

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления детали вал-шестерня

Обучающийся

А.В. Зернаев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент Д.Г. Левашкин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. экон. наук, доцент Е.Г. Смышляева

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в разработке технологического процесса изготовления опоры вала-шестерни который входит в состав цилиндрического двухступенчатого редуктора.

Основной проблемой, возникающей на всех этапах развития машиностроительных производств, является обеспечение технологического и производственного соответствия уровня конструкторских разработок деталей станков и уровнем развития технологических методов их изготовления. Необходимость этого вызвана недостаточным уровнем решаемых сегодня технических задач при производстве деталей станков.

Современное состояние этой проблемы определяется тенденциями развития машиностроительных производств, которые направлены на создание изделий с высокой надежностью и постоянно растущим спросом на ремонт и обслуживание станочных систем, а также на повышение производительности и эффективности технологических процессов изготовления деталей станков.

В первом разделе выполнен анализ производства детали, сделана постановка задач, анализ функционального назначения и стратегии реализации технологического маршрута. Во втором разделе производился анализ технологических процессов, проектирование маршрута и обзор вариантов изготовления детали. В третьем разделе предлагались мероприятия для достижения результата с использованием оптимального инструмента. В конструкторской части работы разрабатывалось приспособление для лимитирующей операции и определялись режимы обработки. В четвертом разделе производилась оценка технологии с точки зрения безопасности, экологичности и предложения по устранению вредных факторов. В пятом разделе осуществлялась оценка экономических факторов разработанной технологии. В итоге делался вывод о эффективности проектирования.

Работа включает 58 страниц пояснительной записки включая приложения и графическую часть в количестве 7 листов формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных.....	5
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации .	5
1.2 Анализ технологических показателей детали.....	7
1.3 Анализ типа производства	9
1.4 Задачи работы.....	11
2 Разработка технологии изготовления	13
2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки	13
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	21
2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки.....	23
2.4 Проектирование операций технологического процесса	25
3 Разработка специальной технологической оснастки	30
3.1 Разработка токарного патрона	30
3.2 Разработка ступенчатого сверла.....	36
4 Безопасность и экологичность технического объекта	40
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	40
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	41
4.3 Методы и технические средства снижения рисков	41
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	43
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	44
5 Экономическая эффективность работы	46
Заключение	50
Список используемых источников.....	51
Приложение А Технологическая документация.....	55
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	57

Введение

Сегодня машиностроительная отрасль является базовой для развития других отраслей промышленности. Хотя методы достижения геометрических характеристики средств производства значительно улучшились за последние десятилетия, геометрические погрешности формы и геометрии производимой продукции остаются и будут существовать всегда. Конечно, наблюдаемые геометрические дефекты уменьшились по амплитуде, но они все еще существуют и играют важную роль в качестве и стоимости продукции. Таким образом, обеспечение геометрических характеристик детали на протяжении всего технологического процесса остается неоспоримым фактором эффективности производства. Более того, в эпоху компьютерных технологий и средств моделирования сегодня уже недостаточно создавать цифровые модели САПР, представляющие идеальную геометрию детали на станке. Становится все более важным реалистично и в трехмерном виде моделировать все операции, технологические переходы, процессы производства, переходы контроля и операции сборки в единой сквозной технологической последовательности.

Для обеспечения всех технических требований в технологической цикле изготовления детали, необходимо управлять дефектами, возникающими при производстве детали. В частности, необходимо гарантировать работу технологического оснащения в соответствии с техническими требованиями. Для этого необходимо привести к минимальным потери времени на установку детали. Также необходимо согласовать параметры применяемого инструмента, таким образом, чтобы гарантировать, что режим обработки детали на станке (производительность) или ее служебное назначение (например, возможность монтажа) выполнены согласно техническим требованиям на механическую обработку.

1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных

1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации

Основным техническим требованием детали является соосность отверстий детали оси вала шпинделя, обеспечивается в первую очередь в его способности выполнять служебные функции. В корпусе редуктора размещены зубчатые колеса или шестерни, неподвижно закрепленные на валах или вал-шестернях. Вал-шестерни опираются на подшипники, размещенные в опорных отверстиях корпуса, в которых установлены подшипники качения.

Цилиндрические редукторы комплектуются только цилиндрическими зубчатыми передачами и отличаются числом ступеней и положением валов. Цилиндрические двухступенчатые редукторы обычно выполняют по развернутой, раздвоенной или соосной схеме с одним, двумя или тремя потоками мощности. Наиболее распространена развернутая схема. Редукторы, выполненные по этой схеме, весьма технологичны, имеют малую ширину, допускают легкую и рациональную унификацию.

В рамках разработки технологии изготовления и обработки детали на основе анализа геометрических и технологических данных с учетом определенных производственных ресурсов выполняем состав и последовательность операций и поверхностей детали которые необходимо обработать с высокой точностью. На этом этапе учитываются геометрические и технологические требования (такие как отделка или термохимическая обработка поверхности), чтобы разработать прогрессивный технологический процесс, минимизирующий время и затраты. Производственные затраты также учитываются при расчете технологических допусков, предназначенных для подтверждения правильности выбора структуры технологического процесса и средств технологического оснащения.

Анализ допусков на основе расчетов операционных размеров и

ожидаемых допусков выполняется при проектировании заготовки детали. Уравнения критических функциональных зазоров или натягов строятся и используются для проверки размерных цепочек допусков каждого размера детали. Наконец, необходимо выполнить проверку технологичности спроектированной заготовки выполнив проверку соответствия размерам.

Анализ технологичности детали на данном использует определенный производственный типовой процесс обработки всех поверхностей детали, станки, кинематика которых и связанные с ними, вероятные погрешности и отклонения, а также отклонения позиционирования детали в конструкции станка при сборке. При этом заложенные в технологический процесс значения погрешностей обработки, допуски и отклонения позволяют определить значения допустимого запаса, определяющие отклонение реальных обработанных поверхностей от номинальных. Наконец, необходимо будет проверить, соответствуют ли полученные значения операционных размеров допускам, установленным для каждой поверхности детали допускам [4].

Решение проблемы точности взаимного расположения вала и его опоры на станине станка обеспечивается точной обработкой торцев детали, с шероховатостью $Ra=3,2$ мкм, с выполнением требования по биению $0,03$ мм.

Исследование параметров технологичности детали согласно данным [4] показало, что деталь предназначена для ответственного использования в конструкции шпинделя станка. Условия её эксплуатации учитывают формирование производственных операций, которые состоят из поэтапной группировки переходов обработки торцев и внутренних отверстий детали, с указанием используемых методов и процессов. Для каждой операции необходимо определить характеристики поверхности обработки (качество и шероховатость) в промежуточном состоянии. В этом и заключается цель технологического проектирования. Затем следует этап геометрического моделирования механической обработки — это инструмент оценки процесса снятия технологического припуска, который позволяет определить условия обеспечения требований по качеству механической обработки, которое можно

ожидать от проектируемого технологического процесса. При этом учитываем на данном этапе анализа, что для изготовления детали не требуются специальные материалы. [5].

1.2 Анализ технологических показателей детали

При изготовлении детали рекомендуется использовать стали, из групп конструкционных материалов, например, конструкционной легированной стали 40X ГОСТ 4543-71. Определенные согласно данным [25] характеристики данной стали представлены в таблице 1 химический состав, в таблице 2 механические свойства.

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор
содержание %	0,35-0,37	2,0-2,4	0,5-0,8	0,17-0,20

Таблица 2 – Механические свойства

Предел текучести, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное сужение, %	Относительное удлинение после разрыва, %	Твердость по Бринеллю
490	655	45	15	210-228

Обработка отверстий ограничена с учетом одного направления для каждого инструмента и не учитывает ориентацию поверхностей детали вследствие установки и тип контакта между элементами в станочном приспособлении. Относительное положение двух поверхностей при анализе рассматриваем как вектора, определяющие относительное положение и ориентацию связанных с ними элементов детали. Таким образом, можно выбрать одну из поверхностей в качестве точной и выразить изменения

положения другой поверхности по отношению к эталонной через векторный анализ. Затем можно использовать понятие расстояния между неидеальными геометрическими элементами. Согласно этому классификация поверхностей по назначению проведена для определения точности ключевых поверхностей, которые включают основные и вспомогательные конструкторские базы, а также исполнительные поверхности. Преимуществом векторного описания расположения элементов поверхностей является независимость параметров, описывающих положение каждой из поверхностей. Мы освобождаемся от выбора переменных, необходимых для использования параметрического режима описания. Использование этой модели позволяет проводить непосредственные допуски по каждому из компонентов векторов обрабатываемой поверхности или, в проектируемом плане обработки, определять зоны допуска где направление вектора – определяет направление подачи режущего инструмента, используя допустимые области значений параметров допуска и расположения. Важным моментом в этом процессе является учет протяженности поверхностей деталей. Действительно, только их элементы геометрически определены и ограничены в векторном пространстве.

На рисунке 1 выполнен эскиз рассматриваемой детали. Деталь «Вал-шестерня» представляет собой тело вращения типа «Вал». Она состоит из шести ступеней, не имеет центрального отверстия. На большей из ступеней 3 (см. рисунок 1) «Вала-шестерни» выполнены зубья шестерни тихоходной ступени редуктора. На другой ступени 5 выполнены шлицы, служащие для соединения с зубчатым колесом быстроходной ступени редуктора. Две крайние ступени служат для установки на них подшипников

Поэтому методы последовательных ходов с постепенным снижением параметров шероховатости и точности могут быть применены для обеспечения точности баз 1, 8, 9.

