приборов высшего технико-экономического уровня, обеспечивающего революционные перемены в технологии и организации производства, многократное повышение производительности труда, снижение материалоемкости и энергоемкости, улучшение качества продукции, рост фондоотдачи.

Использование в механообработке станков с ЧПУ позволяет модернизировать технологическую подготовку производства, перейти от практики разработки и применения индивидуальных технологических процессов к созданию унифицированных технологий. При этом технологическая унификация имеет две стороны, непрерывно связанные между собой: унификацию объектов производства и унификацию технологических процессов.

Детали машин, несмотря на все свое многообразие, обладают рядом сходных признаков, можно выделить основные группы признаков [1]:

1.функционально-конструктивные, они определяют служебное назначение объекта;

2.конструктивные, которые определяют только различия или общность конструктивных форм и элементов детали, их конфигурацию;

2.технологические, определяют общность решения технологических задач;

3.конструктивно-технологические - складываются из тех и других признаков, выбор признаков в значительной степени обусловлен целью разработки системы.

В данном случае классификация носит технологическую направленность, целью которой является создание базы для разработки групповых технологических процессов. Пользуясь соответствующими схемами можно объединить детали в виде комбинаций различных составляющих геометрических элементов: плоскостей, цилиндрических поверхностей, уступов, отверстий.

Руководствуясь выше сказанным, мне было предложено разработать технологический процесс с применением станков ЧПУ. Для этого надо разработать технологический маршрут изготовления детали “Генератор”, составить карты наладки с применением станков с ЧПУ.

1 Технологическая подготовка производства

Технологическая подготовка производства (ТПП) представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску изделий заданного уровня качества при установленных сроках, объеме выпуска и затратах [1].

Главной задачей ТПП является проектирование рациональных и прогрессивных способов изготовления изделий для их выпуска в кратчайшие сроки и с минимальными затратами.

Технологическая подготовка производства (ТПП) предназначена для обеспечения технологической готовности предприятия к производству изделий заданного качества в соответствии с заданными технико-экономическими показателями, устанавливающими высокий технический уровень производства, минимальные временные, трудовые и материальные затраты. Это значит, что ТПП должна обеспечить мобильность изменения производства при изменении программы выпуска и освоении новых видов изделий, высокую производительность труда. Достигается это совершенствованием действующего или организацией нового производства.

Технологическая подготовка производства включает обеспечение технологичности конструкции изделия; проектирование технологических процессов и средств технологического оснащения; расчет технико-обоснованных материальных и трудовых нормативов; необходимого числа оборудования и производственных площадей; внедрение технологических процессов и управление ими в производстве.

Эффективность машиностроительного производства во многом определяется эффективностью технологической подготовки производства. В настоящее время наметились следующие тенденции интенсификации ТПП:

- внедрение новых высокотехнологичных методов изготовления продукции;
- применение наукоемких CAD/CAM систем как для технической, так и для технологической подготовки производства;
- внедрение методов технологической унификации [1].

ТПП обеспечивает полную готовность предприятия к выпуску новой продукции с заданным качеством, что, как правило, может быть реализовано на технологическом оборудовании, имеющем высокий технический уровень, обеспечивающий минимальные трудовые и материальные затраты. Технологическая подготовка производства осуществляется в соответствии с требованиями стандартов Единой системы технологической подготовки производства и предусматривает решение следующих задач:

- обеспечение высокой технологичности конструкций, что достигается тщательным анализом технологии изготовления каждой детали и технико-экономической оценкой возможных вариантов изготовления;
- проектирование технологических процессов, включающее разработку процессов традиционной (основной для данного типа производства) обработки, а также программ для станков с числовым программным управлением, индивидуальных технологических процессов, разработку технических заданий на спецобработку и специальное технологическое оборудование

(проектирование средств технологического оснащения проводится в порядке, принятой для конструкторской подготовки производства);

—структурный анализ изделия и на его основе составление межцеховых технологических маршрутов обработки деталей и сборки изделий; технологическую оценку возможностей цехов, основанную на расчете производственных мощностей, пропускной способности и т.д. разработку технологических нормативов трудоемкости, норм расхода материалов, режимов работы оборудования;

—изготовление средств технологического оснащения;

—отладку технологического комплекса (производится на установочной серии изделий) - технологического процесса, оснастки и оборудования;

—разработку форм и методов организации производственного процесса;

—разработку методов технического контроля [3].

1.1 Проектирование технологического процесса изготовления детали

Разработку технологического процесса (ТП) изготовления любой детали начинают с глубокого изучения служебного назначения машины и критического анализа норм точности и технологических требований. Технология изготовления всех деталей машин так же ведется в строго определенной последовательности и выполняется с применением общих положений и правил [1].

Проектирование ТП представляет собой многовариантную задачу, правильное решение которой требует проведение ряда расчетов. И имеет целью установление оптимальной последовательности и способов обработки отдельных поверхностей и всей детали в целом, подбор необходимого оборудования, оснастки и инструмента для обработки и контроля, определение оптимальных режимов обработки и технических норм времени на выполнение

работ за счет знания закономерностей и особенностей ремонтного производства.

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

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);

В начале проектирования предварительно устанавливаются виды обработки отдельных поверхностей заготовки и методы достижения их точности, соответствующие требованиям чертежа, серийности производства и существующего на предприятии оборудования.

В первую очередь следует обрабатывать поверхности, которые будут служить технологическими базами при выполнении следующих операций.

При низкой точности исходных заготовок ТП начинается с черновой обработки поверхности, имеющей наибольшие припуски. При этом в самую первую очередь снимается припуск с тех поверхностей, на которых возможны дефекты с целью скорейшего отсеивания брака.

Дальнейший маршрут строится по принципу обработки сначала грубых, а затем более точных поверхностей. Наиболее точные поверхности обрабатываются в последнюю очередь [2].

Предпочтительным в мелкосерийном производстве является технологический процесс с максимальной концентрацией переходов, как наиболее производительны. Для этой цели в единичном и мелкосерийном производстве используются станки с ЧПУ.

При определении последовательности выполнения черновых и чистовых переходов следует учитывать, что совмещение их в одной операции возможно только на станках с повышенной жесткости, например на станках с ЧПУ.

Наиболее легко повреждаемые поверхности обрабатываются на заключительной стадии технологического процесса.

Технологический контроль намечают после тех этапов обработки, где [1]:

- наиболее вероятны появления брака;
- перед сложными дорогостоящими операциями;
- после законченного цикла, в конце обработки.

Основной задачей этого этапа является составление общего плана обработки деталей.

Классификация технологических процессов:

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 [3].

Единичный ТП - это ТП изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства. Единичные ТП разрабатывают для изготовления оригинальных изделий (деталей, сборочных единиц), не имеющих общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, ранее изготовленными на предприятии.

Типовой ТП - это ТП изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками, характеризующийся общностью содержания и последовательности выполнения операций и переходов. Типовой ТП используют как информационную основу при создании рабочих ТП и как рабочий ТП при наличии всей необходимой информации для производства изделий. На базе этих ТП разрабатывают стандарты предприятий (СТП) для типовых технологических процессов.

Групповой ТП - это ТП изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками; это процесс обработки заготовок различной конфигурации, состоящий из комплекса групповых технологических операций, выполняемых на специализированных рабочих местах в последовательности технологического маршрута изготовления определенной группы изделий. Групповые ТП разрабатывают для всех типов производств только на уровне предприятия.

Разрабатываемый ТП должен обеспечивать повышение производительности труда и качества изделия, снижение трудовых и материальных затрат, сокращение вредных воздействий на окружающую среду. ТП должен соответствовать требованиям техники безопасности и промышленной санитарии, установленным системой стандартов безопасности труда (ССБТ), инструкциями и другими нормативными документами.

Исходя из вышесказанного, при разработке технологического процесса изготовления детали «Генератор» применим единичный вид производства.

1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Совокупность свойств изделия определяющих приспособленность его конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве и эксплуатации для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ, представляет собой технологичность конструкции изделия.

Лишь незначительное число деталей машин и механизмов, а также инструментов в процессе их изготовления не подвергаются обработке резанием: точению, сверлению, фрезерованию, шлифованию. Особо необходима обработка резанием для придания деталям их конечной формы и требуемой чистоты поверхности. Поэтому с учетом экономичности и технологичности всего процесса изготовления, вопросам обрабатываемости резанием придается большое значение.

На технологичность конструкции детали, подвергаемой обработке резанием, влияют как технические факторы (обрабатываемость материала, выбор баз и размерных связей, форма и размеры детали, требования по точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей) так и организационные (серийность производства).

Соответствие конструкций машин требованиям минимальной трудоемкости определяет технологичность конструкций.

ГОСТ 14.201-91 устанавливает ряд показателей технологичности конструкции изделий. К ним относятся [4]:

- деталь должна быть правильной геометрической формы, обеспечивающей возможность ее полной обработки от одной базы;
- необходимо избегать разнообразия размеров отверстий и резьбы;
- конструкция детали должна предусматривать небольшое количество обрабатываемых поверхностей, сопрягаемых с другими деталями;
- допуски на размеры точных деталей не должны усложнять технологию производства.

Под технологичностью конструкции понимают совокупность свойств изделия, которые при заданном типе и организации производства, применяемых технологических процессах она будет обладать наименьшей трудоемкостью и себестоимостью в процессе изготовления, надежной в эксплуатации, простой в ремонте, дешевой при утилизации [4] .

Деталь – генератор – изготовлена из легированной стали 40Х. Конструкция генератора характеризуется следующими признаками:

В процессе анализа чертежа детали были выявлены следующие конструкторские и технологические ошибки: некорректен главный вид чертежа детали.

Анализируя данную деталь с точки зрения технологичности ее изготовления можно отметить ряд положительных факторов:

1. при отсутствии норм на конструктивные элементы, их размеры назначены в соответствии со стандартизированным инструментом;

2. габаритные размеры детали и точности обработки его поверхностей обеспечиваются возможностями токарных станков.

3. конструкция детали позволяет обеспечивать свободный подвод и отвод режущего инструмента;

4. материал хорошо поддается механической обработке;

5. конструкция детали позволяет выполнять частичную обработку на станках с ЧПУ;

6. конфигурация детали достаточно жёсткая.

Отрицательными с точки зрения технологичности следует считать следующие факторы:

1) наличие у детали поверхностей выполняемых по 7-му и 6-му качеству и с допусками взаимного расположения (биение);

2) наличие шероховатости $Ra = 1,25$; $Ra = 1,6$; $Ra = 0,16$.

3) сложная форма детали, требующая большого количества операций и установов.

Также необходимо отметить основные требования, предъявляемые к детали: отклонения для неуказанных размеров: для отверстий по H14, для валов по h14, для остальных размеров по $\pm IT14/2$; нанесение покрытия – окисное химическое.

В целом, эксплуатационные свойства будут сохранены, если будут достигнуты размеры в пределах их поля допуска, также достигнута шероховатость внутренних поверхностей, а это возможно при применении станков с числовым программным управлением.

1.3 Обеспечение эксплуатационных свойств детали

Надежность машин, как один из основных показателей качества, определяется, прежде всего, эксплуатационными свойствами их деталей и сборочных единиц включающими: усталостную прочность, коррозионную стойкость, износостойкость, точность посадок и др. Действие на машину

циклических нагрузок может привести к усталостным разрушениям отдельных ее деталей. Ресурс машины, работающей в агрессивных коррозионных средах, в значительной степени определяется коррозионной стойкостью основных ее деталей. В результате действия значительных нагрузок на контактирующие поверхности деталей может произойти потеря их надежности из-за контактных разрушений. Надежность машин, определяемая точностью изготовления ее деталей, в значительной степени зависит от контактной жесткости их соединений. Установлено, что 70 % выхода из строя машин определяется износом их деталей. Поэтому износостойкость играет особую роль в обеспечении надежности сборочных единиц, агрегатов, машин [5].

В настоящее время проблемы обеспечения эксплуатационных свойств деталей машин и соединений сводится к решению двух задач [6].

1. Задачи конструктора по выбору материала деталей, определению их размеров, точности и параметров качества поверхностного слоя, обеспечивающих необходимые эксплуатационные свойства исходя из их функционального назначения;

2. Задачи технолога по технологическому обеспечению точности размеров и параметров качества поверхностного слоя деталей, назначенных конструктором.

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.

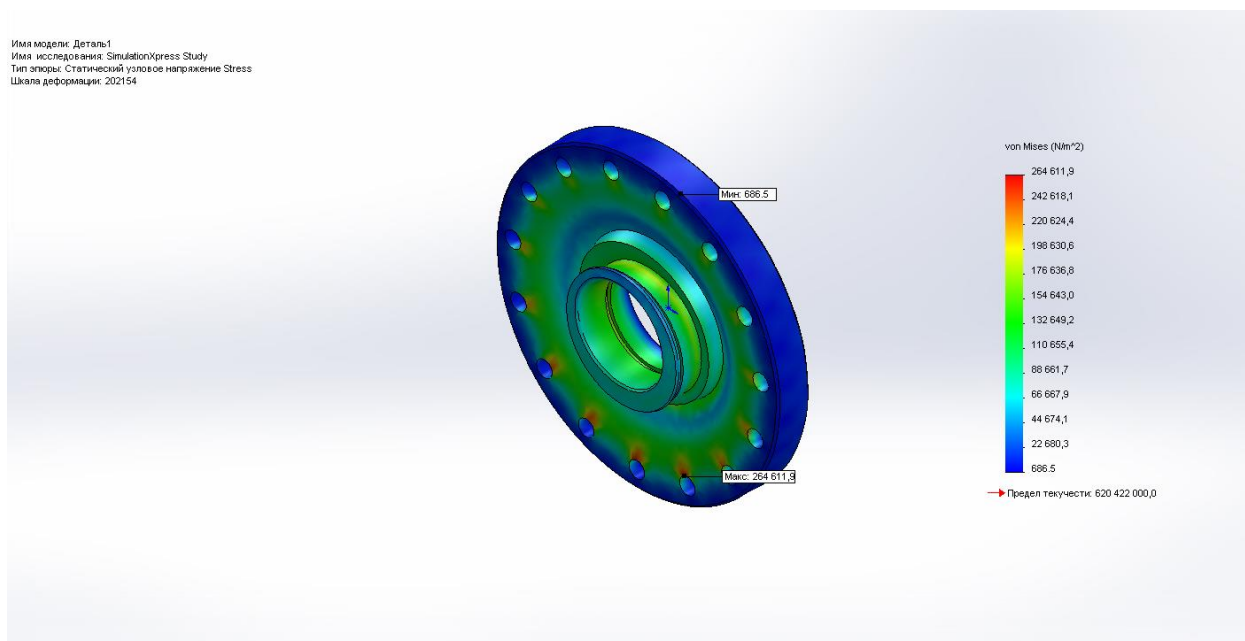


Рисунок 1 - Статическое напряжение при нагрузке 50 кГс

Согласно рисунку 1, самое большое напряжение возникает на передней поверхности, который равен 264 кН/м^2 . На местах крепления детали напряжения возникают только в отверстиях. Остальные поверхности детали подвергаются незначительным напряжениям.

1.4 Способ получения заготовки

Метод выполнения заготовок для деталей машин определяется назначением и конструкцией детали, материалом, техническими требованиями, масштабом и серийностью выпуска, а также экономичностью изготовления. Выбрать заготовку – значит установить способ ее получения, наметить припуски и обработку каждой поверхности, рассчитать размеры и указать допуски на неточности изготовления [1].

Для рационального выбора заготовки необходимо одновременно учитывать все вышеперечисленные исходные данные, так как между ними существует тесная взаимосвязь. Окончательное решение можно применять только после экономического комплексного расчета себестоимости заготовки и механической обработки в целом.