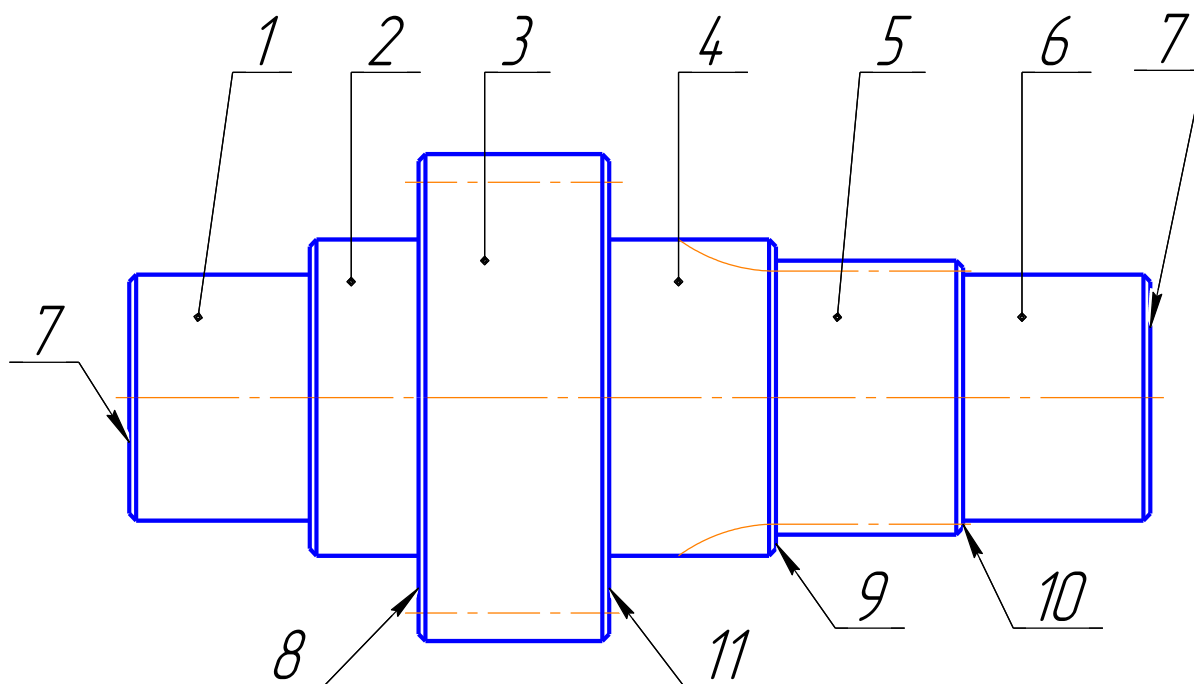


Рисунок 1 – Эскиз вала- шестерни

«Поверхности баз имеют достаточную длину и могут быть обработаны стандартным режущим инструментом. Пространственное расположение поверхностей детали правильное, равномерное и симметричное, что позволяет использовать типовое технологическое оборудование и простые захватные механизмы. Следовательно, анализ технологичности детали показывает, что она может быть обработана на современном станочном оборудовании с возможностью автоматизации процесса изготовления» [4].

1.3 Анализ типа производства

Определяем, предварительно, используя методику [14]. «В качестве исходных данных необходимо иметь представление о массе детали и ее годовой программы производства. Деталь корпус барабана имеет вес 15,45 кг и программу выпуска 10 000 деталей. В этом случае получаем тип производства – среднесерийный» [14].

«Характеристики среднесерийного типа производства определяем согласно данным» [1].

Согласно последнему, аналитическое определение зоны допуска классифицируется на две категории: цилиндрическую и плоскую. Положение и ориентация зоны допуска характеризуются элементами симметрии: ось цилиндра характеризует цилиндрическую зону допуска. С другой стороны, срединная плоскость характеризует положение и ориентацию плоской зоны допуска.

«Рекомендуется применение простых методов получения заготовки, например, различные способы литья, штамповка, ковка, применяется прокат» [14]. Эти методы используются для проектирования операций обработки и применения оборудования с ЧПУ. Геометрическое обеспечение точности обработки заготовки требует статистического контроля, обеспечивающего определение отклонений осей внутренних отверстий опоры в процессе обработки. Этот подход позволит обеспечить точность изготовления и функциональные требования конструкции шпиндельного узла. Контроль погрешности в точках на поверхностях исполнительных поверхностей опоры позволит обеспечить равнорасположенные и симметричные зоны допусков. В случае несимметричных зон применяется расчет в векторной форме. Использование данных по точности обработки, оценка идентичности чертежа детали и результатов механической обработки позволят процессы сквозного проектирования заготовки детали с применением САПР.

Технологические припуски для обработки поверхностей определяются отдельно для каждого перехода, используя результаты анализа данных или табличные значения. Режимы обработки учитывают марку материала и другие факторы, влияющие на производительность станка. «Процесс изготовления детали проектируется на основе типовой технологии» [14] с учетом станочного оборудования и его возможностей.

Выбор оборудования для обработки детали требует установки заготовки в правильном положении для обеспечения точности обработки поверхностей. Базирование заготовок должно учитывать размеры рабочей зоны оборудования и требования к механической обработке. Необходимо также

обеспечить возможность свободного подвода и отвода инструмента, а также подачу растворов для удаления стружки.

«Современные обрабатывающие центры, многоцелевые станочные комплексы и робототехнические системы» [14] соответствуют этим требованиям. Для лимитирующих операций целесообразно использовать специальные средства технологического оснащения.

Для среднесерийного производства разрабатывается процесс изготовления детали на основе стандартной технологии, где каждая операция в маршруте обработки учитывает возможности используемого станочного оборудования. При этом выбирается оптимальное количество переходов для каждой операции, что позволяет избежать простоев из-за длительной обработки на узких участках производства. Такой подход обеспечивает гибкость производственного процесса.

Производственный участок организован по групповому принципу расположения оборудования, где рабочие места организованы непосредственно вблизи с оборудованием, персонал обладает высокой квалификацией для работы на обрабатывающих центрах с ЧПУ, настраивая станки и осуществляя операционный контроль» [15].

1.4 Задачи работы

В целом, цель и задачи работы направлены на проектирование операций процесса изготовления детали с учетом требований к точности, эффективности производства, экономической целесообразности и безопасности труда. Результаты исследования и предложенные мероприятия могут быть полезны для предприятий, занимающихся производством деталей и стремящихся к повышению качества и эффективности производственных процессов. В данной работе для обеспечения согласований с поставленной целью, выполним постановку задач по уровням соответствия.

Таким образом, при решении задач первого уровня выявлены основные функциональные характеристики детали. Это позволит оценить качество материала и его пригодность для применения с точки зрения выполнения служебного назначения детали. Для решения задач второго уровня необходимо изучить возможности изготовления детали с использованием различных технологий обеспечения точности обработки и настройки оборудования. Будет осуществлено сравнение различных вариантов обеспечения точности операционных размеров технологических процессов и выбраны наиболее эффективные. Для решения задач третьего уровня на основе проведенного анализа необходимо определить требования к содержанию технологических операций. При этом будут учтены особенности материала детали, ее конструкции и функционального назначения. Будут определены факторы обеспечения точности обработки размеров детали, которые необходимо выполнить в зоне обработки.

Таким образом, выполненный анализ позволил определить необходимые задачи проектирования технологического процесса изготовления детали с заданными характеристиками и качеством.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Обоснование выбора и разработка заготовки

«Задача обоснования выбора метода получения заготовки традиционно решается путем экономического сравнения стоимости их получения по методике. Методы получения заготовок приемлемые в данном случае, в соответствии с проведенным в пункте 1 данной работы анализом, ограничиваются прокатом, штамповкой и литьем» [8]. В промышленных условиях, процесс получения заготовки характеризуется образованием микротрещин, имеет место повреждение инструментальных сталей горячей штамповки. Это, происходит из-за сложной связи между термической усталостью и механизмами кристаллизации металла под воздействием окружающей среды. Действительно, от 500°C под окружающим воздухом на поверхности стали образуется слой дуплексного оксида железа, состоящий из внутренней части, богатой хромом, и внешней части, бедной хромом. Кроме того, при контакте с расплавленным алюминиевым сплавом взаимодействие алюминия и железа приводит к росту многофазного слоя. На эволюцию общей толщины многофазного слоя, обусловленную диффузией, значительное влияние оказывают явления растворения, особенно при температуре выше 650 °C. При 550 °C повреждение заготовки происходит за счет циклического отслаивания оксидного слоя. За пределами этой температуры, когда поверхностный слой является плотным и прочным, он сначала подвергается периодическому и параллельному микрорастрескиванию. «Поэтому для выбора метода получения заготовки» [4] детали «опора» рассмотрим последовательно процессы образования макроскопических трещин. Деталь корпусная и при отсутствии компактного поверхностного слоя предварительного микротрещин не наблюдается, а макротрещины появляются одновременно, когда твердость стали достигает критического порога размягчения. Распространение макротрещин в макроскопическом масштабе

происходит в направлении, перпендикулярном радиальной оси внутренних отверстий детали. Макротрещины достигают разной глубины в зависимости от их количества. Проведен термический и термомеханический анализ методом конечных [8].

«Стоимость заготовки рассчитываем для способов получения заготовки литьем в землю и в кокиль, используя по формулу:

$$S_{\text{ЗАГ}} = (C_i \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\Pi}) - S_{\text{ОТХ}} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где C_i – базовая стоимость получения заготовок, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

k_T – коэффициент точности;

k_C – коэффициент сложности;

k_B – коэффициент марки материала;

k_M – коэффициент массы заготовки;

k_{Π} – коэффициент объема производства;

$S_{\text{ОТХ}}$ – стоимость отходов механической обработки в виде стружки, руб.;

q – масса детали, кг» [4].

Масса заготовки ориентировочно может быть определена по формуле:

$$\ll Q = q \cdot K_P, \quad (2)$$

где K_P – коэффициент метода получения заготовки» [4].

«Массу детали определим зная номинальные значения размеров детали по ее чертежу графической части данной работы. Используя математические зависимости веса от объема детали – через плотность материала, рассчитаем массу заготовки для каждого из сравниваемых методов получения.

Масса заготовки получаемой штамповкой равна.

$$Q = 15,0 \cdot 1,2 = 18 \text{ кг.}$$

Масса заготовки получаемой литьем в земляные формы равна.

$$QQ = 16,7 \cdot 1,2 = 20 \text{ кг.}$$

Выбираем поправочные коэффициенты, определяем базовую стоимость получения заготовок и стоимость отходов механической обработки в виде стружки в формуле (1) используя справочные данные» [4].

Стоимость заготовки получаемой штамповкой равна.

$$S_{\text{ЗАГ}} = (56,11 \cdot 18 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (18 - 1,2) = 76,28 \text{ р.}$$

Стоимость заготовки получаемой литьем в земляные формы равна.

$$S_{\text{ЗАГ}} = (70,3 \cdot 20 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (20 - 1,2) = 95,85 \text{ р.}$$

Таким образом, расчеты показали, что заготовка полученная методом штамповки будет в случае изготовления детали более экономична, чем заготовка полученная литьем в земляные формы.

Согласно [8] делаем вывод, что «учитывая материал, конфигурацию детали и серийность производства в качестве метода получения заготовки детали принимаем метод получения заготовки штамповкой» [8].

Проектирование заготовки, , выполняем по рекомендациям [7]. Благодаря очень хорошим механическим свойствам до температур, приближающихся к 700°C , обеспечивается поликристаллическая микроструктура материала детали

В результате получается полуфабрикат, называемый заготовкой, который затем поочередно формируется в несколько этапов для получения заготовки конечной детали, что является эффективным для максимальной гомогенизации микроструктуры [11].

«Полученные результаты сведены в таблицу 3 данной работы» [13].

Расчет припусков для «поверхности б производится с учетом размера поверхности, параметров шероховатости и качества, указанных в таблице 3. Для точных поверхностей в условиях среднесерийного производства рекомендуется применять расчетно-аналитический подход к определению припусков» [21].

Таблица 3 – Маршруты обработки поверхностей

Размер поверхности, мм	Параметр шероховатости детали	Припуск, мм	Допуск, мм	Смещение или отклонение от прямолинейности, мм
Ø134,23h9	Ra 6,3	2,5·2=5,0	+2,4 -1,2	0,6
Ø90h14	Ra 12,5	1,9·2=3,8	+2,1 -1,1	0,6
Ø78h6	Ra 0,63	2,5·2=5,0	+2,1 -1,1	0,6
Ø70k6	Ra 0,63	2,5·2=5,0	+2,1 -1,1	0,6
56h14	Ra 12,5	1,9·2=3,8	+2,1 -1,1	0,6
141h14	Ra 12,5	2,0·2=4,0	+2,4 -1,2	0,6
190h14	Ra 12,5	2,2·2=4,4	+2,7 -1,3	0,6
245h14	Ra 12,5	2,4·2=4,8	+3,0 -1,5	0,6
300h14	Ra 12,5	2,4·2=4,8	+3,0 -1,5	0,6

«Выбор методики определения припусков зависит от точности поверхности. Для точных поверхностей рекомендуется применять расчетно-аналитическую методику» [21]. Расчет ведем для поверхности 2.

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (3)$$

где a – величина дефектного слоя, мм;

Δ – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

ε – величина погрешности установки заготовки, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [21].

«Величина дефектного слоя определяется по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (4)$$

где Rz – среднеарифметическая величина микронеровностей профиля поверхностного слоя, мм;

h – глубина дефектного слоя, образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [21].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (5)$$

где Td – поле допуска выполняемого размера, мм» [21].

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (6)$$

где Td_i – поле допуска выполняемого размера, мм;

Td_{i-1} – поле допуска выполняемого размера на предыдущем переходе, мм» [21].

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{\text{ср}i} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (7)$$

Проводим расчеты минимального, максимального и среднего припуска для каждого перехода» [21].

$$\ll z_{1 \min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,400 + \sqrt{0,400^2 + 0,025^2} = 0,801 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,063^2 + 0,025^2} = 0,268 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,025 + \sqrt{0,040^2 + 0,012^2} = 0,292 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,050 + \sqrt{0,010^2 + 0,012^2} = 0,066 \text{ мм.}$$

$$z_{1max} = z_{1min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,801 + 0,5 \cdot (1,6 + 0,25) = 1,714 \text{ мм.}$$

$$z_{2max} = z_{2min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,268 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,10) = 0,443 \text{ мм.}$$

$$z_{3max} = z_{3min} + 0,5 \cdot (Td_{T0} + Td_3) = 0,292 + 0,5 \cdot (0,16 + 0,10) = 0,422 \text{ мм.}$$

$$z_{4max} = z_{4min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,066 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,016) = 0,094 \text{ мм.}$$

$$z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1max} + z_{1min}) = 0,5 \cdot (1,714 + 0,801) = 1,258 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2max} + z_{2min}) = 0,5 \cdot (0,443 + 0,268) = 0,356 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3max} + z_{3min}) = 0,5 \cdot (0,422 + 0,292) = 0,357 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4max} + z_{4min}) = 0,5 \cdot (0,094 + 0,066) = 0,080 \text{ мм} \gg [21].$$

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{imin} + 2 \cdot z_{imin}. \quad (8) \gg [21]$$

«Для перехода предшествующего термическому переходу минимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(T0-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (9) \gg [21]$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (10) \gg [21]$$

«Средний диаметр определяется по формуле:

$$d_{i \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{i \text{ max}} + d_{i \text{ min}}). \quad (11) \gg [21]$$

«Выполняем расчеты.

$$d_{4 \text{ min}} = 32,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4 \text{ max}} = 32,018 \text{ мм.}$$

$$d_{4 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{4 \text{ max}} + d_{4 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (32,018 + 32,002) = 32,100 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ min}} = d_{4 \text{ min}} + 2 \cdot z_{4 \text{ min}} = 32,002 + 2 \cdot 0,066 = 32,150 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ max}} = d_{3 \text{ min}} + Td_3 = 32,150 + 0,039 = 32,189 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{3 \text{ max}} + d_{3 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (32,189 + 32,150) = 32,170 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO min}} = d_{3 \text{ min}} + 2 \cdot z_{3 \text{ min}} = 32,189 + 2 \cdot 0,292 = 33,229 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO max}} = d_{\text{TO min}} + Td_{\text{TO}} = 33,229 + 0,160 = 33,389 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{TO cp}} = 0,5 \cdot (d_{\text{TO max}} + d_{\text{TO min}}) = 0,5 \cdot (33,389 + 33,229) = \\ = 33,309 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ min}} = d_{\text{TO min}} \cdot 0,999 = 33,229 \cdot 0,999 = 33,188 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ max}} = d_{2 \text{ min}} + Td_2 = 33,188 + 0,100 = 33,288 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{2 \text{ max}} + d_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (33,288 + 33,188) = 33,238 \text{ мм.}$$

$$d_{1 \text{ min}} = d_{2 \text{ min}} + 2 \cdot z_{2 \text{ min}} = 33,288 + 2 \cdot 0,268 = 33,824 \text{ мм.}$$

$$d_{1 \text{ max}} = d_{1 \text{ min}} + Td_1 = 33,824 + 0,250 = 34,074 \text{ мм.}$$

$$d_{1 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{1 \text{ max}} + d_{1 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (33,074 + 34,824) = 33,949 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ min}} = d_{1 \text{ min}} + 2 \cdot z_{1 \text{ min}} = 33,074 + 2 \cdot 0,801 = 34,676 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ max}} = d_{0 \text{ min}} + Td_0 = 34,676 + 1,600 = 36,276 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ cp}} = 0,5(d_{0 \text{ max}} + d_{0 \text{ min}}) = 0,5(36,276 + 34,676) = 35,476 \text{ мм} \gg [21].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{min}} = d_{0 \text{ min}} - d_{4 \text{ max}}. \quad (12) \gg [21]$$

$$2z_{\text{min}} = 34,676 - 32,018 = 3,658 \text{ мм.}$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (13)» [21]$$

$$2z_{max} = 3,658 + 1,600 + 0,016 = 5,274 \text{ мм.}$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (14)» [21]$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,658 + 5,724) = 4,466 \text{ мм.}$$

«Для определения припусков на другие поверхности мы воспользуемся табличным методом, который основан на данных из эмпирических расчетов и статистических данных. Зная номинальные значения размеров каждой поверхности детали по чертежу» [19], определим необходимые припуски для каждой из них.

С учетом полученных данных рассчитаем соответствующие размеры заготовки для каждой поверхности. Эти расчеты помогут нам определить номинальные размеры заготовки для проектирования детали, что позволит нам изготовить ее с наименьшими потерями материала и с максимальной точностью.

«Используя данные из таблиц и произведенные расчеты, выполним проектирование заготовки с необходимыми припусками для всех поверхностей» [19]. Рассчитанные значения размеров заготовки приведены в таблице 4.

«В таблице 4 указано, что на заготовке отсутствует резьбовая поверхность 12, она появляется только после механической обработки отверстия 11» [21].

Таблица 4 – Определение размеров заготовки

Номинальный размер, мм	Суммарный припуск на обработку, мм	Расчетный размер заготовки, мм
$\varnothing 134,23+(2,5+0,6)\cdot 2$	140,43	$\varnothing 141$
$\varnothing 90+(1,9+0,6)\cdot 2$	95	$\varnothing 95$
$78+(2,5+0,6)\cdot 2$	84,2	$\varnothing 85$
$70+(2,5+0,6)\cdot 2$	76,2	77
$56+(1,9+0,6)\cdot 2$	61	61
$141+(2,0+0,6)\cdot 2$	146,2	147
$190+(2,2+0,6)\cdot 2$	195,6	196
$245+(2,4+0,6)\cdot 2$	251	251
$300+(2,4+0,6)\cdot 2$	306	306

«Использованием значений размеров заготовки из таблицы 4 определяются технологические параметры и характеристики заготовки барабана. Задана точность Т4, сложность С1, материал - чугун группы 2, тип разъема металлических литевых форм - плоский, литниковая система расположена внутри верхней крышки кокиля. Индекс распределения поля допуска - Н7. Остальные параметры заготовки определяются с учетом данных» [7].