Работа по выбору заготовки ведется в такой последовательности [2]:

—выбираем вид заготовки с учетом факторов, определяющих эксплуатационные характеристики детали, тип производства, экономию металла и др.,

—на все обрабатываемые поверхности назначаются, а на некоторые — рассчитываются аналитическим способом припуски на обработку;

—выполняется чертеж заготовки, и подсчитывается ее масса;

—рассчитывается стоимость заготовки.

Заданный материал для детали хромистая сталь - 40Х. Приведем характеристики данного вида стали.

Сталь 40Х является улучшенной конструкционной сталью с содержанием 0,3-0,5% С и легирующими элементами, обычно в количестве не более 5%, которые используют после операции так называемого улучшения, состоящей из закалки и высокого отпуска. Закалку таких сталей обычно проводят в масле. Температура отпуска 550-650 С. После термообработки улучшаемые стали имеют структуру сорбита, хорошо воспринимающего ударные нагрузки. Улучшаемые стали имеют высокую прочность, вязкость, малую чувствительность к концентраторам напряжений и хорошую прокаливаемость. В случае сквозной прокаливаемости после одинаковой термообработки свойства различных марок улучшаемых сталей близких между собой. Поэтому выбор той или иной марки улучшаемой стали в каждом конкретном случае обусловлен прокаливаемостью стали, сечением детали и сложностью конфигурации, наличием концентраторов напряжений [1].

Наиболее широко применяемые в конструкционной стали легирующие элементы следующие: хром, марганец, кремний. В состав стали они вводятся от 0,8 до 2,0 % придавая ей высокую твердость, прочность, упругость. Химический состав в % материала для стали 40Х представлен в таблице 1.3.

Все указанные элементы недорогие. В таблице 1.2 представлены аналоги стали 40Х и применение в производстве [7].

Таблица 1.1- Характеристики стали 40Х

Марка материала :	40Х
Квалификация :	Сталь конструкционная легированная
Применение :	оси, валы, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели, оправки, рейки, губчатые венцы, болты, полуоси, втулки и другие улучшаемые детали повышенной прочности

Таблица 1.2- Химический состав в % материала 40Х

С	Si	Mn	Cr	Прочих элементов	Твердость отожженной или высокоотпущенной стали, НВ не более.
0,36-0,44	0,1-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	-	217

Рассмотрим некоторые технологические свойства стали 40Х. Температура ковки стали начинается 800-1250 градусов, сечения до 350 мм охлаждаются на воздухе. Сталь относится к разряду трудносвариваемых сталей, но при этом не исключается возможность сварки такими способами как ручная дуговая (РДС), контактно-точечная (КТС) и электрошлаковая сварка (ЭШС). Сплав 40Х не имеет склонности к отпускной хрупкости, однако при этом он является флокеночувствительным материалом. Флокены - это дефект структуры стали (чаще ковальной) в виде хлопьев и волосовин. Флокены ухудшают прочностные характеристики стали и являются браковочным признаком. Провоцирует появление флокенов повышенное содержание в структуре стали водорода.

Обрабатываемость резанием доступна только в горячекатаном состоянии, при твердости по Бринеллю 163-168 единиц и временным сопротивлением разрыву 610 МПа.

Заготовку детали типа «Генератор» можно получить из прутка, а также из литья. Следует провести сравнение заготовок по критериям экономичности и технологичности.

Проанализируем целесообразность использования заготовки

КИМ определим по формуле [8]:

$$K=q/Q,$$

где Q - масса заготовки, кг;

q - масса готовой детали, кг.

По данным САПР Компас-3D V13 для прутка имеем: $Q=4.340$ кг, $q=1.322$ кг,

тогда

$$K = 0,269.$$

Для литья: $Q=3.092$ кг, $q=1.322$ кг, тогда

$$K = 0,427.$$

Сравнив значения коэффициентов использования материала видно, что во втором случае он выше. Из этого следует, что использование в качестве заготовки литье более целесообразно и позволяет снизить такие показатели как: металлоемкость, трудоемкость процесса изготовления, машинное время, связанное с удалением необходимого напуска, время изготовления детали, себестоимость единицы продукции. Наряду с выше перечисленными достоинствами заготовки из литья, существует еще один немаловажный фактор: при использовании в качестве заготовки литье существует необходимость в обдирке заготовки.

Себестоимость заготовки полученной литьем выше, чем себестоимость заготовки полученной прокатом, поэтому для разрабатываемого ТП в качестве заготовки принимаем прутки. Еще одним из факторов говорящих в пользу

заготовки из прутка, является то, что изготовление форм для литья предусматривает наличие в производстве или закупку специального оборудования.

1.5 Проектирование технологического маршрута.

На основании анализа технологичности, выбора способа получения заготовки и изученной технологии изготовления детали в условиях производства, намечаем допустимую последовательность обработки поверхностей детали [2].

На первом этапе нужно получить технологические базы на токарном станке, чтобы на последующих операциях можно было получить более точные поверхности, для этого обрабатываем поверхности: 1, 2 и 3. Поверхности 1 и 2 в дальнейшем будут служить технологическими базами. На данном этапе обработки поверхности не являются точными.

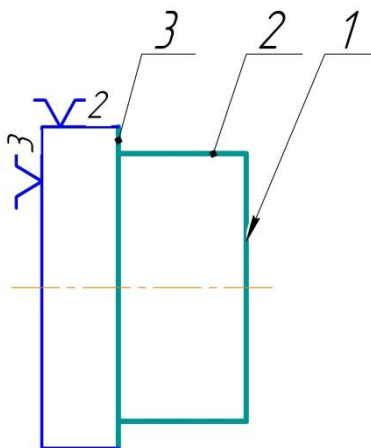


Рисунок 2 - Первый этап

На следующем этапе обработки заготовки будут получены поверхности: 4, 5, 7, фаски 6 и 8, также проточка 9. Поверхность 7 в дальнейшем будет служить технологической базой. Проточка 9 будет иметь шероховатость Ra 6,3. Остальные поверхности будут иметь шероховатость Ra 1,6.

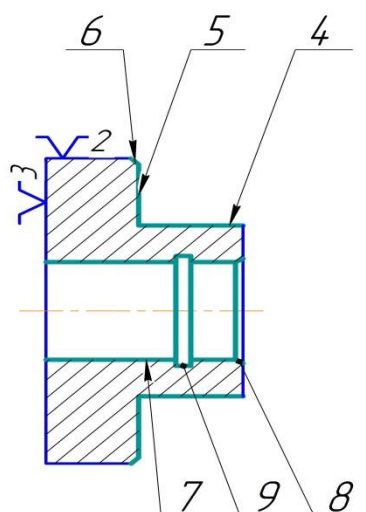


Рисунок 3 - Второй этап

На третьем этапе обработки заготовки будут получены поверхности: 10, 12, 13, 15, 17 и фаски 11, 14, 16. Все поверхности будут иметь шероховатость $Ra\ 6,3$. Так же должен быть выдержан допуск биения на поверхность 10, относительно конструкторской базы Б.

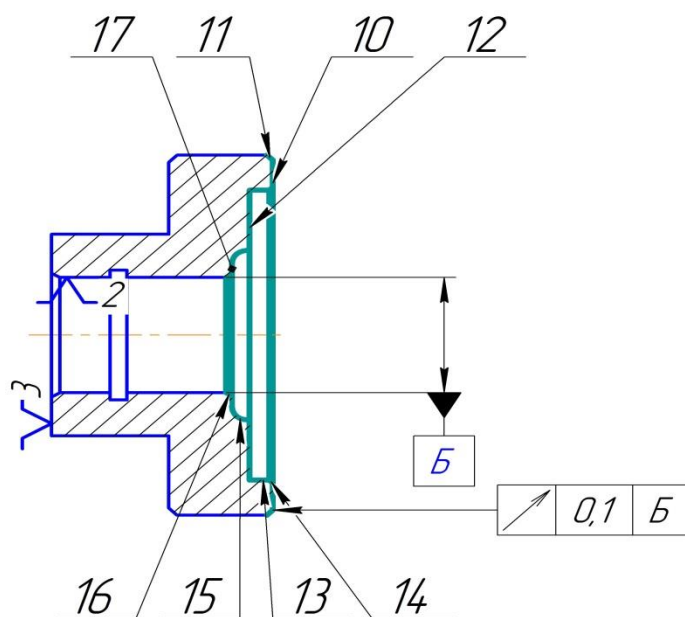


Рисунок 4 - Третий этап

На четвертом этапе обработки заготовки будут получены поверхности: 18, 20, фаска 19 и канавка 21. Канавка 21 будет иметь шероховатость $Ra\ 6,3$. Остальные поверхности будут иметь шероховатость $Ra\ 1,6$. Так же должен

быть выдержан допуск биения на поверхность 20, относительно конструкторской базы А.

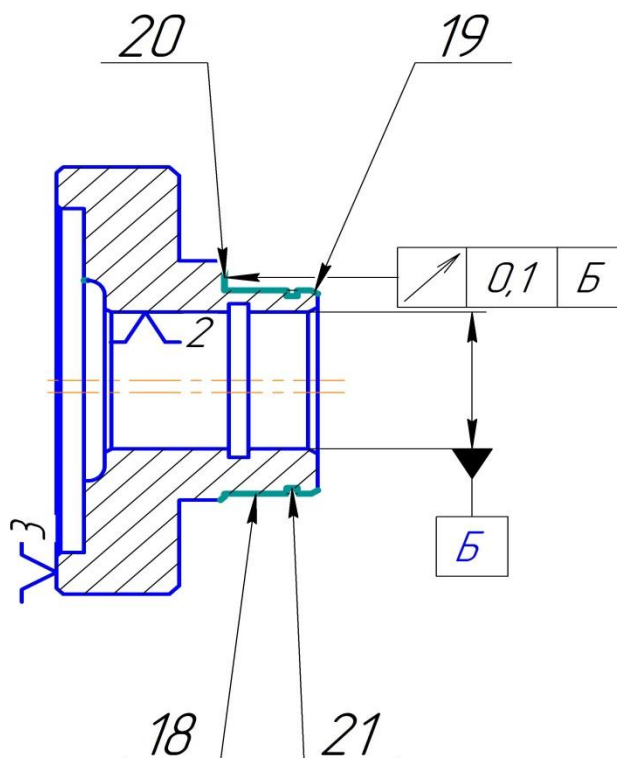


Рисунок 5 - Четвертый этап

На пятом этапе обработки заготовки будут получены 15 сквозных отверстий 22, а также 15 фасок 23. Отверстия будут иметь шероховатость R_a 1,25.

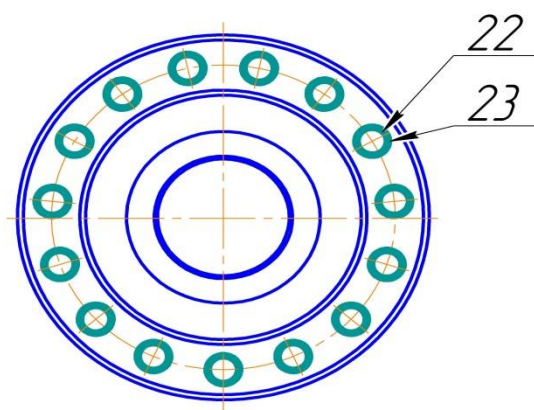


Рисунок 6 - Пятый этап.

На шестом этапе обработки заготовки будут получены поверхности: 24, 25. Поверхность 24 будет иметь шероховатость R_a 1,25.

Поверхность 25 будет иметь шероховатость Ra 0,16.

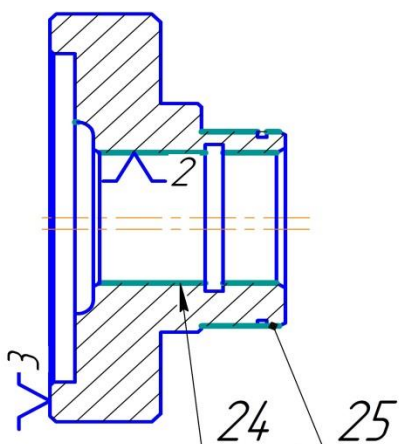


Рисунок 7 - Шестой этап.

1.6 Расчет припусков на обработку

Одной из важнейших задач, решаемых в рамках технологического проектирования, является обеспечение требуемого качества деталей и машин при минимальных затратах ресурсов. В условиях высокой стоимости материалов проблема снижения материалоемкости производства особенно актуальна. Одним из путей снижения материалоемкости является уменьшение припусков на обработку. Помимо роста материальных затрат, «закладываемых» в заготовку вместе со стоимостью материала, завышенные значения припусков ведут к росту трудоемкости и энергозатрат при изготовлении изделий, снижению эффективности использования оборудования, в первую очередь с ЧПУ, и в конечном итоге к росту себестоимости изготовления изделия [9].

Определение припусков на механическую обработку состоит из двух основных этапов - определение величин припусков на обработку в соответствии с технологическими переходами ТП и определение размеров заготовки, в соответствие с техническими требованиями рабочего чертежа.

В настоящее время в машиностроении применяется два метода определения припусков на механическую обработку: опытно-статистический и расчетно-аналитический [9].

Так как в данном случае обработка ведется в трехкулачковом патроне с упором, то погрешность установки в радиальном и осевом направлении равна нулю ($\varepsilon_y=0$), что имеет значение для рассчитываемого размера. В этом случае эта величина исключается из основной формулы для расчета минимального припуска [9].

Таблица 2 - Расчёт припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности хвостовика диаметром 45h6

Технологически е переходы обработки элементарной поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетн ый припуск $2Z_{min}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допус к δ , мкм	Предельные размеры, мм		Предельные значения припусков, мкм	
								d _{max}	d _{min}	$2Z_{max}^{пр}$	$2Z_{min}^{пр}$
	R _z	T	ρ	ε _y							
Заготовка (поковка черновая)	150	250	800	0		52,974	3000	56	53		
1. Точение черновое	50	50	48	0	2*1200	50,574	740	51,44	50,6	4560	2400
2. Точение чистовое	30	30	32	0	2*148	50,278	120	50,42	50,3	1020	300
3. Шлифование черновое	10	20	16	0	2*92	50,094	30	50,124	50,094	296	206
4. Шлифование чистовое	5	15		0	2*46	50,002	16	50,018	50,002	106	92
Итого, Σ:										5982	2998

Суммарное значение пространственных отклонений оси обрабатываемой поверхности диаметром 60к6 относительно оси центровых отверстий определится по формуле [10]:

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2},$$

где: $\rho_{кор}$ - коробление детали;

$\rho_{см}$ - смещение детали.

Коробление детали определим по формуле [4]:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2}$$

где: Δ_k – удельная кривизна заготовок на 1 мм длины;

$\Delta_k = 0,45$ мкм [10];

l и d – диаметр и длина обрабатываемой поверхности;

$l = 15,5$ мм, $d = 60$ мм.

Получаем:

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,45 \cdot 60)^2 + (15,5 \cdot 0,45)^2} = 31 \text{ мкм.}$$

Смещение детали определим по таблице [9]: $\rho_{см} = 0,8$

В итоге получаем:

$$\rho_{заг} = \sqrt{(0,031)^2 + (0,8)^2} = 0,8$$

Остаточное пространственное отклонение:

$$\rho_{ост} = k_y \cdot \rho_{заг},$$

где: k_y - коэффициент уточнения формы, который определяется по таблице 2.13 [10].

после чернового точения $\rho_1 = 0,06 \cdot 800 = 48$ мкм;

после чистового точения $\rho_2 = 0,04 \cdot 800 = 32$ мкм;

после чернового шлифования $\rho_3 = 0,02 \cdot 800 = 16$ мкм.

Расчет минимальных значений припусков производим пользуясь основной формулой:

$$2Z_{min} = 2(R_z + T + \rho),$$

где: R_z , T - соответственно высота неровностей и глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем технологическом переходе, мкм;

ρ - суммарное значение пространственных отклонений для элементарной поверхности на предшествующем переходе, мкм;

Минимальный припуск:

под черновое точение $2Z_{min1} = 2(150 + 250 + 800) = 2 \cdot 1200$ мкм;

под чистовое точение $2Z_{min2} = 2(50 + 50 + 48) = 2 \cdot 148$ мкм;

под черновое шлифование $2Z_{min3} = 2(30 + 30 + 32) = 2 \cdot 92$ мкм;

под чистовое шлифование $2Z_{min4} = 2(10 + 20 + 16) = 2 \cdot 46$ мкм.

Графу “Расчётный размер” заполняем, начиная с конечного (чертёжного) размера путём последовательного прибавления расчётного минимального припуска каждого технологического перехода:

для чернового шлифования $d_{p4} = 50,002 + 0,092 = 50,094$ мм;

для чистового точения $d_{p3} = 50,094 + 0,184 = 50,278$ мм;

для чернового точения $d_{p2} = 50,278 + 0,296 = 50,574$ мм;

для заготовки $d_{p1} = 50,574 + 2,4 = 52,974$ мм.

Значения допусков каждого технологического перехода и заготовки принимаем по таблицам в соответствии с качеством, используемого метода обработки.

Наименьший предельный размер определяем округлением расчётных размеров в сторону увеличения их значений. Округление производим до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.

Наибольшие предельные размеры определяем прибавлением допусков к округлённым наименьшим предельным размерам:

$$d_{max4} = 50,002 + 0,016 = 50,018 \text{ мм};$$

$$d_{max3} = 50,094 + 0,030 = 50,124 \text{ мм};$$

$$d_{max2} = 50,3 + 0,12 = 50,42 \text{ мм};$$

$$d_{max1} = 50,6 + 0,84 = 51,44 \text{ мм};$$

$$d_{max \text{ заг.}} = 53 + 3 = 56 \text{ мм}.$$

Максимальные предельные значения припусков $Z_{max}^{пр}$ равны разности наибольших предельных размеров, а минимальные значения $Z_{min}^{пр}$ – соответственно разности наименьших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов:

$$2Z_{max4}^{пр} = 50,124 - 50,018 = 0,106 \text{ мм};$$

$$2Z_{max3}^{np} = 50,42 - 50,124 = 0,296 \text{ мм};$$

$$2Z_{max2}^{np} = 51,44 - 50,42 = 1,02 \text{ мм};$$

$$2Z_{max1}^{np} = 56 - 51,44 = 4,56 \text{ мм}.$$

$$2Z_{min4}^{np} = 50,094 - 50,002 = 0,092 \text{ мм};$$

$$2Z_{min3}^{np} = 50,3 - 50,094 = 0,206 \text{ мм};$$

$$2Z_{min2}^{np} = 50,6 - 50,3 = 0,3 \text{ мм};$$

$$2Z_{min1}^{np} = 53 - 50,6 = 2,4 \text{ мм}.$$

Общие припуски $Z_{O\ min}$ и $Z_{O\ max}$ определяем, суммируя промежуточные припуски и записываем их значения внизу соответствующих граф.

$$2Z_{O\ min} = 66 + 150 + 190 + 2410 = 2998 \text{ мкм};$$

$$2Z_{O\ max} = 86 + 211 + 710 + 6790 = 5982 \text{ мкм}.$$

Произведём проверку правильности расчётов:

$$Z_{max4}^{np} - Z_{min4}^{np} = \delta_3 - \delta_4$$

$$106-92=30-16$$

$$14=14$$

$$Z_{max3}^{np} - Z_{min3}^{np} = \delta_2 - \delta_3$$

$$296-206=120-30$$

$$90=90$$

$$Z_{max2}^{np} - Z_{min2}^{np} = \delta_2 - \delta_3$$

$$1020-300=840-120$$

$$620=620$$

$$Z_{max1}^{np} - Z_{min1}^{np} = \delta_1 - \delta_2$$

$$4560-2400=3000-840$$

$$2160=2160$$

Соответственно расчеты произведены правильно.

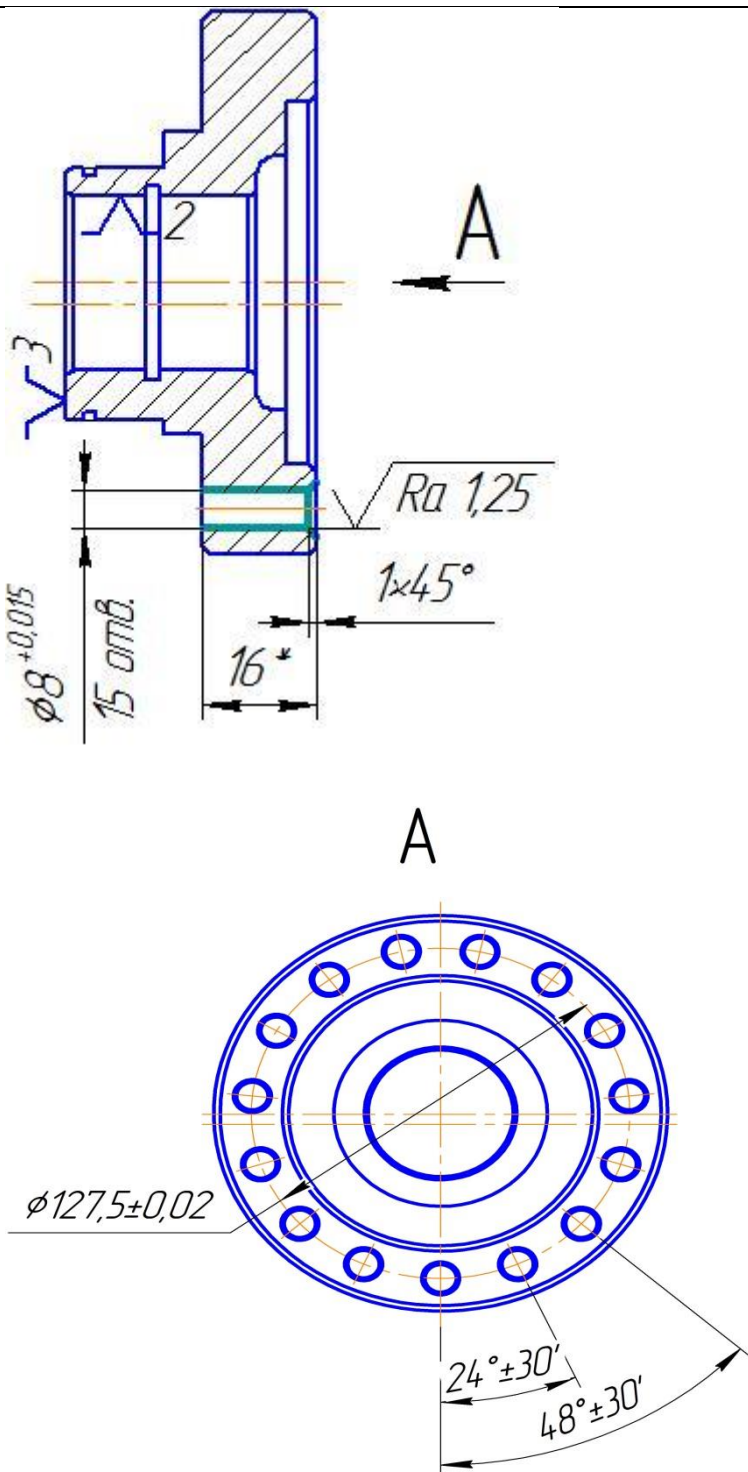
1.7 Проектирование технологических операций

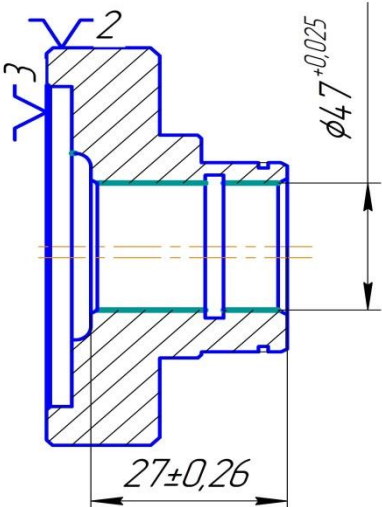
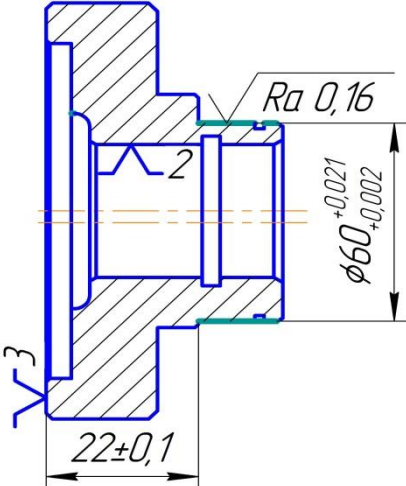
Таблица 3 – Технологический процесс изготовления детали

	005 Заготовительная Прокат по ГОСТ 2590-88 А. Установить заготовку в призмы. База: наружный диаметр и торец. 1. Отрезать заготовку $\varnothing 155^*$ мм, выдерживая размер 43_{-3} мм.
	010 Токарная с ЧПУ А. Установить заготовку в трёхкулачковый патрон. База: наружный диаметр и левый торец. 1. Подрезать торец, сняв припуск 1,5 мм. 2. Точить поверхность $\varnothing 145_{-0,16}$ мм, на длину $28 \pm 0,1$ мм. Б. Переустановить заготовку в трех-кулачковом патроне. 1. Подрезать торец, сняв припуск 1,5 мм. 2. Точить поверхность $\varnothing 145_{-0,16}$ мм на длину $17_{-0,215}$ мм. 3. Точить поверхность А на длину $21,5 \pm 0,1$ мм, выдерживая размер $\varnothing 72_{-0,12}$ мм. 4. Снять фаску по наружной поверхности 1×45^0 мм. 5. Центровать отверстие Б. 6. Сверлить сквозное отверстие Б $\varnothing 30^{+0,21}$ мм. 7. Расточить сквозное отверстие Б $\varnothing 46,85^{+0,1}$ мм. 8. Снять фаску по внутренней поверхности 1×30^0 мм.

	9. Точить канавку шириной $1,9^{+0,14}$ мм, выдерживая размер $\varnothing 49,5^{+0,25}$ мм, согласно операционному эскизу.			
	015 Контрольная 1.Контролировать все полученные размеры, шероховатость, биение согласно операционному эскизу.			
Technical drawing of a mechanical part. The drawing includes a cross-section and a side view. Key dimensions and features include: - Top surface roughness: $\sqrt{Ra\ 6,3\ (\checkmark)}$ - Internal hole diameter: $\phi 112^{+0,87}$ - Internal hole diameter: $\phi 68^{+0,74}$ - External hole diameter: $\phi 46,85^*$ - Radius: $R2 \pm 0,125$ - Chamfer: 30° - Lengths: $37,5_{-0,16}$, $10,8 \pm 0,15$, $7 \pm 0,18$, $0,5 \pm 0,1 \times 45^\circ$ - Bottom surface roughness: $Ra\ 2,5$ - Feature labels: А, Б, 1, 2, 3 - Table: <table><tr><td>$\nearrow$</td><td>0,1</td><td>Б</td></tr></table>	$\nearrow$	0,1	Б	020 Токарная с ЧПУ В. Установить заготовку на расточенные кулачки трех-кулачкового патрона. База: внутренний диаметр и левый торец. 1. Подрезать торец в размер $37.5_{-0.16}$ мм. 2. Снять фаску по наружной поверхности 1×45^0 мм. 3. Раточить отверстие А $\varnothing 112^{+0,87}$ мм, выдерживая размеры $7 \pm 0,18$ мм, согласно операционному эскизу. 4. Снять фаску по внутренней поверхности $0,5 \times 45^0$ мм. 5. Расточить отверстие Б $\varnothing 72^{+0,74}$ мм, выдерживая размер $10,8 \pm 0,15$ мм и $R2 \pm 0,125$ согласно операционному эскизу. 6. Снять фаску по внутренней поверхности 1×30^0 мм.
$\nearrow$	0,1	Б		
	025 Контрольная 1.Контролировать все полученные размеры, шероховатость, биение согласно операционному эскизу.			

Technical drawing of a mechanical part showing a cross-section and a detail view A. The cross-section shows a shaft with a central hole, a keyway, and various diameters and dimensions. Surface B is indicated. Surface A is a detail view showing a fillet with R0,6, a chamfer 0,5x45°, a 30° angle, and a width of 2,2+0,14. Surface Gamma is also indicated. Surface B has a roughness of Ra 1,6. Surface A has a roughness of Ra 0,1. The drawing is labeled A (4:1).	030 Токарная с ЧПУ Установить заготовку на разжимную оправку. База: внутренний диаметр и левый торец. 1.Точить поверхность В $\varnothing 60_{-0,12}$ мм, выдерживая размер $22 \pm 0,1$ мм и R0,6, согласно операционному эскизу. 2.Снять фаску по наружной поверхности $1 \times 30^\circ$ мм. 3. Снять фаску по наружной поверхности $0,5 \times 45^\circ$ мм. 4.Точить канавку шириной $2,2^{+0,14}$ мм, согласно операционному эскизу.
	015 Контрольная 1.Контролировать все полученные размеры, шероховатость, биение согласно операционному эскизу.

	040 Координатно-расточная Установить заготовку в трех- кулачковый патрон. Базы: Внутренний диаметр и левый торец. 1.Центровать 15 отверстий согласно операционному эскизу. 2.Сверлить 15 сквозных отверстий $\varnothing 7,6^{+0,15}$ мм, согласно операционному эскизу. 3.Расточить 15 сквозных отверстий $\varnothing 7,9^{+0,1}$ мм, согласно операционному эскизу. 4.Развернуть 15 сквозных отверстий $\varnothing 8^{+0,015}$ мм, согласно операционному эскизу. 5.Зенковать фаски 1×45^0 мм, на полученных отверстиях.
	015 Контрольная 1.Контролировать все полученные размеры, шероховатость, биение согласно операционному эскизу.
	050 Термическая Калить заготовку согласно типовому техпроцессу.

	055 Внутришлифовальная Установить заготовку в трехкулачковый патрон. База: наружный диаметр и торец. 1.Шлифовать внутренний диаметр выдерживая размеры $\varnothing 47^{+0,025}$ мм, согласно операционному эскизу.
	015 Контрольная 1.Контролировать все полученные размеры, шероховатость, биение согласно операционному эскизу.
	065 Круглошлифовальная Установить заготовку на оправку База: внутренний диаметр и левый торец. 1.Шлифовать наружный диаметр $\varnothing 60^{+0,021}_{+0,002}$ мм, выдерживая размер $22 \pm 0,1$ мм.
	070 Контрольная
	075 Слесарная Снять заусенцы, притупить острые кромки.
	080 Контрольная
	085 Промывочная Промыть по ТТП 01279-00002.
	090 Гальваническая Покрытие: химическое оксидирование.
	095 Консервация Консервировать по ТТП 60270-00001 вариант 1.

1.8 Выбор средств технологического оснащения

Средства технологического оснащения - это совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса. Технологический процесс оснащается с целью обеспечения требуемой точности обрабатываемых деталей и повышения производительности труда. Под оптимальной оснащенностью понимается такая оснащенность, при которой достигается максимальная эффективность производства изделия при обязательном получении требуемого количества продукции и заданного качества за установленный промежуток времени с учетом комплекса условий, связанных с технологическими и организационными возможностями производственных фондов и рабочей силы [11].

Средства технологического оснащения подразделяются на: - технологическое оборудование;

—средства механизации и автоматизации технологических процессов (вспомогательных операций и переходов);

—технологическую оснастку.

Технологическое оборудование - это средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка. Технологическое оборудование выбирается в зависимости от конструкции детали и требованиями по обеспечению качества поверхности. В отдельных случаях технологи разрабатывают техническое задание на проектирование специальных станков.