«В соответствии с указанными данными, возможно смещение по поверхности разъема металлических литейных форм до 0,1 мм, изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности до 0,4 мм, минимальный радиус скругления составляет 1,5 мм, величина остаточного облоя - 0,5 мм, отклонения от соосности - 0,01 мм» [12]. «Эти параметры, а также спроектированная заготовка детали, представлены на чертеже заготовки в графической части работы» [20].

2.2 Разработка плана изготовления детали

Этап проектирования состоит из определения характеристик детали в ее состоянии по завершению определённой операции, подробно описывая влияние производственных дефектов. Формирование структуры

производственных операций заключается в группировке технологических переходов обработки по этапам технологического процесса. Это включает в себя определение типа обработки и количественную оценку связанного с ним операционного допуска. Для каждой операции необходимо определить – точность операционных размеров. Преимуществом такого подхода является выбор переменных состояний заготовки, необходимых для использования режима лезвийной обработки на станке. Использование этого метода позволяет определить величину точного допуска на обработку, который объединяет пределы геометрических дефектов, возникающих из-за погрешностей изготовления детали. Данная модель должна позволить проводить расчеты припуска на каждую операцию плана изготовления еще на этапе проектирования. Тогда можно использовать исходную геометрию заготовки [12].

Процесс «обработки в рамках одной операции объединяет комплекс поверхностей с одинаковой точностью и шероховатостью. Поверхности 2 и 3 могут быть обработаны без изменения базирования детали. Торцовые поверхности 4, 9 и 10 должны быть обработаны без изменения схемы базирования для обеспечения правильного взаимного расположения» [2]. «Поверхности 5, 6, 7, 8 и 12 также должны быть обработаны без изменения схемы базирования относительно отверстия 11. Обработка торца 4, отверстия 9 и канавки должна производиться без изменения базирования относительно отверстия 11. Наконец, чистовое растачивание поверхностей 6 и 8, сверление отверстий, зенкерование отверстий на поверхности 12 также должно быть выполнено без изменения базирования для правильного взаимного расположения» [4]. «Результат формирования маршрута изготовления опоры приведен в таблице 5» [21].

Таблица 5 – Маршрут изготовления

Операция	Наименование и содержание операции	Станок, оборудование	Станочное приспособление
005	Фрезерно-центровальная. Фрезеровать торцы 7 в размер, центровать оба торцы одновременно.	Фрезерно-центровальный полуавтомат МР-71М	Тиски пневматические
010	Токарная программная Точить поверхности 1 с припуском под шлифовку; 3 – окончательно; 2 – однократно; подрезать торец 8; точить фаски.	Токарный с ЧПУ 16К20Ф3	Патрон поводковый 7108-0025, центр вращающийся
015	Токарная программная Точить поверхности 5,6 припуском под шлифовку; 4 – однократно; подрезать торец 11; точить фаски.	Токарный с ЧПУ 16К20Ф3	Патрон поводковый 7108-0025, центр вращающийся
020	Зубофрезерная Фрезеровать зубья на поверхности 3	Зубофрезерный полуавтомат 53А20	Патрон поводковый 7108-0025, центр вращающийся
025	Шлицефрезерная Фрезеровать шлицы на поверхности 5	Шлицефрезерный полуавтомат 5350	Патрон поводковый 7108-0025, центр вращающийся
030	Термообработка	Печь объемной закалки	Подъемное цеховое устройство
035	Круглошлифовальная Шлифовать поверхности 1, 5, 6 окончательно	Круглошлифовальный 3М151Ф2	Патрон поводковый 7108-0025, центр вращающийся

«Методы обработки с одинаковыми параметрами точности и параметрами шероховатости объединяются в одну общую операцию» [18].

«Графическое отображение плана изготовления оформляется в соответствии с рекомендациями» [18]. Маршрут изготовления также отображается в маршрутной карте (приложение А).

2.3 Выбор оборудования и технологической оснастки

«Выбор моделей станочного оборудования произведем с использованием данных [10], [22]. Далее определяем марку станочной

оснастки с использованием данных [22], [23]. Выбор конкретных типоразмеров инструмента произведем с использованием данных [2], [22]. Выбор типов и наименований контрольных средств произведем с использованием» [3], [22].

«Для обработки установочной базы используем вертикально - фрезерный станок DMGTG модели TD500A» [2]. При этом, аналитическое определение зоны допуска классифицируется двумя категориями: цилиндрические и плоские. Положение и ориентация зоны допуска являются характеризуются элементами точности обработки отверстий детали: ось цилиндра характеризует зону допуска, и эта структура данных относится к кинематической структуре. Последнее, следовательно, позволяет определить геометрические характеристики конкретной поверхности детали [10], [22]. Параметры круглости цилиндрической поверхности 10. С другой стороны, срединная плоскость характеризует положение и ориентацию зоны обозначаются буквой R, а параметры перевода — буквой T. Начальная система отсчета операционного размера плоский допуск T. В случае для обработки плоской поверхности 3,4,5 допуск и направление измерения интервала допуска определяется номиналом. Данная методика позволяет сравнивать результаты обработки партий детали [23].

Для «процесса обработки крепежных отверстий применяется радиально-сверлильный станок Z3080, а для обработки внутренних цилиндрических поверхностей используется многоцелевой станок 1000VBF с ЧПУ. Для фрезерной операции используется станочное приспособление тискового типа, где деталь фиксируется на опорных пальцах и зажимается. Для сверлильной операции используются станочные тиски 7200-0230 по ГОСТ 14904-80. При фрезеровании плоской базовой поверхности используется торцевая фреза с вставными ножами из твердого сплава: фреза 2214-0335 BK8 (диаметр 160 мм) по ГОСТ 1092-80. Для крепления фрезы также используется оправка с базовым конусом 7:24: оправка 6232-0138 по ГОСТ 26541-85» [22].

«Перечень средств контроля для изготовления включает следующие

наименования: Штангенциркуль ШЦ II - 0-160-0,05 ГОСТ 166-80.» [22].

«На основании выбора технологического обеспечения операций изготовления детали вносим данные в маршрутную карту и операционные карты (Приложение А)» [10].

2.4 Проектирование операций технологического процесса

«При проектировании технологии изготовления детали выполняем проектирование операций технологического процесса. В условиях неопределенности процесса, структура технологических операций» [12], представляющих изменения заготовки в размерах, ее положении, ориентации в рабочей зоне крайне важны. Определяя содержание и структур технологических операций важно прогнозировать последствия влияния геометрических дефектов деталей в начале обработки поверхности и в конце. Существующие рекомендации [11], [12] используется для определения размерных и геометрических характеристик детали, которые позволяют удовлетворить функциональные требования, производственные требования к процессу и требования по точности. Производственные дефекты – это сумма геометрических отклонений которые проявлялись на всех операциях плана обработки. Выбор содержания технологических операций будем осуществлять учитывая не только геометрические дефекты, т.е. дефекты, влияющие на геометрию и размеры деталей, в частности угловые дефекты, но и результаты моделирования производственного процесса которое учитывает точность каждого метода обработки [22]. Ключевая задача решаемая при этом заключается в подтверждении производственного ассортимента используемых методов обработки на всех операциях путем проверки соответствия получаемых параметров обработки заданным. Учитывая реальные данные по точности производственных процессов, «необходимо определить режимы работы оборудования и нормы времени на выполнение каждой операции» [15].

«Для достижения этой цели мы назначаем тип и марку режущего инструмента для операций, используемые на станках, а также средства технического обеспечения. В результате проектирования получаем параметры резания и режимы выполнения операций» [16].

«Для условий среднесерийного производства, режимы резания определим по данным» [16]. «Путем анализа табличных данных и применения эмпирических формул определяем глубину резания на каждом переходе технологической операции, учитывая заранее заданное значение припуска для каждой поверхности детали. Минимальные значения припуска определяются исходя рекомендаций, величина максимального значения припуска исходя их технических ограничений и марки выбранного станка для данной операции. Далее исходя из геометрии режущего инструмента выбираем по табличным данным величину подачи» [16], и «считаем скорость резания по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (15)$$

где V_T – нормативная скорость резания, м/мин;

K_1 – коэффициент, зависящий от характеристик обрабатываемого материала;

K_2 – коэффициент, зависящий от характеристик инструментального материала;

K_3 – коэффициент, зависящий от вида обработки» [16].

Частоту вращения шпинделя определим, используя формулу:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (16)$$

где d – диаметр обрабатываемой поверхности или режущего инструмента, мм» [16].

«Полученное значение частоты вращения округляем до ближайшего по значения по паспорту станка и корректируем скорость резания, которую и принимаем в дальнейших расчетах как фактическую» [16].

«Нормы на выполнение операций определяются с применением расчетно-аналитического метода. Рассчитаем длину рабочего хода инструмента необходимую для выполнения операции по формуле» [20]:

$$\langle L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (17)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

$l_{\text{рез}}$ – длина резания, мм.;

l_2 – длина перебега, мм» [20].

«Используя значение $L_{\text{р.х.}}$, определяем основное время на обработку:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (18)$$

где S – подача, мм/об» [20].

«Результаты расчетов режимов резания используются при оформлении технологической документации технологического процесса изготовления детали (таблица 6)» [20].

«При разработке данного раздела были выбраны и спроектированы заготовка детали, разработан план изготовления детали, подобрано необходимое оборудование и технологическая оснастка, а также спроектированы операции технологического процесса» [20].

Таблица 6 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Наименование операций и переходов	t, мм.	D, мм.	L, мм.	T, мм.	S, об/мин		V, м/мин		N, м/мин		S _м , м/мин	T _о , мин	N _с , кВт	N _{шт} , кВт
					S _{рек.}	S _{прин}	V _{рас}	V _д	n _{рас}	n _д				
005 Фрезерно-центровальная														
Переход 1	3,0	250	108	300	0,10÷0,15	0,10	197	141	250	180	432	0,25	4,6	6,0
Переход 2	4,0	10	10,9	60	0,04	0,04	21	19	668	604	24	0,45	0,2	1,76
010 Токарная программная														
Переход 1	2,35	70	56	200	0,60	0,60	49,5	49,5	225	225	135	0,41	1,9	8,25
Переход 2	2,5	90	35	200	0,60	0,60	49,5	49,5	175	175	105	0,33	1,9	8,25
Переход 3	2,5	134,23	28,5	200	0,30	0,30	49,5	48,5	117	115	34,5	0,83	1,1	8,25
Переход 4	2,3	134,23	61,5	200	0,60	0,60	49,5	48,5	117	115	34,5	0,89	1,9	8,25
Переход 5	0,22	70	56	200	0,30	0,30	121,5	120,9	552	550	165	0,34	0,6	8,25
Переход 6	0,285	134,23	61,5	200	0,30	0,30	121,5	118	288	280	84	0,73	0,6	8,25
Переход 7	2,0	134,23	6	200	0,60	0,60	49,5	48,5	117	115	69	0,09	0,7	8,25
015 Токарная программная														
Переход 1	2,35	70	58	200	0,60	0,60	49,5	49,5	225	225	135	0,43	1,9	8,25
Переход 2	3,35	78	58	200	0,50	0,50	44,5	44,1	182	180	90	0,64	2,4	8,25
Переход 3	2,5	90	58	200	0,60	0,60	49,5	49,5	175	175	105	0,55	1,9	8,25
Переход 4	2,5	134,23	28,5	200	0,30	0,30	49,5	48,5	117	115	34,5	0,83	1,1	8,25
Переход 5	0,22	70	58	200	0,30	0,30	121,5	120,9	552	550	165	0,35	0,6	8,25
Переход 6	0,225	78	58	200	0,30	0,30	121,5	120	496	490	147	0,39	0,6	8,25
Переход 7	2,0	134,23	8	200	0,60	0,60	49,5	48,5	117	115	69	0,12	0,7	8,25
020 Зубофрезерная	11,25	140	2976	240	1,55	1,5	40	35,2	90,9	80	240	12,4	1,5	5,6
025 Шлицефрезерная	3,0	100	840	240	1,2	1,0	30	25,1	95,5	80	160	5,25	1,2	4,9
035 Круглошлифовальная	0,005	78,1	55	3000	18,7	41,6	39,2	160	1590	0,46	1,64	12,1	1,9	0,005
Переход 1	0,002	78	55	1800	15	41,6	29,3	120	1590	0,55	0,67	12,1	2,4	0,0025
Переход 2	5	70,1	55	3000	16,7	41,6	39,6	180	1590	0,46	1,63	12,1	1,9	0,005
Переход 3	0,005	70,02	55	1950	15	41,6	28,6	130	1590	0,50	0,70	12,1	1,1	0,0025
Переход 4	0,002													

Станок, участвует в этапе механической обработки. Обработка детали ведет к образованию отклонения, что приведет к геометрическим дефектам

обрабатываемой поверхности [16]. Отклонения могут быть обусловлены относительными погрешностями в системе держатель заготовки и станок. Источниками производственных отклонений являются элементы станочной системы где оставляющими элементами элементарной производственной ячейки являются упругие деформации и смещения заготовки при обработке.

«На основании полученных результатов по режимам резания и нормированию технологических операций вносим соответствующие данные в маршрутную карту и операционные карты (приложение А). Также проводим проектирование технологических наладок, представленных на листах графической части данной выпускной квалификационной работы» [23].

«В ходе разработки данного раздела были выбраны метод получения заготовки, также была спроектирована заготовка, выполнена разработка плана изготовления детали, определили номенклатуру станочного оборудования и технологическую оснастку, а также спроектировали операции технологического процесса» [12]. «Таким образом, задача разработки технологии изготовления детали на основе стандартного технологического процесса была выполнена успешно» [20].

3 Разработка специальной технологической оснастки

3.1 Разработка пневматического кондуктора

«Лимитирующей операцией с точки зрения обеспечения точности изготовления поверхностей является операция 005 Фрезерная. Недостатком данной операции является сложность применения стандартного приспособления, например, универсально-сборного типа, ввиду сложности его настройки, и трудоемкости наладки. Устранение данного недостатка возможно путем проектирования кондуктора для данной операции с механизированным приводом при помощи методики и данных [9, 26]. Проектируемое приспособление – тиски пневматические применяются для закрепления обрабатываемой детали на операции 005 фрезерно-центральной. Эскиз операции приведен на рисунке 2» [9], [26].

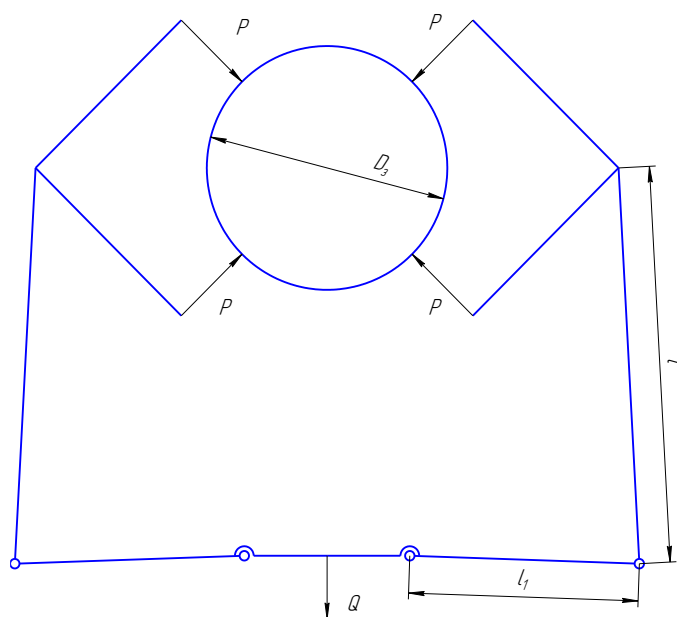


Рисунок 2 – Операционный эскиз

В первую очередь необходимо определить схему закрепления заготовки. Исходя из эскиза операции, необходимо применить консольную схему

закрепления. Для проверки необходимо проверить отношение среднего диаметра детали к длине детали. В данном случае это соотношение меньше 2,5, значит, схема принята правильно.

Далее определяем момент от основной составляющей силы резания P_Z , действующей на заготовку по формуле:

$$\langle M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_o}{2}, \quad (19)$$

где d_o – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [9].

Для надежного закрепления заготовки необходимо создать уравновешивающий момент от силы закрепления, определяемый по формуле:

$$\langle M_{3_{P_Z}} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (20)$$

где W – расчетное усилие зажима, Н;

f – коэффициент;

d_3 – диаметр закрепления, мм» [9].

Условие обеспечения равновесия системы позволяет приравнять эти моменты и вычислить расчетное усилие зажима по формуле:

$$\langle W = \frac{P_Z \cdot d_o}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (21)$$

где K – коэффициент условий выполнения операции» [9].

«Коэффициента условий выполнения операции рассчитывается по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (22)$$

где: K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент, учитывающий влияние неровностей

обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент, учитывающий состояние режущего инструмента;

K_3 – коэффициент, учитывающий непостоянство сил резания;

K_4 – коэффициент, учитывающий колебания усилия на приводе;

K_5 – коэффициент, учитывающий эргономические характеристики зажимного механизма» [26].

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

По формуле (21) рассчитываем усилие зажима.

$$W = \frac{4210 \cdot 99,2}{3 \cdot 0,4 \cdot 24} \cdot 1,5 = 14501 \text{ Н.}$$

Исходя из конструкции проектируемого патрона, усилие зажима на постоянных кулачках изменится. Величину данного усилия можно рассчитать по формуле:

$$\ll W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (23)$$

где l – вылет кулачка, мм;

H – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих» [9].

$$W_1 = \frac{14501}{1 - \frac{3 \cdot 51}{80} \cdot 0,1} = 17924 \text{ Н.}$$

В качестве зажимного механизма предлагается использовать клиновой зажимной механизм, так как он обеспечивает широкий диапазон регулировок. Усилие, создаваемое данным зажимным механизмом, рассчитывается по формуле:

$$\ll Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (24)$$

где i_c – передаточное отношение зажимного механизма» [26].

Передаточное отношение зажимного механизма рассчитывается по формуле:

$$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}, \quad (25)$$

где α – угол клина, град;

φ – угол трения наклонной поверхности клина, град;

φ_1 – угол трения плоской поверхности клина, град» [26].

$$i_c = \frac{1}{\operatorname{tg}(20^\circ + 6^\circ) + \operatorname{tg}6^\circ} = 1,1.$$

Подставляем найденное значение в формулу (24) и производим расчет.

$$Q = \frac{17924}{1,1} = 16295 \text{ Н.}$$

С целью механизации закрепления заготовки и создания необходимого усилия на приводе применим гидроцилиндр, диаметр поршня которого определим по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (26)$$

где d – диаметр штока поршня, мм;

P – давление в гидросистеме, МПа» [26].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 16295}{2,5} + 25^2} = 88 \text{ мм.}$$

Расчетный диаметр необходимо округлить до ближайшего большего стандартного значения, так как применение нестандартного диаметра приведет к необходимости проектирования специального привода, что существенно удорожает конструкцию привода и всего патрона. Принимаем диаметр поршня привода равным 90 мм.

Далее необходимо рассчитать точность спроектированного патрона. Для этого составим соответствующую расчетную схему (рисунок 3).