Таблица 3 - Средства технологического оснащения

Операция	Инструмент	Приспособление	Станок
005 Заготовительная	Ленточная пила.	Призмы 7033-0040 ГОСТ 12195-66	Консольный ленточнопильный станок Carif 450 BACNC
010 Токарная с ЧПУ	Резец проходной DCLNR 2020K 12 Пластина CNMG 12 04 08-PM 4325 Сверло 2317 – 0107 ГОСТ 14952-75 (центровочное); Сверло 2301 – 0106 ГОСТ 10903-77 (спиральное Ø30); Резец расточной A20S-SDXCR 11-R Пластина DCMT 11 T3 12-PR 4325 Резец канавочный RAG151.32-16M-20 Пластина N151.3-185-20-4G 1125	3-х кулачковый патрон С 7100-0009 ГОСТ 3889 (DIN 6350) Держатель сверл 47 – E1 – 50 – 20; DIN 69880. Держатель для инструментов с KM4 F1 -509.07.04; DIN 69880. Радиальный резцедержатель 47 – C1 – 50 – 25; DIN 69880. Резцедержатель радиальный B5 – 509 35 – 32; DIN 69880. Резцедержатель осевой C1 – 509 – 41 – 32; DIN 69880.	Токарный станок с ЧПУ JCL-42TM
020 Токарная с ЧПУ	Резец проходной DCLNR 2020K 12 Пластина CNMG 12 04 08-PM 4325 Резец расточной A20S-SDXCR 11-R Пластина DCMT 11 T3 12-PR 4325	3-х кулачковый патрон С 7100-0009 ГОСТ 3889 (DIN 6350) Резцедержатель радиальный B5 – 509 35 – 32; DIN 69880. Резцедержатель осевой C1 – 509 – 41 – 32;	Токарный станок с ЧПУ JCL-42TM

		DIN 69880.	
030 Токарная с ЧПУ	Резец проходной DCLNR 2020K 12 Пластина CNMG 12 04 08-PM 4325 Резец канавочный QD-NR1E26-25A Пластина QD-NE-0200-0003-CR 1125	Резцедержатель осевой C1 – 509 – 41 – 32; DIN 69880 Разжимная оправка 7112-1451-1 ГОСТ 31.1066.02- 85	Токарный станок с ЧПУ JCL-42TM
050 Термическая			Печь муфельная СНОЛ 30/1100
040 Координатно- расточная	Сверло 2117 – 0104 ГОСТ 14952-75 (центровочное); Сверло 2301 – 3008– A1 ГОСТ 10903-77 (Ø7,6) Резец MTR 8 R0.2 L15, Материал Т30К4. Развертка 2363-0072 Н7 ГОСТ 1672-80.	3-х кулачковый патрон С 7100-0009 ГОСТ 3889 (DIN 6350)	Координатно-расточной станок 2431
055 Внутришлиф овальная	Круг шлифовальный 1-20x10x6-КНБ-F120- S-6-V-A-1 ГОСТ 2424-83	3-х кулачковый патрон С 7100-0009 ГОСТ 3889 (DIN 6350)	Внутришлифовальный станок 3М225ВМ

065 Круглошлиф овальная	Круг шлифовальный 1-150x8x32-КНБ- F120-S-6-V-A-1 ГОСТ 2424-83	Разжимная оправка 7112-1451-1 ГОСТ 31.1066.02- 85	Круглошлифовальный станок 3А161
075 Слесарная	Надфиль 2828-0041 ГОСТ 1513-77		

Так же для проверки полученных размеров применяются измерительные инструменты, которые указаны в таблице.

Таблица 4 - Средства контроля точности изготовления детали

№ Операции	Способ контроля	Измерительный прибор
005 Заготовительная	Инструментальный, визуальный.	Линейка – 150 ГОСТ 427-75
010 Токарная с ЧПУ	Инструментальный,	Штангенциркуль ШЦ-II- 150-0,05 ГОСТ 166-89. Штангенциркуль ШЦЦ-ВК- 170 ГОСТ 166-89. Штангенглубиномер ШГ - 160-0,05 ГОСТ 162-90. Угломер типа 2-2 ГОСТ 5378-88. Нутромер НИ-18-50-1 ГОСТ 868-82. Шаблон для измерения ширины внутренней канавки Образцы шероховатости ГОСТ 9378-75. Образцы шероховатости 1,6- 6,3 ГОСТ 9378-93.
020 Токарная с ЧПУ	Инструментальный.	Штангенциркуль ШЦ-II- 125-0,1 ГОСТ 166-89. Штангенциркуль ШЦ-II- 150-0,05 ГОСТ 166-89. Угломер типа 2-2 ГОСТ 5378-88. Шаблон радиусный №1 ГОСТ 4126-88. Индикатор ИЧ02 кл.0 ГОСТ 577-68. Стойка С-III 8-50 ГОСТ 10197-70. Образцы шероховатости 1,6- 6,3 ГОСТ 9378-93.

030 Токарная с ЧПУ	Инструментальный.	Штангенциркуль ШЦ-II-150-0,05 ГОСТ 166-89. Индикатор ИЧ02 кл.0 ГОСТ 577-68. Стойка С-III 8-50 ГОСТ 10197-70. Угломер типа 2-2 ГОСТ 5378-88. Шаблон радиусный №1 ГОСТ 4126-88. Образцы шероховатости 1,6-6,3 ГОСТ 9378-93. Шаблон для измерения ширины канавки.
040 Координатно-расточная	Инструментальный.	Угломер 2-2 ГОСТ 5378-88. Калибр – пробка ГОСТ 14810-69 Штангенциркуль ШЦЦС-127. Образцы шероховатости 1,25 ГОСТ 9378-93.
050 Термическая		ТКМ-359М
055 Внутришлифовальная	Инструментальный.	Нутромер НИ-18-50-1 ГОСТ 868-82 Образцы шероховатости ГОСТ 9378-75;
065 Круглошлифовальная	Инструментальный.	Микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90 Образцы шероховатости ГОСТ 9378-75; Измеритель шероховатости SJ-210
075 Слесарная	Визуальный	

1.9 Выбор и расчет режимов резания

Режимом резания называется совокупность элементов, определяющих условия протекания процесса резания. К элементам режима резания относятся – глубина резания, подача, период стойкости режущего инструмента и скорость резания. Произведем выбор и расчет оптимальных режимов обработки, уточнение геометрии и материала режущей части инструмента.

015 Токарная операция с ЧПУ:

Резец проходной DCLNR 2020K 12

Материал режущей пластины: CNMG 12 04 08-PM 432 (аналог T15K6).

Обрабатываемый материал: Сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Размер державки резца: 25х25мм.

Радиус вершины резца, R= 1мм.

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v;$$

C_v – коэффициент учитывающий материал заготовки и инструмента;

T – стойкость инструмента = 60 мин;

t – глубина резания = 2мм;

s – подача = 0,4 мм/об;

m, x, y – показатели степени;

K_v – общий поправочный коэффициент.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{pv} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9;$$

K_{mv}, K_{uv}, K_{pv} – коэффициенты влияющие на обработку;

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

K_{uv} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

K_{pv} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки.

$$V = \frac{350}{60^{0,20} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,9 = 123,2 \text{ м/мин.}$$

Получив скорость, мы можем определить количество оборотов для станка:

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

где: π – постоянная;

D – диаметр заготовки ($D=150$ мм.).

Получаем:

$$n' = \frac{1000 \cdot 123,2}{3,14 \cdot 150} \approx 261,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Таким образом, для данной черновой операции скорость резания составляет 123,2 м/мин. Подача равна 0,4 мм/об. Максимальная глубина резания составляет 2 мм, число оборотов $261,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$

015 Токарная операция с ЧПУ:

Резец проходной DCLNR 2020K 12 (аналог T15K6).

Материал режущей пластины: CNMG 12 04 08-PM 432 .

Обрабатываемый материал: Сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Размер державки резца: 25х25мм.

Радиус вершины резца, $R=1$ мм.

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v;$$

C_v – коэффициент учитывающий материал заготовки и инструмента;

T – стойкость инструмента = 60 мин;

t – глубина резания = 0,3мм;

s – подача = 0,2 мм/об;

m, x, y – показатели степени;

K_v – общий поправочный коэффициент.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{pv} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,9;$$

K_{mv}, K_{uv}, K_{pv} – коэффициенты влияющие на обработку.

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

K_{uv} – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента;

K_{pv} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки.

$$V = \frac{420}{60^{0,20} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,15^{0,20}} \cdot 0,9 = 288,72 \text{ м/мин.}$$

Получив скорость, мы можем определить количество оборотов для станка:

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

где: π – постоянная;

D – диаметр заготовки (D=150 мм.).

Получаем:

$$n' = \frac{1000 \cdot 288,72}{3,14 \cdot 150} \approx 613 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Таким образом для данной чистовой операции скорость резания составляет 288,72 м/мин. Подача равна 0,2мм/об. Максимальная глубина резания составляет 0,3мм, число оборотов $613 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$

Аналогичным образом проводим расчеты режимов резания для последующих операций. Заносим расчетные данные в таблицу.

Таблица 5 - Режимы резания

Операция	Инструмент	Глубина t, мм.	Подача s, мм/об.	Скорость v, м/мин.	Стойкость T, мин.
010 Токарная с ЧПУ: Установ А I Торец Черновая Чистовая	Резец проходной DCLNR 2020K 12 Пластина CNMG 12 04 08- PM 4325	2 0,5	0,4 0,15	155 256	60
Установ Б I Торец Черновая Чистовая	Резец проходной DCLNR 2020K 12 Пластина CNMG 12 04 08- PM 4325	2 0,5	0,4 0,15	155 256	60

Черновая	Сверло 2317 – 0107 ГОСТ 14952-75 (центровочное);	-	0,05	27	20
Черновая	Сверло 2301 – 0106 ГОСТ 10903-77 (спиральное Ø30);	-	0,3	19	50
Черновая	Резец расточной A20S-SDXCR 11-R	2	0,4	134,4	30
Чистовая	Пластина DCMT 11 T3 12- PR 4325	0,5	0,2	153,6	30
Чистовая	Резец канавочный RAG151.32- 16M-20 Пластина N151.3-185-20- 4G 1125	1	0,13	104,6	30
015 Токарная с ЧПУ: Установ А. Черновая	Резец проходной DCLNR 2020K 12 Пластина CNMG 12 04 08- PM 4325	2	0,4	155	60
Чистовая		0,5	0,15	256	
Черновая	Резец расточной A20S-SDXCR 11-R	2	0,4	114,9	30
Чистовая	Пластина DCMT 11 T3 12- PR 4325	0,5	0,2	135,6	
020 Токарная с ЧПУ: Черновая	Резец проходной DCLNR 2020K 12 Пластина CNMG 12 04 08- PM 4325	2	0,4	155	60
Чистовая		0,5	0,15	256	

Чистовая	Резец канавочный QD-NR1E26-25A Пластина QD-NE-0200- 0003-CR 1125	1	0,12	118,4	30
025 Координатно – расточная: Сверление (Черновая)	Сверло 2117 – 0104 ГОСТ 14952-75 (центровочное);	4	0,05	27	20
Сверление (Черновая)	Сверло 2301 – 3008– А1 ГОСТ 10903-77 (Ø7,6)	12	0,3	11	30
Растачивание тонкое	Резец MTR 8 R0.2 L15, Материал Т30К4.	0,5	0,15	208	60
Развертывание тонкое	Развертка 2363-0072 Н7 ГОСТ 1672-80.	12	0,7	4	30
035 Внуришли- вальная Отделочная	Круг шлифовальный 1-20x10x6-КНБ- F120-S-6-V-A-1 ГОСТ 2424-83	2600 (число оборотов)	-	32	60
040 Круглошли- фовальная Отделочная	Круг шлифовальный 1-150x8x32- КНБ-F120-S-6- V-A-1 ГОСТ 2424-83	1200(число оборотов)	-	35	60

1.10 Размерный анализ технологического процесса

В системе технологической подготовки производства разработка технологического процесса изготовления деталей машин является одной из сложных задач. В свою очередь в создаваемом технологическом процессе есть

наиболее важный раздел – размерный анализ, с помощью которого предусматривается согласование чертежных размеров детали со всеми операционными размерами, припусками, размерами заготовки и др. Именно на этом этапе проектирования предусматривается обеспечение надежности технологического процесса. Рассмотрим подробно размерный анализ технологического процесса. Выполним размерный анализ для токарных операций технологического процесса.

Таблица 6 - Размерный анализ технологического процесса

Операция	Эскиз, размерная цепь	Расчет размерной цепи
015 Токарная		$A_{01}=45_{-3} \text{ мм}$ $A_{11}=43,5_{-0,1} \text{ мм}$ $D_{01}=150_{-2}^{+0,6} \text{ мм}$ $D_{11}=145_{-0,16} \text{ мм}$ $Z_{11}= A_{01} - A_{11}=45_{-3} - 41,5_{-0,1} = 4,5_{-3}^{+0,1} \text{ мм}$ $Z_{11}(\text{max})=4,6 \text{ мм}$ $Z_{11}(\text{min})=1,5 \text{ мм}$ $Z_{D11}= D_{01} - D_{11}=150_{-2}^{+0,6} - 145_{-0,16} = 5_{-2}^{+0,76} \text{ мм}$ $Z_{D11}(\text{max})= 5,76 \text{ мм}$ $Z_{D11}(\text{min})= 3 \text{ мм}$
020 Токарная с ЧПУ (Установ А)		$A_{11}=37,5_{-0,16} \text{ мм}$ $A_{22}=35_{-0,15} \text{ мм}$ $D_{33}=112_{-0,74}^{+0,87} \text{ мм}$ $D_{22}=68_{-0,74}^{+0,74} \text{ мм}$ $Z_{22}= A_{11} - A_{22}=37,5_{-0,16} - 35_{-0,15} = 1,5_{-0,16}^{+0,15} \text{ мм}$ $Z_{22}(\text{max})=1,65 \text{ мм}$ $Z_{22}(\text{min})= 1,34 \text{ мм}$ $Z_{D22}= D_{33} - D_{22}=112_{-0,74}^{+0,87} - 68_{-0,74}^{+0,74} = 44_{-0,74}^{+0,87} \text{ мм}$ $Z_{D22}(\text{max})=44,87 \text{ мм}$ $Z_{D22}(\text{min})= 43,36 \text{ мм}$

2 Нормирование технологических переходов

В зависимости от размеров заготовки, конечной детали, технологического процесса, обрабатывающего инструмента и глубины съема металла, назначается количество установов, технологических переходов и рабочих ходов.

Установом называют часть технологической операции, выполняемую при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

Технологическим переходом называют законченную часть технологической операции, характеризующую постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой и соединяемых при сборке.

Когда изменится режим резания или режущий инструмент, начинается следующий переход.

Под рабочим ходом понимают законченную часть технологического перехода, состоящую из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки.

Таблица 7. Технологические переходы

Поверхность	Количество технологических переходов	Количество рабочих ходов	Количество установов
1	1	2	1
2	1	2	1
3	1	2	1
4	2	18	2
5	1	18	1
6	1	1	1
7	1	8	1
8	1	1	1
9	1	2	1
10	1	2	1
11	1	1	1
12	1	14	1
13	1	14	1
14	1	1	1

15	1	5	1
16	1	1	1
17	1	4	1
18	4	8	3
19	1	1	1
20	1	8	1
21	4	2	1
22	1	4	1
23	1	1	1
24	4	4	1
25	4	4	1

2.1 Разработка управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ

Современное машиностроительное производство невозможно представить без широкого использования станков с ЧПУ. Программно-управляемые станки позволяют обеспечивать высокую точность и производительность обработки за счет высокой концентрации различных типов технологических операций на одном станке и возможности изготовления детали за один установ. Наиболее полно объединяют в себе эти качества многофункциональные токарно-фрезерные и фрезерно-токарные обрабатывающие центры, выполняющие одновременную многоосевую обработку деталей в главном и вспомогательном шпинделе несколькими инструментами [2].