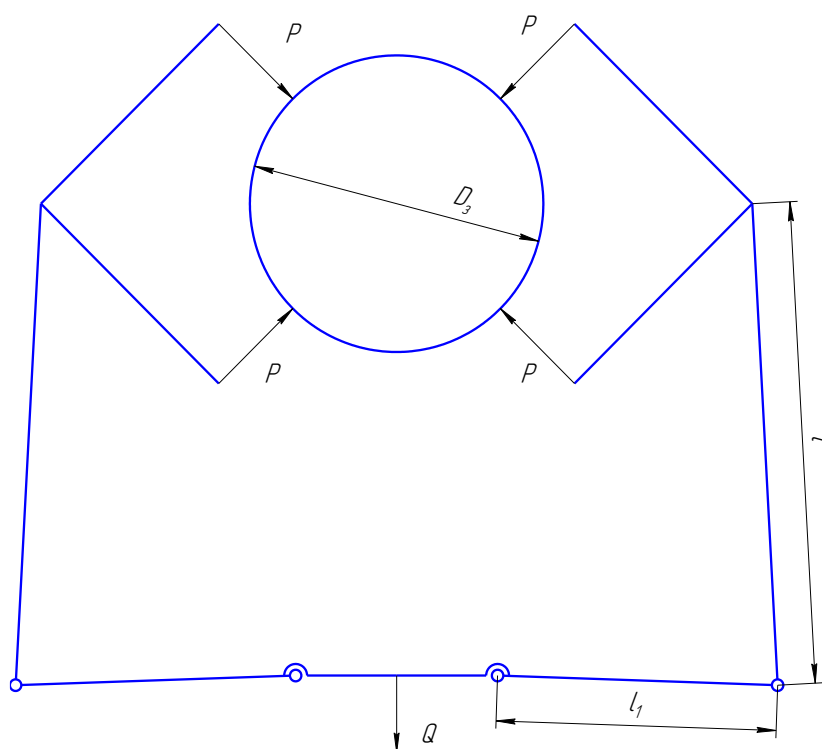


Рисунок 3 – Схема для расчета точности приспособления

Из представленной схемы составляем уравнение для определения погрешности установки в проектируемом патроне:

$$\llbracket \varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (27)$$

где Δ_1 – погрешность изготовления размера A_1 , мм;

Δ_2 – колебание зазора в сопряжении A_2 , мм;

Δ_3 – погрешность изготовления размера A_3 , мм;

Δ_4 – колебание зазора в сопряжении A_4 , мм;

Δ_5 – погрешность изготовления размера A_5 , мм» [9].

Примем точность составляющих звеньев цепи по 7 качеству и произведем расчет.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,030^2 + 0,015^2 + 0,010^2 + 0,010^2} = 0,021 \text{ мм.}$$

«Допускаемая погрешность для данного приспособления равна минимальному припуску на чистовую обработку, то есть 0,096 мм. Как показали расчеты точность проектируемого патрона больше, чем требуемая допустимая точность обработки» [19].

«Проектируемое приспособление состоит из корпуса 2, внутри которого расположена гильза пневмоцилиндра 8. Сверху корпуса расположены подвижные губки 5 с закрепленными на них призмами 6. Для передачи движения от штока к подвижным губкам используются рычаги 12, вращающиеся на осях 14.

Приспособление устанавливается и закрепляется на столе станка.

Закрепление заготовки производится следующим образом. Сжатый воздух подается в штоковую полость пневмоцилиндра, поршень 7 со штоком 9 движутся вниз. Рычаги 12 поворачиваются вокруг осей 14 и через Для раскрепления рабочее давление жидкости нужно подать в левую полость гидроцилиндра и система вернется в исходное положение. сухари 13 перемещают подвижные губки 5 по направлению «к заготовке». Таким образом, заготовка оказывается зажатой призмами 6 или закрепленной.

Раскрепление заготовки производится следующим образом. Сжатый воздух подается в бесштоковую полость и поршень 7 со штоком 9 перемещаются вверх. Рычаги 12 поворачиваются вокруг осей 14 в другую сторону и через сухари 13 перемещают подвижные губки 5 по направлению «от заготовки». Таким образом, заготовка оказывается раскреплена и свободно снимается с приспособления» [19].

«Конструкция приспособления представлена в графической части работы и в Приложении Б» [20].

«Спроектированное приспособление обеспечивает автоматизацию зажима и установки детали на станке и отвечает требованиям по точности обработки» [9], таким образом, задачу его проектирования можно считать достигнутой.

3.2 Разработка торцеподрезного реза

Для повышения производительности токарных переходов лимитирующей операции 005 выполним расчет и проектирование токарного реза для выполнения высокоскоростной обработки по подрезке торцев 8, 9, 10 и 11 детали. Совмещение обработки двух поверхностей с одного установка детали, позволит сократить время на обработку детали, выполнить обработку с высокой точностью.

«Так как выполняется одновременная обработка двух поверхностей детали, резец испытывает переменные нагрузки при обработке двух поверхностей, с разными режимами резания. Исходя из рекомендаций конструкция реза представлена на рисунке 4, державка прямоугольного сечения, режущая часть в виде установленной многогранной пластины типа ромб» [20].

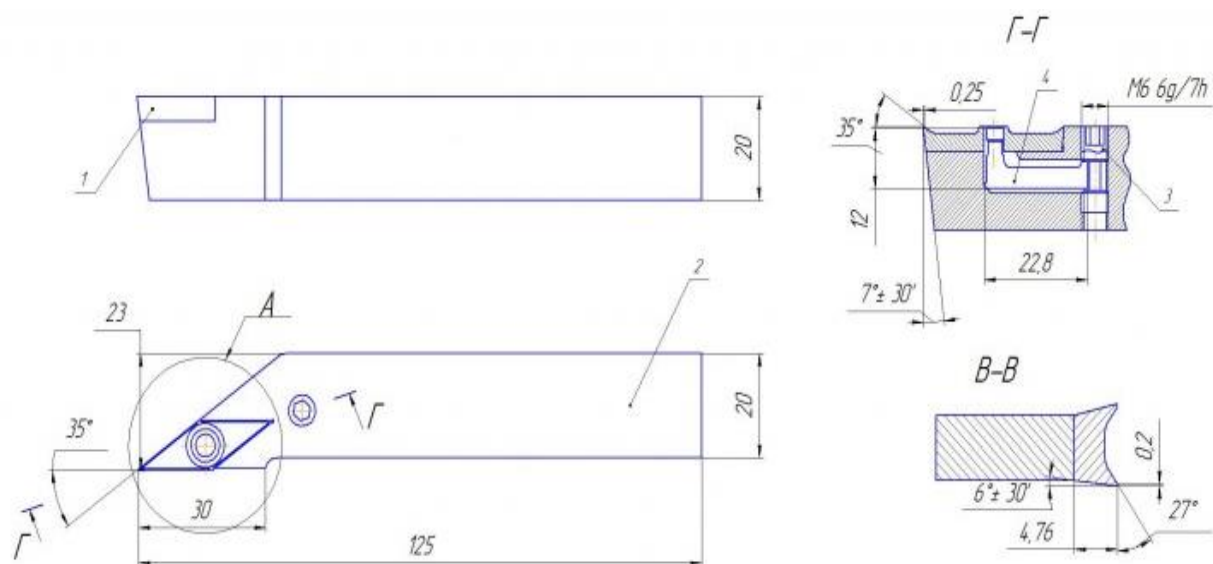


Рисунок 4 – Конструкция торцеподрезного реза

Материал державки – сталь 50 ГОСТ 1050-88; режущая часть – пластина твердого сплава Т5К10. Крепление пластины 1 осуществляется по схеме

«плоскость и угол» с помощью клинового зажима 4, посредством усилия создаваемого винтом 3, рисунок 4.

«Геометрические параметры пластины это форма передней поверхности – плоская без фаски, главный угол в плане $\varphi=95^\circ$, задний угол $\alpha=6^\circ$, передний угол $\gamma=0^\circ$, угол наклона режущей кромки $\lambda=0^\circ$ » [17].

Учитывая переменный характер обработки резцом двух разных торцев 8 и 11 детали, выполним расчет сечения державки резца. При этом принимаем во внимание, что для расчета необходимо выполнить расчет по максимальным усилиям возникающим при обработке детали. Так как деталь симметрична определяем в качестве расчетных параметры обработки торца 11 по максимальному значению диаметра обработки, и соответственно максимальному значению осевой силы резания P_z .

«Рассчитаем момент, изгибающий державку резца

$$W_{из} = P_z \cdot l^3, \quad (28)$$

где, P_z – осевая сила резания, Н. В нашем случае согласно данным раздела 2 составляет 1813 Н;

l – вылет резца $l=40$ мм;

$W_{из}$ – момент сопротивления державки резца, Нм» [21].

Для обеспечения работоспособности резца и выполнения требований по точности обработки торцев детали державка резца должна обеспечивать необходимую устойчивость в пространстве, и требуемую жесткость при обработке, чтобы не допускать отклонения формы и геометрии, торцового биения обработанных торцев 11 детали. Следовательно, должно выполняться требование согласно условия (29).

$$W_{из} \leq [W_{из}] = [\sigma_{из}] \cdot W, \quad (29)$$

где, $[\sigma_{из}]$ – допускаемое напряжение изгиба, для державки резца прямоугольного сечения $W = BH^2/6$, Н;

B – ширина державки резца, мм;

H – высота державки резца, мм.

Решив совместно выражения (28) и (29) получим выражение для расчета ширины державки резца.

$$B = \sqrt[3]{\frac{6P_z l}{2,25[\sigma_{из}]}} \quad (30)$$

Выполним расчеты приняв $H=1,5B$, получим значение ширины державки резца.

$$B = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 1813 \cdot 40}{2,25 \cdot 160}} = 10,7 \text{ мм}$$

Принимаем $B=12$ мм, тогда $H=1,5 \cdot 12=18$ мм. Согласуем эти значения решив относительно исходных данных выражения (29) и (30), и получаем итоговые геометрические параметры державки $B=12$ мм, $H=20$ мм, $L=140$ мм.

Далее выполним проверочный расчет выполнения условия обеспечения требуемой жесткости державки резца. Максимальная величина нагрузки, допускаемая жесткостью резца определяется выражением устойчивости на изгибные упругие деформации державки резца согласно (31).

$$[P_z] = \frac{3fEB(H)^3}{6l^3}; \quad (31)$$

где f – допускаемая величина прогиба, мм;

E – модуль упругости материала, Нм;

l – вылет резца $l=40$ мм;

Подставив полученные ранее результаты расчетов, и исходные данные с размерами державки резца.

$$[P_z] = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1,6 \cdot 10^{-8}}{0,040^3} = 15000 \text{Н.}$$

Согласно требованиям указанным в начале раздела для проверки условия обеспечения требуемой жесткости резца должно выполняться условие соответствия расчетной максимальной величины нагрузки $[P_z]$ исходному значению силы резания $P_z = 1813 \text{ Н}$. В нашем случае это условие выполняется $P_z < [P_z]$. Следовательно спроектированный резец рассчитан правильно.

«Спроектированный резец обладает оптимальной геометрией для заданного качества обработки и максимальной износостойкости, то есть цель его проектирования можно считать достигнутой. Конструкция зубодолбежного резца представлена в графической части работы и в приложении Б» [17].

В ходе выполнения данного раздела «разработаны технические мероприятия, направленные на совершенствование базовой технологии изготовления детали. Для этого сначала были выявлены технически несовершенные операции. С целью устранения выявленных недостатков спроектирован приспособления для установки заготовок на агрегатной операции и сверло ступенчатое для обработки уступочных баз детали, то есть цель его проектирования можно считать достигнутой» [17].

4 Безопасность и экологичность технического объекта

«Раздел посвящен анализу безопасности и экологичности технологического процесса изготовления барабана вертикально-фрезерного станка с ЧПУ» [6].

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 7 содержит характеристики выбранных операций.

Таблица 7 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс»	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
технологический процесс изготовления вал шестерни редуктора	токарная операция	оператор станков с числовым программным управлением	станок ЧПУ, трехручьевый самоцентрирующий патрон, резец проходной отогнутый правый ГОСТ 18868-73	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость
	зубострогальная операция	зуборезчик	специальное зажимное приспособление, резец зубострогальный для прямозубых конических колес	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость» [6]
изготовление опоры вертикально-фрезерного станка с ЧПУ	фрезерная	оператор станков с ЧПУ	фрезерный центр, фреза Т15К10 ГОСТ 19045-80 приспособление УСП ГОСТ 69078-89	чугун серый СЧ 18

«Определив состав оборудования, технологического оснащения и содержания технологических операций выполним анализ составленного паспорта технологического объекта на предмет идентификации профессиональных рисков» [6].

4.2 Идентификация профессиональных рисков

«В таблицу 8 сведены данные о появляющихся при исполнении операций технологического процесса воспроизведения профессиональных рисках» [6].

Таблица 8 - Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция» [6]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [6]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [6]
токарная, зубообработка фрезерная	«химическое отравление, шум, вибрации, поражение электрическим током, неправильная эксплуатация оборудования, загрязнение» [6]	«смазывающе-охлаждающая жидкость, оборудование» [6]
	«стереотипные рабочие движения, применение поврежденного инструмента, нарушение организации рабочего места, искрообразование» [6]	«заготовка, инструмент, станок, технологическое оснащение» [6]

«Анализ профессиональных рисков выявил источник возникновения опасных и вредных факторов технологического процесса изготовления барабана фрезерного станка» [6].

4.3 Методы и технические средства снижения рисков

«В данном подразделе содержится информация о методах и средствах подавления влияния опасных производственных факторов, на характер выполнения операций технологического процесса изготовления детали» [6].

«Методы и средства приведены в таблице 9. В состав мероприятий по снижению рисков входят организационно-технические мероприятия и установка технических средств устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов» [6].

Таблица 9 - Организационно-технические методы и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

«Опасный и вредный производственный фактор» [6]	«Организационные методы, технические средства» [6]	«Средства защиты» [6]
вибрации	«инструктажи по охране труда, устройства и приспособления, гасящие вибрации» [6]	«ботинки с амортизирующими подошвами, вибропоглощающие перчатки» [6]
«акустические колебания в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [6]	«инструктажи по охране труда, приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума до предельно допустимых значений» [6]	«противошумные вкладыши или наушники» [6]
«поражение электрическим током» [6]	«инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, системы аварийного отключения» [6]	«резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием, спецодежда» [6]
«применение поврежденного инструмента» [6]	«инструктажи по охране труда соблюдение периодических перерывов» [6]	-
искрообразование	«инструктажи по охране труда, заземление оборудования, изоляция токоведущих частей, системы аварийного отключения» [6]	«резиновые напольные покрытия, перчатки с полимерным покрытием, спецодежда» [6]

«В данном подразделе на основе анализа опасных и вредных производственных факторов приведены организационно-технические методы

и технические средства устранения или снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов» [6].

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

«Цель данного подраздела – обезопасить объекты производства от угрозы возникновения пожаров. Приведенные ниже таблицы 10-12 содержат информацию об источниках пожарной безопасности и предназначенных для устранения угрозы пожара средствах» [6].

Таблица 10 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	«Опасные факторы при пожаре» [6]	«Сопутствующие факторы при пожаре» [6]
производственный участок	токарный центр, фрезерный центр	Д	«неисправность электрооборудования, возгорание промасленной ветоши, искры и пламя» [6]	«изменение местоположения напряжения на токопроводящие элементы оборудования» [6]

«На основе анализа опасных факторов пожара было предложено применять средства защиты и пожаротушения на участке, где будет реализован выпуск барабана фрезерного станка» [6].

Таблица 11 - Средства защиты и пожаротушения

«Первичные средства пожаротушения» [6]	«Мобильные средства пожаротушения» [6]	«Стационарные установки системы пожаротушения» [6]	«Оборудование» [6]	«Инструмент» [6]	«Средства индивидуальной защиты» [6]	«Пожарные сигнализация, связь, оповещение» [6]
«огнетушители, ящики с песком, ведра» [6]	«передвижные огнетушители» [6]	«система пожаротушения автоматическая» [6]	рукава, гидранты	ведра, лопаты	«спецодежда, пожарный щит» [6]	«автоматические оповещатели» [6]

«В комплекс средств защиты также входят специальные мероприятия и инструктаж с персонала, задействованном на производстве» [6].

Таблица 12 - Средства по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	«Наименование видов реализуемых организационных мероприятий» [6]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности» [6]
«технологический процесс изготовления опоры вертикально-фрезерного станка с ЧПУ» [6]	«разработка и реализация приказов и распоряжений в части организации проведения работы по обеспечению пожарной безопасности объекта, а также разработку инструкций о мерах пожарной безопасности и действиях при возникновении пожара; обучение работников объекта мерам пожарной безопасности; применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [6]	«пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения» [6]

«В данном подразделе на основе анализа спроектированного технологического процесса определены виды реализуемых организационных мероприятий и предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности. Мероприятия включают пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения» [6].

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

«Для определения структуры факторов влияния на экологичность и безопасность технологического процесса изготовления барабана вертикально-фрезерного станка с ЧПУ выполним анализ структурных элементов и факторы

их опасного воздействия на окружающую среду. Результаты анализа приведены в таблицах 13 и 14» [6].

Таблица 13 - Определение экологически опасных факторов объекта

«Технологический процесс» [6]	«Структурные элементы техпроцесса» [6]	«Опасное воздействие на атмосферу» [6]	«Опасное воздействие на гидросферу» [6]	«Опасное воздействие на литосферу» [6]
«технологический процесс изготовления вал шестерни» [6]	«фрезерный центр, токарный центр» [6]	«стружка, пыль, токсические испарения» [6]	«стружка, пыль, технические жидкости, растворы» [6]	«стружка, пыль, технические жидкости, растворы, ветошь» [6]

«Далее определим характер воздействия факторов на персонал участка. Разработаем мероприятия для снижения антропогенного из воздействия на предприятии. Рекомендации приведены в таблице 14» [6].

Таблица 14 - Разработанные мероприятия для снижения антропогенного негативного воздействия

воздействие	Технологический процесс изготовления опоры вертикально-фрезерного станка с ЧПУ
на атмосферу	Фильтрационные системы для системы вентиляции участка
на гидросферу	Локальная многоступенчатая очистка сточных вод
на литосферу	Разделение, сортировка, утилизация на полигонах отходов

«В данном разделе определены основные производственные риски, носящие определяющий характер на исполнение технологического процесса изготовления барабана вертикально-фрезерного станка с ЧПУ» [6].

«Выполнены анализ опасных факторов и выбраны методы и средства для снижения их негативного влияния персонал. Далее был выполнен анализ используемых структурных элементов, перечислены угрозы, источники возможного очага возгорания на участке» [6].

«Таким образом, можно сделать заключение, что поставленные в разделе работы цели – достигнуты» [6].

5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – «рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений» [12].

«При написании бакалаврской работы было предложено изменить:

- оборудование операции 005, 010;
- режимы резания на операциях 005, 010» [12].

«Предложенные в работе изменения содержания технологических операций, применяемое оборудование и технологическое оснащение привели к сокращению трудоемкости выполнения операций, что с технологической точки зрения определяет эффективность данного изменения» [12].

Все необходимые технические параметры, такие как: «основное и штучное время, модель оборудования, наименование инструмента и оснастки, применяемые на операциях 030 – 060, были взяты из предыдущих разделов бакалаврской работы. Для сбора информации по остальным параметрам, необходимым для расчета: мощность и занимаемая площадь оборудования, цены оснастки и инструмента, часовые тарифные ставки, тарифы по энергоносителям и многое другое, использовались разные источники: паспорт станка, данные предприятия по тарифам на энергоносители, сайты с ценами на оборудование, оснастку и инструмент, и другие источники» [12].

С помощью программного обеспечения Microsoft Excel были рассчитаны «капитальные вложения по сравниваемым вариантам, технологическая себестоимость изменяющихся по вариантам операций, калькуляция себестоимости обработки детали по вариантам технологического процесса, приведенные затраты и выбор оптимального варианта, показатели экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии)» [12, с. 15–23].

Далее представлены основные результаты проведенных расчетов. На

рисунке 5, показаны величины, из которых складываются капитальные вложения, которые составят 3114267,5 рублей.