В нашем случае будет использован токарный станок с ЧПУ JCL-42ТМ. Токарный станок с ЧПУ предназначен для комплексной обработки деталей типа тел вращения в патроне и центрах.



Рисунок 8 - Токарный станок с ЧПУ JCL-42TM

Серия станков с ЧПУ JCL великолепно подходит для продолжительной работы при тяжелой обработке. Станки специально сконструированы для длительного обеспечения точности и качества поверхности обрабатываемой детали. Угол наклона станины на 20 градусов в компоновке с высокоточными линейными направляющими гарантируют плавное и точное перемещение. Быстрое перемещение и мгновенная смена инструмента в револьверной головке экономят время холостого хода. На станке возможна установка в качестве опций приводной револьверной головки и С оси шпинделя для выполнения фрезерных операций и сверления отверстий.

Особенности станка [12]:

- Шпиндель комплектуется 3-хкулачковым патроном 150 мм, либо цанговым патроном
- Наклон станины под 20° обеспечивает лучшее удаление стружки с зоны обработки и удобный доступ к обрабатываемой детали
- Дополнительно можно подключить автоматическое устройство подачи прутка

—Приводная револьверная головка вращается в двух направлениях: по часовой стрелке и против часовой стрелки. Время смены инструмента между соседними позициями составляет около 0,2 секунды. Максимальная емкость инструментальной головки – 12 позиций. Револьверная головка размещает до 6 позиций приводного инструмента.

Стандартная комплектация станка JCL-42TM [12]:

- ЧПУ FANUC 0i-TD
- Рабочее освещение
- Система охлаждения
- Ограждение
- Ящик с инструментом для обслуживания станка
- Опоры для установки станка 4шт.
- Переходные втулки диаметром 8, 10, 12, 16, 20 мм
- 12-ти позиционная приводная револьверная головка под держатели VDI
- Педаль
- 3-х кулачковый патрон диаметром 150 мм
- Руководство по эксплуатации
- Руководство по эксплуатации ЧПУ
- Руководство по техобслуживанию
- Клиновой зажим 8 шт.
- Система охлаждения электрошкафа

Мы будем использовать FeatureCAM для разработки программы для станка с ЧПУ. Это система для быстрой подготовки управляющих программ, основанная на распознавании типовых элементов (под определение «типовые элементы», «Features», попадают такие геометрические объекты детали, как: отверстия, карманы, канавки, бобышки, стенки и т.д.). Данная система предназначена для составления управляющих программ для широкой гаммы станков: токарных, фрезерных, токарно-фрезерных, электроэрозионных станков и обрабатывающих центров различного типа. Преимущество FeatureCAM перед другими САМ-системами – высокая степень автоматизации принятия решений. В базе знаний системы заложены типовые технологии обработки различных элементов с рекомендуемым инструментом и режимами резания (типовые

технологии и режимы можно настраивать под свое производство и традиции обработки).

Процесс разработки управляющей программы начинается с построения 3D-модели детали в CAD/CAM-системе. На основании 3D-модели проектируется управляющая программа и получается технологический документ – карта наладки станка с ЧПУ. Разработанная программа находится в приложениях.

2.2 Техничко - экономические показатели технологического процесса

Техничко-экономические показатели – система измерителей, характеризующая материально-производственную базу предприятий (производственных объединений) и комплексное использование ресурсов. Они применяются для планирования и анализа организации производства и труда, уровня техники, качества продукции, использования основных и оборотных фондов, трудовых ресурсов.

Исходными данными для расчета технико-экономических показателей будет являться заработная плата рабочих, стоимость оборудования и заготовки, и расчет себестоимости изготовления детали типа «Генератор».

Цена за тонну заготовки круг горячекатаный Ø150 ГОСТ 2590-88 из материала сталь 40Х по ГОСТ 4543-71 составляет 18500 рублей. Для изготовления одной детали нам потребуется 45 мм данного проката, что составляет 4,909 кг. Расчетная стоимость одной заготовки:

$$P_{\text{заг}} = \frac{4,909}{1000} \cdot 18500 = 90,8 \text{ руб./шт.}$$

Занесем данные о заработной плате рабочих в таблицу, с целью расчета технико – экономических показателей технологического процесса.

Таблица 8 – данные о заработной плате рабочих

Профессия	Стоимость работы, руб./час	Время занятости рабочего на операции, час.	Заработная плата по факту работы, руб.
1. Станочник заготовительного оборудования.	170	3,2	544
2. Оператор токарного станка с ЧПУ	250	4,8	1200
3. Оператор координатно – расточного станка с ЧПУ	270	4,6	1242
4. Термист	180	2,3	414
5. Шлифовщик	200	3,4	680
6. Гальваник	210	0,8	168
7. Мойщик	170	0,25	42,5
8. Консервировщик	170	0,4	68
9. Контролер	200	0,5	100
10. Слесарь	175	0,2	35
Итого, Σ :			4493,5

Заработная плата рабочих по данным тарифам составляет 4493 рублей 5 копеек. Если сложить заработную плату рабочих и стоимость заготовки, получаем себестоимость детали «Генератор» без учета амортизационных отчислений на оборудование, оплаты электроэнергии и отчислений на капитальный ремонт помещений: 4583 руб. 10 копеек.

Поскольку изготовление детали «Генератор» подразумевается в режиме мелкосерийного производства, назначим программу выпуска $Q_{\text{вып}} = 850$ шт/год.

Рассчитаем программу запуска:

$$Q_{\text{зап}} = \frac{Q_{\text{вып}} * 100}{100 - a_{\text{nn}}} = \frac{850 * 100}{100 - 2} = 868 \text{ шт}$$

где: $Q_{\text{вып}}$ – программа выпуска 850 единиц продукции в год;

a_{nn} - % технологически неизбежных потерь, примерно 2% брака.

Поскольку нам требуется выпустить 850 штук деталей типа «Генератор» в год, программа запуска предполагает выпуск 868 шт/год, т.к. возможен процент появления брака в 2%.

Расчёт планового фонда времени работы оборудования:

$$T_{\text{пл}} = (365 - T) \cdot n \cdot t \cdot a$$

где: T – число нерабочих дней в году, 119 дней;

n – число смен;

t – число часов работы в смену;

a – учитываю % брака.

$$T_{\text{пл}} = (365 - 120) \cdot 1 \cdot 8 \cdot 0,98 = 1920,8 \text{ час}$$

Такт выхода готовой детали:

$$r = \frac{T_{\text{пл}} \cdot 60}{Q_{\text{зап}}} = \frac{1920,8 \cdot 60}{868} = 133 \text{ мин/шт.}$$

Таблица 9– количество рабочих мест и их загрузка

Операция:	Оперативное время ($t_{\text{оп}}$), мин.	Количество рабочих мест по определению:		Коэффициент загрузки рабочих мест ($K_{\text{зи}}$)
		Расчётное, $C_{\text{рi}}$	Принятое, $C_{\text{пр}}$	
Заготовительная	62	0,46	1	0,46
Токарная с ЧПУ	80	0,12	1	0,6
Токарная с ЧПУ	260	1,95	2	0,975
Токарная с ЧПУ	190	1,43	2	0,715
Токарная с ЧПУ	120	0,9	1	0,9
Термическая	60	0,15	1	0,15
Координатно расточная с ЧПУ	225	1,69	2	0,845
Внутришлифовальная	35	0,26	1	0,26
Круглошлифовальная	17	0,13	1	0,13
Слесарная	10	0,08	1	0,08
Гальваническая	30	0,22	1	0,22
Контрольная	20	0,15	1	0,15
Промывочная	10	0,08	1	0,08
Консервация	15	0,12	1	0,12
Итого, Σ :	-	-	17	0,43
$t_{\text{оп}}$ – время работы оператора; $C_{\text{рi}}$ – расчетное число рабочих мест; $C_{\text{прi}}$ принятое число рабочих мест.				

Таким образом, при мелкосерийном производстве детали типа «Корпус» понадобится 14 рабочих мест. Средний коэффициент занятости рабочих на операции равен 0,43. Самыми нагруженными являются операция токарной обработки с ЧПУ и координатно-расточная с ЧПУ.

2.3 Проектирование средств технологического оснащения.

Станочное приспособление – это вспомогательное орудие производства для установки заготовок с целью обработки на металлорежущих станках.

В зависимости от типа станка станочные приспособления подразделяются на токарные, сверлильные, фрезерные, расточные, шлифовальные и т.д. В общем объёме средств технологической оснастки 50% составляют станочные приспособления.

С помощью станочных приспособлений можно решить три основные задачи:

- базирование обрабатываемых деталей на станках производится без выверки, что ускоряет процесс базирования и обеспечивает возможность автоматического получения размеров на настроенных станках;
- повышается производительность и обеспечиваются условия труда рабочих за счёт применения многоместной, многопозиционной и непрерывной обработки;
- расширяются технологические возможности станков.

Приспособления различают в зависимости от типа производства. В массовом и крупносерийном производствах в основном применяют специальные приспособления предназначенные для выполнения определённых операций для заданных заготовок на конкретном станке. В условиях серийного производства применяют агрегатированные приспособления состоящие из базовой части и сменных насадок. В мелкосерийном производстве широко распространены универсальные и универсально-сборные приспособления [13].

Исходные данные

Операция: 015 токарная черновая.

Режущий инструмент: Резец подрезной DCLNR 2020K 12

Материал режущей пластины: CNMG 12 04 08-PM 432 .

Обрабатываемый материал: Сталь 40Х ГОСТ 4543-71.

Размер державки резца: 25x25мм.

Радиус вершины резца, R= 1мм

Режимы резания: S = 0,4 мм/об; V = 123,2 м/мин; t = 2 мм; n = 261,5 мин⁻¹.

Расчет сил резания [13]:

Сила резания, Н:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p, \text{ Н}$$

C_p=55;

x=1,0;

y=0,66;

n=0.

Общий поправочный коэффициент:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}$$

$$K_p = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,75$$

$$P_z = 10 \cdot 55 \cdot 0,75^{1,0} \cdot 0,20^{0,66} \cdot 300^0 \cdot 0,75 = 106,9 \text{ Н}$$

Мощность резания, кВт:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт}$$

$$N = \frac{106,9 \cdot 750}{1020 \cdot 60} = 1,3 \text{ кВт}$$

Выбор схемы закрепления заготовки и расчет усилия зажима

Крутящий момент от силы $P_z, \text{ Н} \cdot \text{мм}$

$$M'_{kp} = P_z \cdot D_o / 2, \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$M'_{kp} = 106,9 \cdot 59,7 / 2 = 3191 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Момент от силы зажима, $\text{Н} \times \text{мм}$

$$M_3 = T \cdot D_3 / 2 = W' \cdot f \cdot D_3 / 2, \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

где $f=0.10$ [13].

$$W' = K \cdot P_z \cdot D_o / f \cdot D_3, \text{ Н}$$

где K – коэффициент запаса

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6$$

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

$K_1 = 1,0$ – коэффициент состояния поверхности заготовки;

$K_2 = 1,0$ – коэффициент затупления инструмента;

$K_3 = 1,0$ – коэффициент учитывающий возрастание сил резания при прерывистом резании;

$K_4 = 1,0$ – коэффициент механизации силового привода;

$K_5 = 1,0$ – коэффициент эргономичности ручных ЗМ;

$K_6 = 1,0$ – коэффициент учитывающий наличие крутящих моментов. [8]

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,5$$

Принимается: $K=2,5$ [7]

$$W' = 2,5 \cdot 106,9 \cdot 59,7 / 0,1 \cdot 35 = 4558,5 \text{ Н}$$

Величина усилия, будет несколько больше усилия W за счет трения в направляющих.

$$W_1 = \frac{W}{1 - (3l_k \times f / H_k)}, \text{ Н}$$

где $f=0,25$ – коэффициент трения

В данном примере принимается $H_k = 50$ мм; $l_k = 110$ мм.

$$W_1 = \frac{4558,5}{1 - (3 \cdot 110 \cdot 0,25 / 50)} = 5680 \text{ Н}.$$

Описание работы приспособления

Заготовка установлена и закреплена на цанговой оправке.

Разжимная оправка, показанная на рис. 1, состоит из конического стержня 1 с двумя резьбами, втулки 2 с прорезями и гаек 3 и 4. Деталь закрепляется благодаря разжиму втулки 2 при перемещении ее вдоль конуса гайкой 3. Для

снятия детали с оправки служит гайка 4. Для передачи оправке вращения на ней закрепляют хомут; на левом конце стержня 1 имеется лыска 5 для винта хомута.

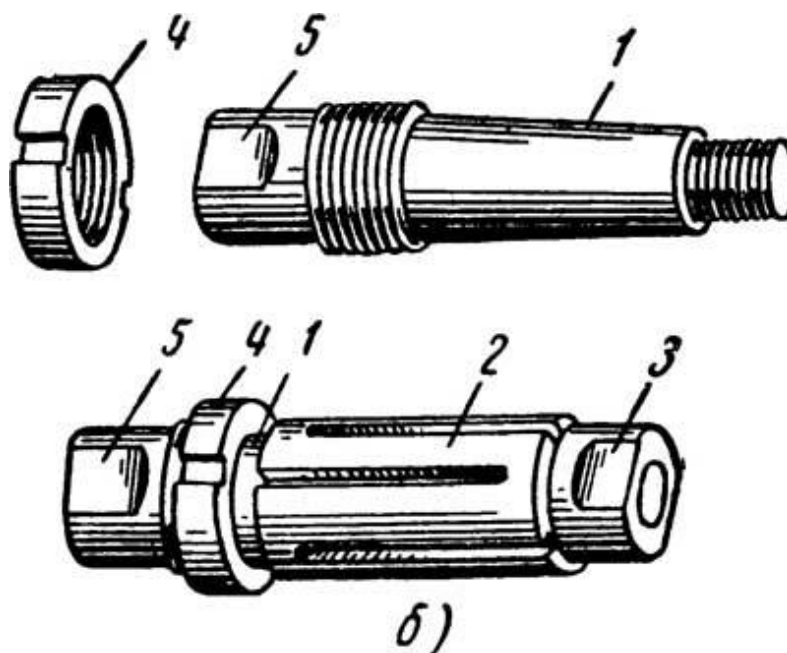


Рисунок 9 - Разжимная оправка

Для чистового обтачивания зубчатых колес, дисков, втулок и др. токари используют разжимные оправки (рисунок 1, б). Деталь надевают на правую часть 1 оправки, снабженную тремя продольными разрезами 3. Конусную пробку 2 вгоняют в корпус оправки легкими ударами ручника. Оправка разжимается и прочно закрепляет насаженную на нее деталь. Оправку устанавливают в коническое отверстие шпинделя, благодаря чему обрабатываемая деталь располагается близко к правому подшипнику шпинделя. Такое расположение детали обеспечивает жесткое ее закрепление и повышает точность и чистоту обработанной поверхности.

Данное приспособление позволяет закреплять заготовки различной конфигурации, различных размеров за счет сменных установочных элементов. Экономически выгодно применять в серийном и массовом производстве.

2.4 Проектирование гибкого производственного модуля.

Основой, нижним уровнем в структуре гибкой производственной системы (ГПС), её технологическими ячейками являются гибкие производственные модули (ГПМ). Под ГПМ понимается комплекс технологических, технических, программных и организационных средств, предназначенный для обработки деталей в автоматизированном режиме с минимальным участием человека. Кроме функции обработки деталей ГПМ выполняет в автоматическом режиме загрузку заготовок в зону резания из какого-либо накопителя, выгрузку обработанных деталей из зоны резания в накопитель, частичный или полный контроль точности обработки и другие функции. Применительно к механообработке основой ГПМ является станок с ЧПУ, оснащённый дополнительными технологическими и техническими средствами.

Традиционная структура гибких производственных модулей включает оборудование с ЧПУ и робот, управляемые от ЭВМ, накопитель деталей и группу устройств, обеспечивающих автоматическое выполнение вспомогательных технологических операций. В группу технологических устройств входят: механизм автоматического открывания и закрывания защитного экрана, устройство удаления стружки с базовых поверхностей токарного патрона или зажимного приспособления, устройство контроля износа режущего инструмента, и кантователь, обеспечивающий обработку деталей с двух сторон и т.д. При этом “безлюдная” технология и необходимость гибкости предъявляют определённые требования ко всем элементам, входящим в состав обрабатывающей ячейки. Эти требования могут быть условно разделены на основные, достаточные для осуществления “безлюдного” функционирования ячейки, и дополнительные, определяющие длительность “безлюдной” работы и степень гибкости, т.е. возможность перестройки по программе на различные типоразмеры обрабатываемых деталей.

Применительно к токарным патронным станкам с ЧПУ основными требованиями являются: управление от ЭВМ, наличие магазина инструментов, наличие конвейера для сбора стружки, автоматический зажим и разжим деталей в патроне станка. К дополнительным требованиям могут быть отнесены: возможность автоматической переналадки по программе патрона станка на различные габариты обрабатываемых деталей (серийные зажимные устройства не обеспечивают этого требования); возможность регулирования по программе усилия зажима, определяемого жесткостью обрабатываемых деталей и силами резания; возможность автоматической корректировки управляющих программ обработки деталей в зависимости от степени износа режущего инструмента и др.

Основными требованиями к загрузочным роботам ГПМ являются: применение микропроцессорной техники, обеспечивающей программирование робота методом обучения и директивного ввода программ с клавиатуры, программоносителей или из библиотеки программ по каналам теледоступа, оперативную редакцию программ, режим адаптации; применение конструкций, исключаящих жёсткую связь зажимного устройства станка и схвата робота во время зажима – разжима обрабатываемых деталей; оптимальная структура робота, не снижающая технологических возможностей станка с ЧПУ; возможность обслуживания роботом технологической тары, принятой во внутрицеховой транспортной системе.

Дополнительными требованиями к загрузочным роботам, значительно расширяющими возможности ГПМ, являются: автоматическая перестройка управляющей программы при смене типов обрабатываемых деталей, оптимальная точность и высокое быстродействие при минимальных затратах.

Функционирование ГПМ невозможно без таких дополнительных устройств, как механизм перемещения защитного экрана станка, гарантирующий безопасность работы, и устройства удаления стружки с

базовых поверхностей патрона. Отсутствие последнего значительно увеличивает вероятность брака обрабатываемых деталей, поскольку имеется возможность налипания стружки на базовые поверхности зажимных механизмов, что ведёт к неправильному базированию закрепляемых деталей, а следовательно, и к браку. При создании гибких производственных систем, ориентированных на мелкосерийное многономенклатурное производство, ГПМ должны иметь более широкий набор дополнительных устройств, увеличивающих их гибкость, поскольку номенклатуре партий и малом количестве деталей в партии возрастает число переналадок. Для сокращения времени переналадок в ГПМ необходимо включать комплекс средств, обеспечивающих кантование деталей для автоматической обработки их с двух сторон за одну операцию, замер износа инструмента, контроль размеров деталей.

Серьёзные требования предъявляются к инструменту, который должен обеспечивать дробление стружки, поскольку наличие сливной стружки может существенно снизить надёжность работы ГПМ. [14].

Для автоматизации операции используем промышленного робота KR 1000 L750 TITAN. Грузоподъёмность манипулятора до 20 кг [15].

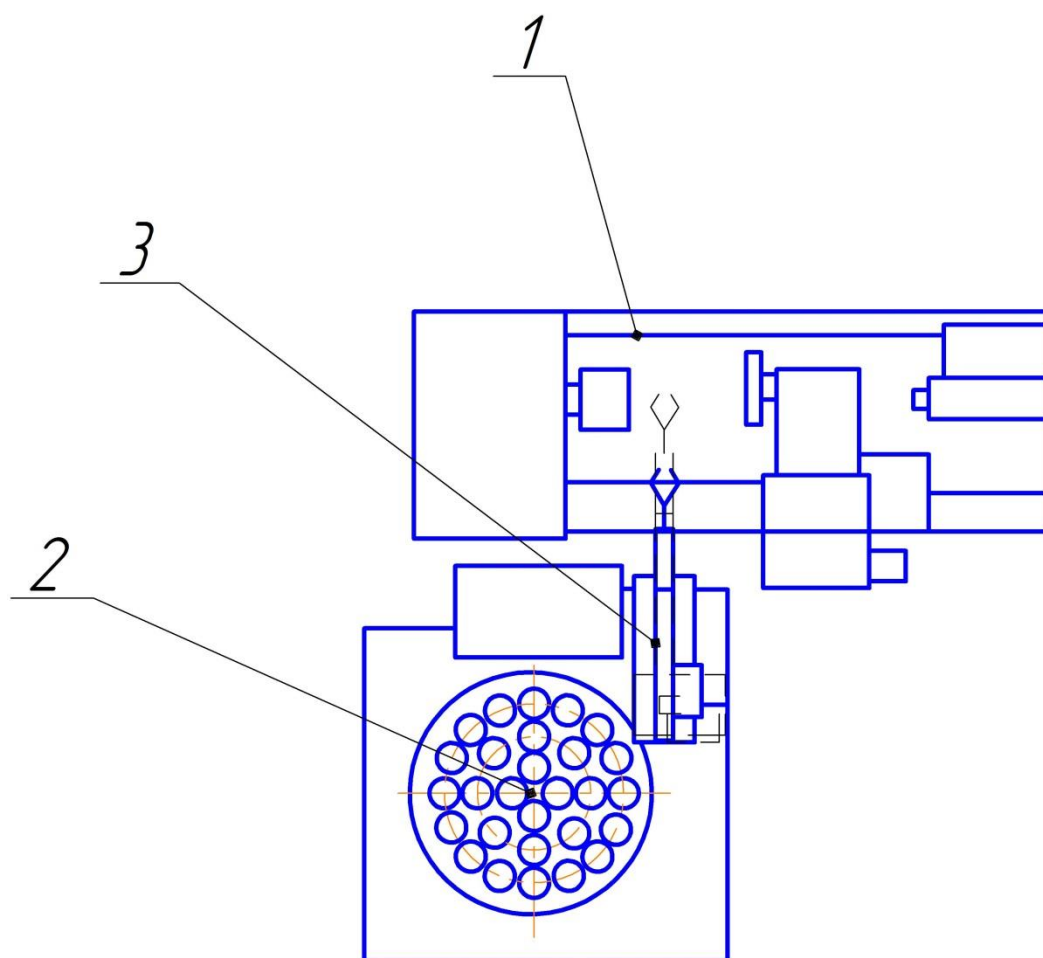
Кинематическая конструкция манипулятора робота позволяет оптимизировать его положение относительно обрабатываемой детали или заготовки.

Они имеют портативный пульт, который обеспечивает оператору удобное программирование движений робота на этапе отладки программы.



Рисунок 10 - Промышленный робот

Схема ГПМ



1-токарный станок с ЧПУ JCL-42TM;
2-вращающийся стол с заготовками;
3-промышленный робот KR 1000 L 750 TITAN.

Рисунок 11 – Схема ГПМ

Введение

Объектом выпускной квалификационной работы является проектирование технологического процесса изготовления детали «генератора», в работе будет рассмотрено воздействие вредных факторов на человека и окружающую среду, чрезвычайные ситуации, правовые и организационные вопросы в процессе производства детали.

2.9.1 Производственная безопасность

1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации технологического процесса.

При производстве детали «генератор» на участке цеха используется следующее оборудование: токарный станок с ЧПУ, координатно-расточной станок, внутришлифовальный станок, круглошлифовальный станок. Перечень всех опасных и вредных факторов при изготовлении детали «генератор» приведены в таблице 1, на примере токарного станка с ЧПУ JCL-42TM (по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ).

Таблица 1- Опасные и вредные факторы при изготовлении детали «генератор».

Оборуд.	Вредные и опасные факторы	Меры защиты
Механическая обработка Токарный станок с ЧПУ JCL-42TM	1. Незащищённые подвижные элементы производственного оборудования	1. Ограждение зоны обработки
	2. Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека	2. $U=380В$, $J=10А$, $f=50Гц$ Применение контурного заземления $R_3 \leq 40\Omega$
	3. Повышенный уровень шума на рабочем месте $УЗД=97дБА$ $ПДУ=80дБА$	3. Использование звукопоглощающих покрытий $\alpha \geq 0,5$, защитных кожухов, перфорированных экранов
	4. Повышенный уровень вибрации $f=18Гц$ $ПДУ=92дБ$	4. Упругая подвеска, амортизация, индивидуальные средства защиты (антивибрационные пояса, спец. одежда, поглощающая обувь, коврик)

5. Стружкообразование материала стали 40Х	5. Индивидуальные средства защиты: очки, использование стружколомов, использование автоматической уборки стружки
6. Недостаточная освещенность рабочей зоны	6. Применение комбинированной системы освещения с использованием люминесцентных ламп типа ЛБ и ЛД
7. Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	7. Использование принудительной вытяжной вентиляции
8. Недопустимые метеорологические условия для помещения рабочей зоны	8. Использование приточно-вытяжной вентиляции, системы воздушного отопления

С точки зрения санитарно-гигиенических норм можно выделить следующие вредные факторы, связанные с работой на станках данного технологического процесса:

1. Загрязненность рабочей зоны мелкой стружкой и пылью обрабатываемого материала. Следствием этого может быть травма глаз и легочные заболевания (пневмокониозы), вызванные длительным воздействием пыли на органы дыхания.
2. Монотонный шум, вызванный работой станков. При обработке детали на токарных и фрезерных станках раздражающее действие на станочника оказывает шум в виде скрипа и свиста, обусловленный трением инструмента об обрабатываемые материалы, а также шум, возникающий при работе станков. Воздействие шума на организм может проявляться в виде специфического поражения органа слуха в сочетании с нарушениями со стороны различных органов и систем. Также монотонный шум может привести к ослаблению внимания станочника. Следствием этого могут быть ошибочные переключения станочного оборудования, а это приводит к тяжелым различным травмам. Предельно допустимый уровень шума в цехе должен быть не более 80дБА, что соответствует ГОСТ 12.1.003-83. Допустимые уровни шума на рабочих местах относятся к широкополосному шуму. Источником вибраций в основном является сборочное оборудование, а

причиной возникновения вибрации при работе станков являются неуравновешенные силовые воздействия.

3. Недостаточная освещенность рабочей зоны приводит к перенапряжению органов зрения, в результате чего снижается острота зрения, и человек быстро устает. Работает менее продуктивно, возникает потенциальная опасность несчастных случаев и, кроме того, длительное, плохое освещение может привести к профессиональным заболеваниям (близорукость и др.). Причиной плохой освещенности в цехе является снижение уровня естественной освещенности в связи с загрязнением остекленных поверхностей световых проемов, стен и потолков.

4. Использование СОЖ (Эмулькат ТУ 0258-088-05744685-96) приводит к различным заболеваниям кожи, а также раздражающе действует на слизистые оболочки верхних дыхательных путей.

5. Активную роль на безопасность работы оказывает вентиляция и отопление. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 устанавливается комплекс оптимальных и допустимых метеорологических условий для помещения рабочей зоны, включающий значение температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Допустимые и оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне помещения цеха приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Допустимые и оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне помещения цеха

Категория работы	Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
		оптим	допуст	оптим	допустимая	оптимальн	допустим
Средней тяжести, Па	Холодный	18-20	17-23	40-60	не более 75	не более 0,2	не более 0,3
	Тёплый	21-23	18-27	40-60	не более 55 при 28°С 60 при 27°С 65 при 26°С 70 при 25°С 75 при 24°С	не более 0,3	0,2-0,4

Обоснование мероприятий по защите от действия опасных и вредных факторов.

В качестве мероприятий по снижению опасных и вредных факторов при производстве детали «генератор» предлагается использовать:

1) Ограждение опасных зон: движущихся частей станков и механизмов, режущих инструментов, обрабатываемого материала, токоведущих частей электрооборудования, зоны выделения стружки.

2) Применение предохранительных устройств: от перегрузки станка, от перехода движущихся узлов за установленные пределы, от внезапного падения или повышения напряжения электрического тока.

3) Использование системы дистанционного управления: управление станком осуществляется с помощью стойки ЧПУ, которая включает в себя клавиатуру для ввода команд и дисплей. Стойка ЧПУ расположена вне опасной зоны станка.

4) Использование сигнализации безопасности: цветовой и знаковой. Отключающие устройства станка, в том числе аварийные, окрашены в красный сигнальный цвет согласно. При нарушении технологического процесса на станке предусмотрены сигнальные лампы, окрашенные в красный цвет. Открытые и не полностью закрытые движущиеся части оборудования окрашены в желтый цвет. На шкафах с электрооборудованием станка нанесен знак «Осторожно! Электрическое напряжение».

5) Применение расстояния и габаритных размеров безопасности: габаритные размеры рабочих мест, безопасные расстояния между станками и элементами производственного помещения, габаритные размеры, габаритные размеры подвеса электрических проводов.

6) Использование средств индивидуальной защиты: очки, спец.одежда, головные уборы, специальная обувь.)

7) Применение профилактических испытаний станка и его узлов: на механическую прочность, на электрическую проводимость, на надёжность срабатывания предохранительных устройств-блокировок.

8) Использование и применение специальных средств обеспечения безопасности: защитное контурное заземление $R_3 \leq 4$ Ом, средства дробления сливной стружки в процессе резания, искусственное освещение станков, ограничители шума УЗД=97дБА, ПДУ=80дБА и вибрации $f=18$ Гц, ПДУ=92дБ, манипуляторы с программным управлением.

9) Необходимой мерой безопасности является освещение в соответствии с требованиями норм и правил СНиП 23-05-95 для общего освещения производственных помещений механических цехов рекомендуется применять общее и местное освещение. Величина минимальной освещенности должна составлять 400 лк согласно СНиП II – 4 – 95. В нашем случае освещенность цеха комбинированная – сочетание общего освещения с местным источником света на рабочем месте. При устройстве освещения следует помнить, что оно нормируется и по показателям яркости рабочей поверхности. Поверхности, отражающие свет, не должны производить слепящего действия на человека. Наиболее благоприятно для человека естественное освещение.

2.9.2 Экологическая безопасность.

Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений.

При обработке деталей на металлорежущих станках от 15 до 20% массы заготовки превращается в металлическую стружку, поэтому возникает важная проблема уборки стружки от станков и последующей ее утилизации и переработки. Обрабатываемая деталь «переходник центральный» изготовлена из стали, стружка после обработки идет на переработку.

Также огромное значение имеет очистка вентиляционных выбросов от механических примесей. Это происходит аппаратами мокрого и сухого пылеулавливания, волокнистыми фильтрами и электрофильтрами.

Очистку и обезвреживание газовых составляющих выбросов производства осуществляют конденсационным методом, заключающимся в

охлаждении паровоздушной смеси ниже точки росы в специальных теплообменниках – конденсаторах.

Защита от тончайшей пыли и металлообразивной стружки, а также от выбросов вредных газов осуществляется вытяжными трубами, воздухоборниками, отсосами. Воздух, проходя через многочисленные фильтры, очищается, а пыль и грязь поступает в отходы.

Загрязнение водных ресурсов металлорежущими станками может произойти при чистке станков и его узлов. Такая чистка производится на специальном месте оборудованном стоком с фильтрами, задерживающими грязь, масла, кислоты.

На предприятиях машиностроительной промышленности очистка сточных вод осуществляется, как правило, в отстойниках, шлако-накопителях, нефте- и маслотовушках. Очищенные воды в большинстве случаев используются в системах оборотного водоснабжения. При этом вода основного источника или из других циклов водопользования идёт на компенсацию потерь оборотной воды.

2.9.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К возможным ситуациям техногенного характера может быть выделено возгорание в цехе/производственном участке при несоблюдении предписанных норм пожарной безопасности или же вследствие короткого замыкания или проблем с токопроводящим оборудованием. Поэтому следует:

В качестве профилактических мероприятий на участке используются:

- правильная эксплуатация машин, правильное содержание территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих;
- соблюдение противопожарных правил, норм при устройстве оборудования, отопления, освещения, правильное размещение оборудования;
- запрещение курения в неустановленных местах, проведения сварочных и других огневых работ в пожароопасных помещениях;

–своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования.

–применение автоматических средств обнаружения пожаров;

–повышение огнестойкости зданий и сооружений путём облицовки или оштукатуривания металлических конструкций.

–в доступном месте должны висеть инструкции по действиям при пожаре с указанием последовательности действий, а также планов эвакуации с телефонами спецслужб, куда стоит сообщить о возникновении чрезвычайной ситуации.

–обязательно наличие звуковой пожарной сигнализации.

–система пожарной сигнализации включается в общезаводскую/общецеховую систему пожарных извещателей кольцевого типа. Оповещение рабочих происходит через местную связь (радиосвязь).

Для обеспечения тушения пожара в начальной стадии его возникновения используется система пожарных водопроводов и аппараты пожаротушения (смонтированные в зданиях стационарные установки, предназначенные для тушения пожара без участия людей, и огнетушители - пенные ОХВП-10 и углекислотные ОУ-2 по одному на каждые 700 м² площади, ящики с песком 1-ин на 500м² площади). Для обеспечения безопасности людей при пожарах в производственных помещениях предусматриваются пути эвакуации и устройства для удаления из помещений дыма (дымовые люки и т. п.)

2.9.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Так как данный вид работ подразумевает возможное наличие угроз жизни (таких как работа в запылённом помещении, работа с горячим металлом, работа с подвижными частями механизмов), следует обеспечить работника всеми необходимыми мерами защиты – рабочими перчатками, для уменьшения травм от острых краёв металла; очками, для исключения

попадания инородных тел в глаза и область глаз; спец.одеждой, как мерой индивидуальной защиты работника, а также другими средствами защиты в зависимости от выполняемой сотрудником работы. Каждому работнику должно быть предоставлено рабочее место с учётом специфики работы – если это сборочное место, то оно должно быть оснащено всем необходимым для сборки инструментом, должно быть удобным, а также освещённым в зависимости от размера собираемой детали; если это место работника-токаря, то рядом должны находиться инструментальные шкафы со всем необходимым инструментом, перед станком должна быть ровная и удобная поверхность, уровень света также должен быть достаточен для работы, чтобы сотруднику не приходилось подключать другие источники света.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1.1 Расчет затрат на изготовление детали

В данном разделе выпускной квалификационной работы, произведем расчет затрат на годовой выпуск деталей, проведем анализ безубыточности [12].

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 ГОСТ 4543-71 Ø150	см	3,651	4,5	16,43

Таким образом затраты на сырье для производства одной единицы продукции составили 16,43 рубля.

Таблица 14 - Затраты электроэнергии на производство опоры

№ п/п	Наименование оборудования	Мощность, кВт	Время эксплуатации, (ч. на ед. прод.)	Расход электроэнергии (кВт на ед. прод.)
1	Консольный ленточнопильный станок Carif 450 BACNC	4	2,6	10,4
2	Токарный станок с ЧПУ JCL-42TM	17	3,6	61,2
3	Печь муфельная СНОЛ 30/1100	3,4	1,2	4,08
4	Координатно-расточной станок 2431	2,81	3,2	9
5	Внутришлифовальный станок 3М225BM	6,1	2,2	13,42
6	Круглошлифовальный станок 3А161	7	2,4	16,8
	ИТОГО			115

Затраты на электроэнергию производства одной единицы продукции составили 115 кВт. Далее произведем расчет заработной платы рабочих и рассчитаем затраты на годовой выпуск продукции детали «Генератор».

Таблица 15 - Заработная плата производственных рабочих

Профессия	Стоимость работы, руб./час	Время занятости рабочего на операции, час.	Заработная плата по факту работы, руб.
1. Станочник заготовительного оборудования.	170	3,2	544
2. Оператор токарного станка с ЧПУ	250	4,8	1200
3. Оператор координатно – расточного станка с ЧПУ	270	4,6	1242
4. Термист	180	2,3	414
5. Шлифовщик	200	3,4	680
6. Гальваник	210	0,8	168
7. Мойщик	170	0,25	42,5
8. Консервировщик	170	0,4	68
9. Контролер	200	0,5	100
10. Слесарь	175	0,2	35
Итого, Σ :			4493,5

Поскольку изготовление детали «Генератор» подразумевается в режиме мелкосерийного производства, назначим программу выпуска $Q_{\text{вып}} = 850$ шт/год.

Рассчитаем программу запуска:

$$Q_{\text{зап}} = \frac{Q_{\text{вып}} * 100}{100 - a_{\text{пп}}} = \frac{850 * 100}{100 - 2} = 868 \text{ шт}$$

где: $Q_{\text{вып}}$ – программа выпуска 850 единиц продукции в год;

$a_{\text{пп}}$ - % технологически неизбежных потерь, примерно 2% брака.

Поскольку нам требуется выпустить 850 штук деталей типа «Генератор» в год, программа запуска предполагает выпуск 868 шт/год, т.к. возможен процент появления брака в 2%.

Таблица 16 - Расчет затрат на годовой выпуск продукции

№ № п/п	Наименование статей расхода	Ед. изм. .	Цена за ед., руб.	Расходы в нат.ед.		Затраты, руб.		Прим.
				На 1 ед.	На 850 шт.	На 1 ед.	На 850 шт.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Сырье и основные материалы	см	3,65 1	4,5	3825	16,43	13965,5	Табл. 13
2.	Электроэнергия на технологические нужды	кВт	4,63	11 5	9775 0	532,45	452582,5	Табл. 14
3.	Заработная плата основных производственных рабочих	тыс. руб.	*	*	*	4493,5	3819475	Табл. 15
4.	Отчисления на социальные нужды	тыс. руб.	*	*	*	1348,05	1145842,5	30% от ст. 3
5.	Общепроизводственные расходы	тыс. руб.	*	*	*	11907,8	10121608,8	265% от ст. 3*
6.	Общехозяйственные расходы	тыс. руб.	*	*	*	15053,2	12795241,2	335% от ст. 3*
Полная себестоимость, в т.ч.		тыс. руб.	*	*	*	33351,4 3	28348714,7	1+2+3+4 + 5+6
Условно-переменные затраты		тыс. руб.	*	*	*	6390,43	5431865,5	1+2+3+4
Условно-постоянные затраты		тыс. руб.	*	*	*	26961	22916850	5+6

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

3.1.2 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. Точку безубыточности

можно определить в единицах продукции, в денежном выражении или с учётом ожидаемого размера прибыли.

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):

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

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 20%, поэтому цену назначаем руб.)

Тогда точка безубыточности определится следующим образом:

$$Q_{\text{ТБ}} = \frac{Z_{\text{пост}}}{C_i - Z_{\text{пер}}} = \frac{22916850}{40021,7 - 6390,43} = 681 \text{ шт.}$$

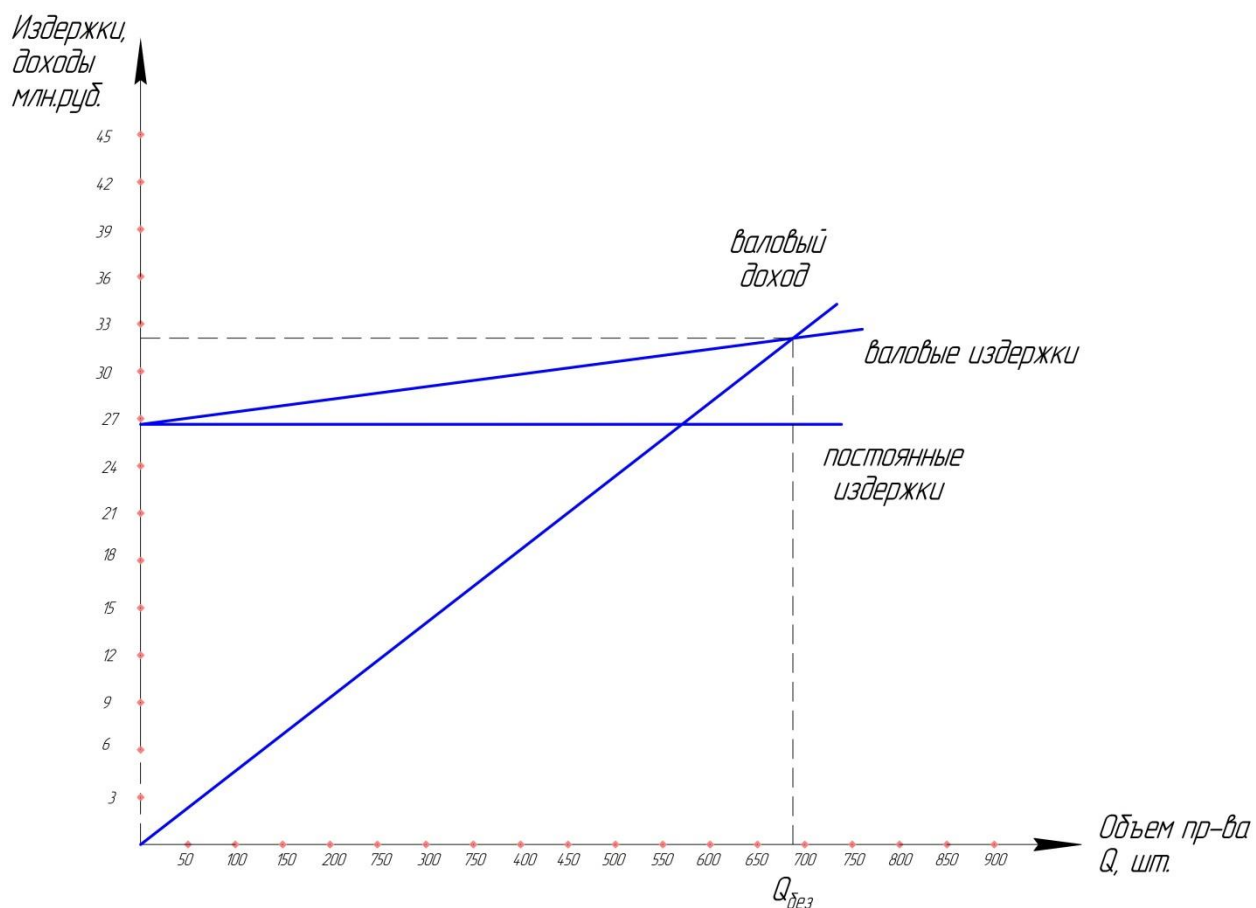


Рисунок 12 - Точка безубыточности

Таким образом, исходя из проведенного анализа безубыточности изготовления детали типа «Генератор», следует, что для мелкосерийного производства детали необходимо как минимум производить 681 деталей в год, чтобы не быть в минусе.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы, было решено множество задач, таких как: проектирование технологического процесса изготовления данной детали от выбора заготовки для изделия до выпуска конечного продукта. Было подобрано все необходимое технологическое оснащение, режущий и контрольно-измерительный инструмент, а также металлообрабатывающее оборудование. Был проведен анализ технологичности изделия. В ходе выполнения курсовой работы была проведена проверка обеспечения эксплуатационных свойств деталей с помощью программного продукта SolidWorks. Был проведен расчет минимальных значений припусков на обработку изделия. Немаловажное значение на качество обработки резанием влияют так называемые режимы резания, параметры которых определяют качество обработанной поверхности, а также не позволяют инструменту выйти из строя раньше времени. Отдельное внимание стоит уделить проектированию гибкой производственной системы, состоящей из трех ГПМ. Основную часть технологического процесса занимает обработка детали на станках с ЧПУ, для которых были составлены управляющие программы (УП). Также были проведены некоторые расчеты связанные с технико-экономическими показателями технологического процесса изготовления.

Список литературы

1. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Изд. Высшая школа, 1975. – 288с.
2. Должиков В.П. Разработка технологических процессов механообработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 324 с.
3. Основные методы проектирования технологических процессов, [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?dir=3&tutindex=4&index=18&layer=1
4. Анализ технологичности конструкции детали, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://studopedia.org/6-87072.html>
5. Дудников И.А. Обеспечение эксплуатационных свойств деталей: Научная статья по специальности «Машиностроение» - 2011г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-ekspluatatsionnyh-svoystv-detaley-opredelyayuschih-nadyozhnost-selskohozyaystvennyh-mashin>
6. Суслов А.Г., Дальский А.М. Научные основы технологии машиностроения - М.: Машиностроение, 1975.-144 с.
7. <http://delta-grup.ru>
8. Должиков В.П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2011. – 144 с.
9. Васин А.Н., Бочкарев П.Ю. Расчетно-аналитический метод определения припусков на механическую обработку: Методические указания – Саратов 2008. – 41 с.
10. Авраменко, В.Е. Расчет припусков и межпереходных размеров. – Красноярск: ПИ СФУ, 2007. – 290 с.
11. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филлипов, Н.А. Шевченко и др.; под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.
12. <http://www.allstanko.ru/machine.php?model=JCL42&type=tokarniecpucat>:

13. Станочные приспособления: Справочник / В 2-х т. / Ред. совет Б.Н. Вардашкина и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 1248 с.
14. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Справочник технолога-машиностроителя, Т 2, М.; Машиностроение, 1985г., 492 с.
15. <http://www.thermind.com/en/kr1000-titan/3584-kr-1000-l750-titan.html>

Приложение А

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

НИ ТПУ	ФВТМ.0164А21.КП.001		ИФВТ 4А21
Генератор			1 1 1

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

На технологический процесс механической обработки детали «Генератор»

Проверил: КТН, руководитель
_____ Должиков В.П.

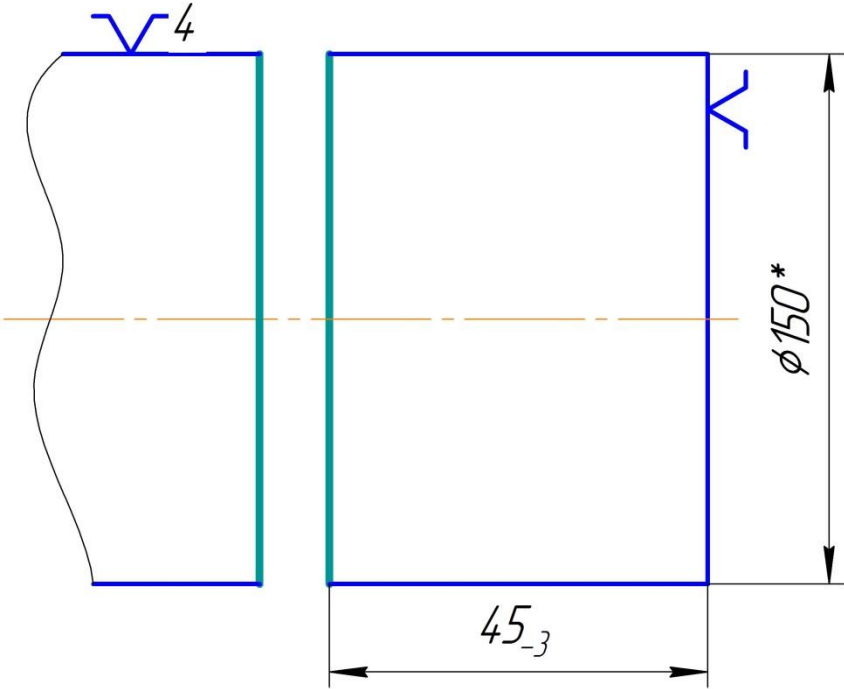
Выполнил: студент группы 4а21
_____ Параев М.И.

ТЛ	Титульный лист	1
----	----------------	---

[illegible]

[illegible]

Дубл.														
Взам.														
Подп.														
													2	1
Разраб.	Параев М.И.			НИ ТПУ		ФВТМ 0164А21 ВКР						ИФВТ 4А21		
Провер.	Должиков В.П.													
						Генератор							005	
Н.контр.	Должиков В.П.													



[illegible]

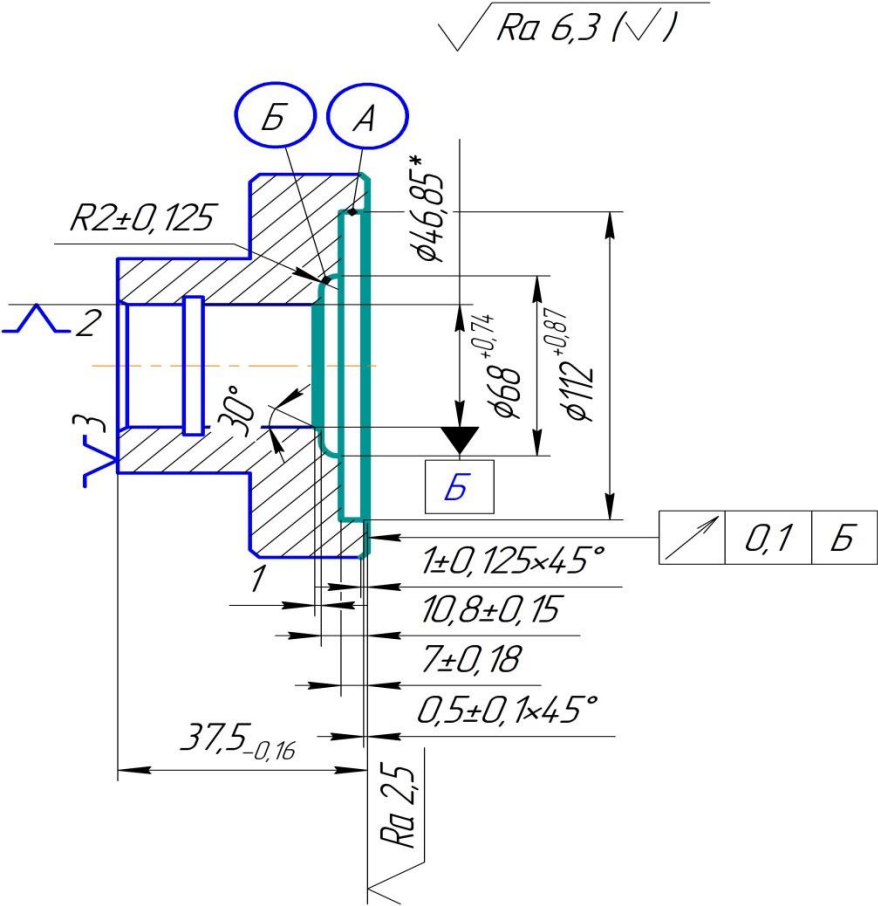
Technical drawing of a stepped shaft. The drawing shows a shaft with a central hole. The outer diameter is 150 mm. The inner diameter is $\phi 145_{-0,16}$. The length of the shaft is 28 mm. The distance from the left end to the center of the hole is 15 mm. The surface finish is $\sqrt{Ra 1,6}$. The drawing includes a blue outline for the outer profile and a green outline for the inner hole. A dashed orange line indicates the center of the hole.

ОК	Операционная карта	7
----	--------------------	---

[illegible]

[illegible]

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
																3	1		
Разраб.	Параев М.И.			НИ ТПУ		ФВТМ 0164А21 ВКР				ИФВТ 4А21									
Провер.	Должиков В.П.																		
				Генератор										020					
Н.контр.	Должиков В.П.																		

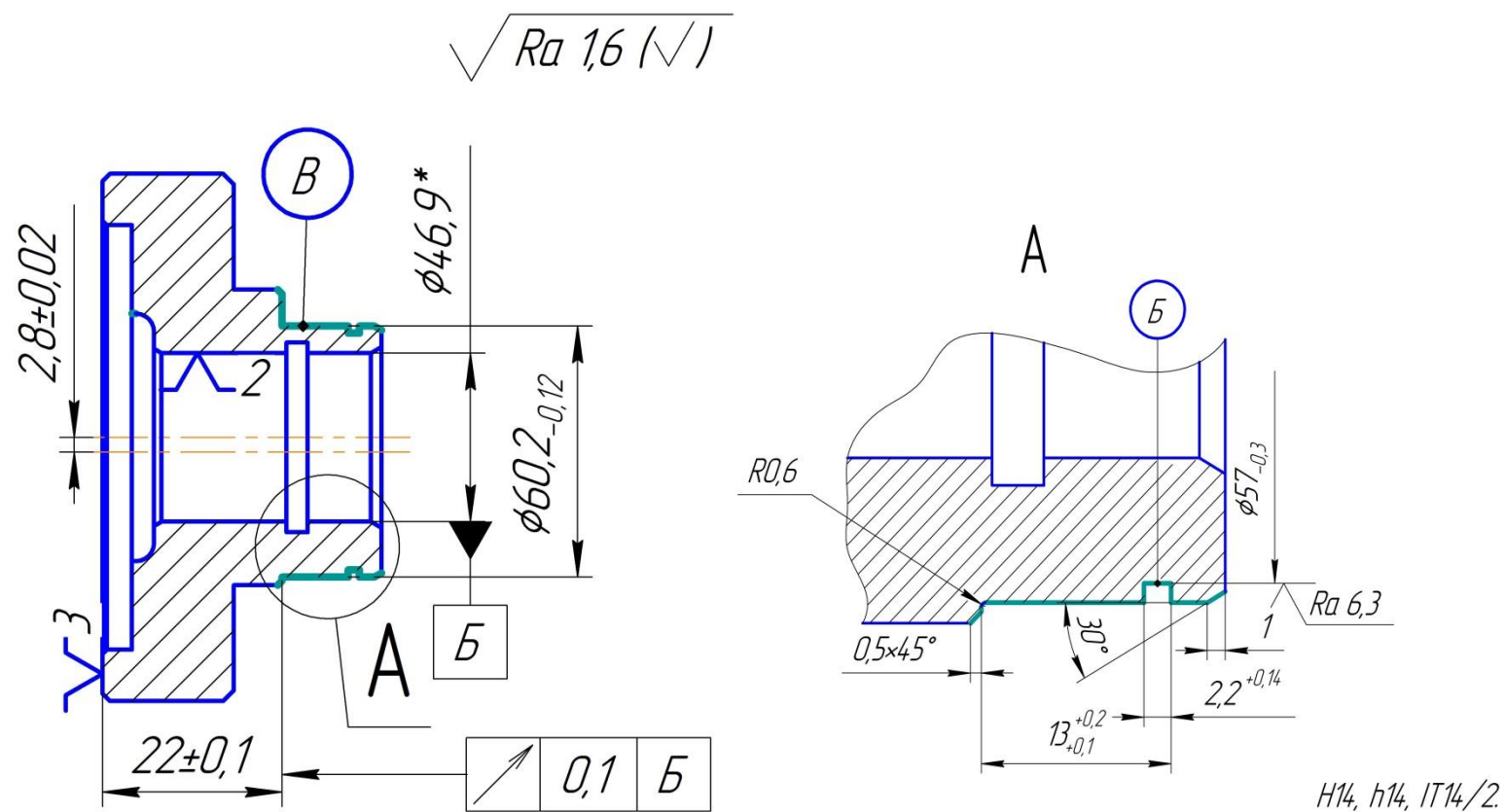


[illegible]

Дубл.																										
Взам.																										
Подп.																										
															3											
										ИФВТ.4А21012.КП.001					ИФВТ 4А21											
Р	Содержание перехода										То	D или B		L	t	i	S	n	V							
T14	Резец расточной A20S-SDXCR 11-R пластина DCMT 11 T3-PR 4325 (чистовое точение); Резедержатель радиальный B5-509 35-32 DIN 69880.																									
P15	$112^{+0,87}$ $7 \pm 0,18$ 0,5 4 0,2 1600 135,6																									
T16	Штангенциркуль ШЦ-II-125-0,1 ГОСТ 166-89.																									
T17	Штангенциркуль ШЦ-II-150-0,05 ГОСТ 166-89.																									
T18	Угломер типа 2-2 ГОСТ 5378-88																									
T19	Шаблон радиусный №1 ГОСТ 4126-88.																									
T20	Индикатор ИЧ02 кл.0 ГОСТ 577-68. Стойка С-III 8-50 ГОСТ 10197-70.																									
T21	Образцы шероховатости 1,6-6,3 ГОСТ 9378-93.																									
T22																										
P23																										
O24																										
T25																										
T26																										
P27																										
O28																										
T29																										
T30																										
P31																										
ОК		Операционная карта																14								

[illegible]

							3	1
Разраб.	Параев М.И.			НИ ТПУ	ФВТМ 0164А21 ВКР		ИФВТ 4А21	
Провер.	Должиков В.П.							
Н.контр.	Должиков В.П.				Генератор			030

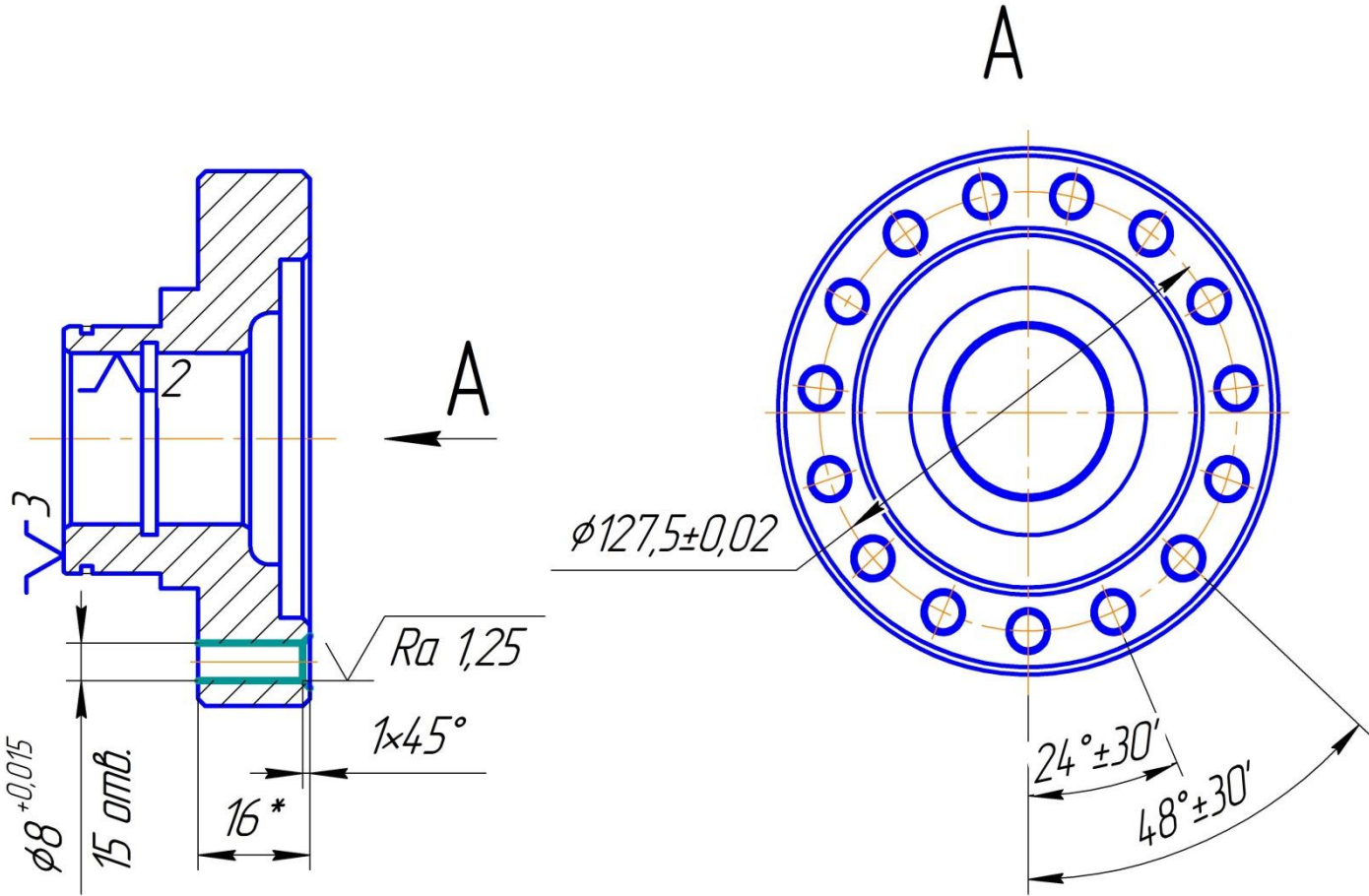


Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
																			3
										ИФВТ.4А21012.КП.001								ИФВТ 4А21	
Р	Содержание перехода										То	D или B		L	t	i	S	n	V
T14	Шаблон радиусный №1 ГОСТ 4126-88.																		
T15	Образцы шероховатости 1,6-6,3 ГОСТ 9378-93.																		
T16	Шаблон для измерения ширины канавки.																		
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
ОК	Операционная карта																18		

19

[illegible]

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
															3	1				
Разраб.	Параев М.И.					НИ ТПУ	ФВТМ 0164А21 ВКР								ИФВТ 4А21					
Провер.	Должиков В.П.																			
Н.контр.	Должиков В.П.						Генератор										040			



[illegible]

Technical drawing of a mechanical part showing a cross-section. The drawing includes the following dimensions and tolerances:

- Overall width: $22 \pm 0,1$
- Inner diameter: $\phi 60^{+0,021}_{+0,002}$
- Surface roughness: $Ra 0,16$
- Feature 2: A small step or fillet on the inner diameter.
- Feature 3: A small step or fillet on the outer diameter.

[illegible]

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
																	1	1	
Разраб.	Параев М.И.			НИ ТПУ		ФВТМ 0164А21 ВКР								ИФВТ 4А21					
Провер.	Должиков В.П.																		
														1	1	1	085		
Наименование операции			Материал			Твердость		ЕВ	МД		Профиль, разм., заготовка			МЗ		КОИ			
Гальваническая			Сталь 40Х ГОСТ 4543-71			НВ 10 ⁻¹		кг	1,322		ø150х45			4,340		1			
Оборудование; устройство ЧПУ			Обозначение программы			То		Тв		Тпз		Тшт		Сож					
						0,37		0,89		5		0,5							
Р	Содержание перехода				То	D или B		L		t		i		S		n	V		
O01	1. Нанести покрытие Ан. Окс. хр. согласно ГОСТ 9.306 – 85 ЕСЗКС																		
O02	Контроль внешнего вида – по ГОСТ 9.302-88																		
T03	Толщину анодно-окисных покрытий контролируют металлографическим методом по ГОСТ 9.302-88																		
04																			
05																			
06																			
07																			
08																			
09																			
10																			
11																			
12																			
13																			
OK	Операционная карта																34		

Дубл.																
Взам.																
Подп.																
												1	1			
Разраб.	Параев М.И.			НИ ТПУ		ФВТМ 0164А21 ВКР						ИФВТ 4А21				
Провер.	Должиков В.П.															
												1	1	1	090	
Наименование операции			Материал			Твердость		ЕВ	МД	Профиль, разм., заготовка			МЗ		КОИ	
Консервация			Сталь 40Х ГОСТ 4543-71			НВ 10 ⁻¹		кг	1,322	ø150х45			4,340		1	
Оборудование; устройство ЧПУ			Обозначение программы			То		Тв		Тпз		Тшт		Сож		
						0,23		0,65		5		0,2				
Р	Содержание перехода				То	D или B		L		t		i		S	n	V
O01	1. Завернуть каждую деталь в промасленную бумагу и уложить в коробку в количестве 10 штук															
T02	Бумага упаковочная Q=0,03															
T03	Коробка I-1															
04																
05																
06																
07																
08																
09																
10																
11																
12																
13																
OK	Операционная карта														35	