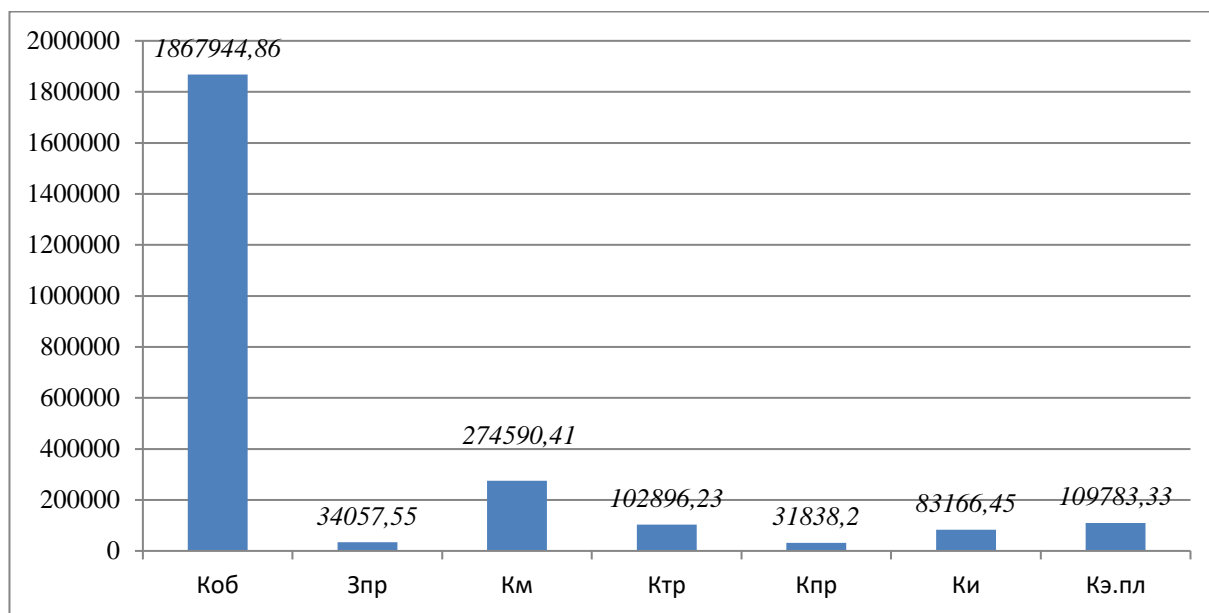


Рисунок 5 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

Анализируя, представленные на рисунке 5, данных, можно сделать вывод о том, что «самыми капиталоемкими затратами являются затраты с основное технологическое оборудование (K_{OB})» [12], величина которых составляет 72,85 %, Все остальные затраты находятся в объеме менее 13 % от общей величины капитальных вложений.

На рисунке 6 представлены параметры, из которых складывается технологическая себестоимость детали, по двум сравниваемым вариантам технологического процесса.

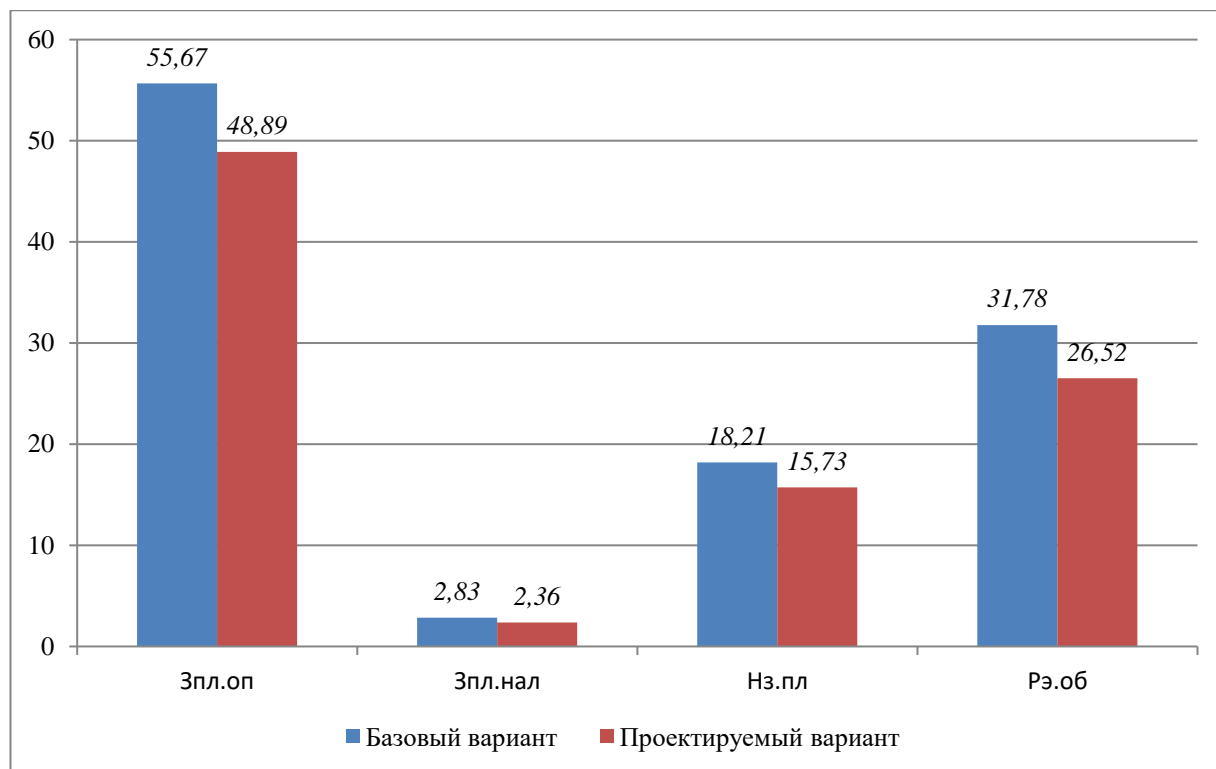


Рисунок 6 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «вал шестерня», по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 6, «значение величины основных материалов за вычетом отходов не использовалось для определения вышеуказанного параметра, так как в процессе совершенствования технологического процесса, способ получения заготовки не менялся, поэтому эта величина остается без изменения, а при определении разницы в себестоимости между вариантами она не окажет влияния» [12].

Анализируя диаграмму на рисунке 6, видно, что «две величины имеют максимальные доли в общей величине технологической себестоимости. Первая это заработная плата оператора ($Z_{пл.оп}$), необходимая на оплату труда рабочих операторов, занятых на перечисленных выше операциях» [12]. «Доля зарплаты составляет 42,35 % для базового варианта и 41,53 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости» [12]. «Вторая величина калькулирует расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 40,46 % для базового варианта и 42,47 %

для проектируемого варианта, от всего значения технологической себестоимости» [12].

«Данные параметры позволили сформировать значение полной себестоимости. Результаты калькуляции себестоимости обработки детали по операциям всего технологического процесса, представлены на рисунке 7» [12].

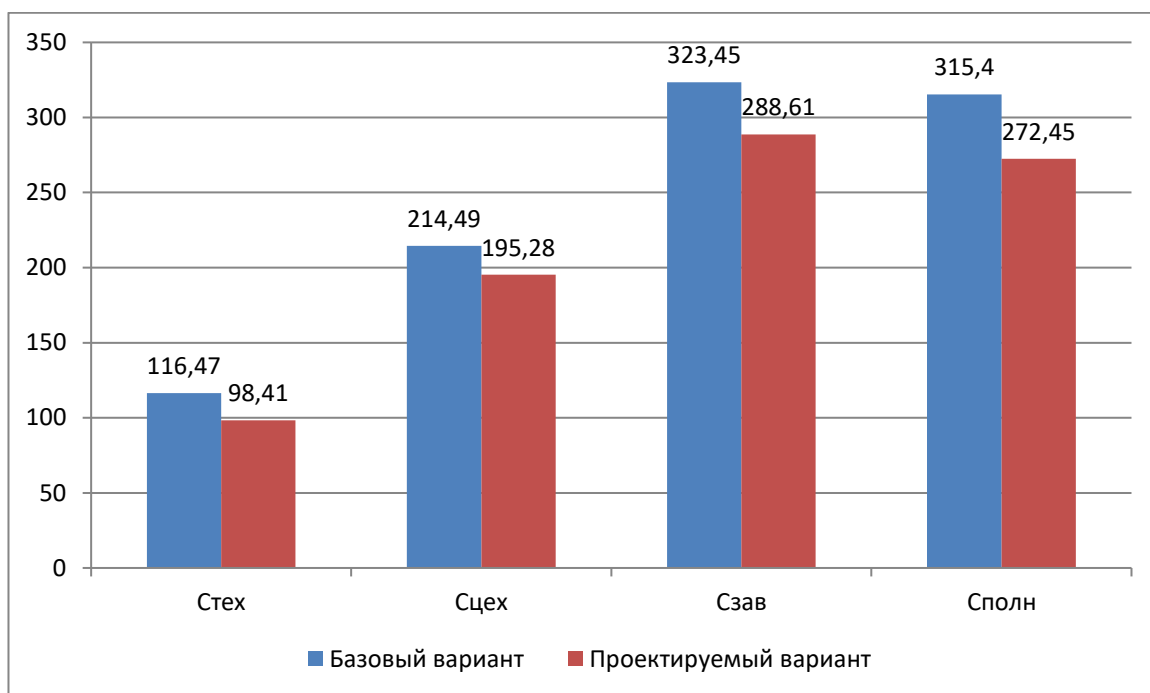


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

«Согласно рисунку 7, значение полной себестоимости ($C_{\text{полн}}$) для базового варианта составило 345,4 рубля, а для проектируемого варианта – 292,45 рубля. Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 1974277,7 рублей, окупятся в течение 3-х лет» [12]. Такой срок является «максимально допустимым для совершенствования технологического процесса. Проанализируем такой экономический параметр как интегральный экономический эффект или чистый дисконтируемый доход» [12]. «Величина данного показателя составляет 192843,50 рубля, что доказывает эффективность предложенных мероприятий. Значит, на каждый вложенный рубль будет получен доход 1,36 рублей» [12].

Заключение

Для достижения поставленной цели в работе применяются различные методы и подходы. В частности, проводится анализ существующих конструкций станочного оборудования, изучаются технологические процессы изготовления деталей станков, а также проводится исследование технических характеристик станков с ЧПУ. На основе полученных данных разрабатываются рекомендации по оптимизации производственной подготовки предприятия путем разработки рационального варианта технологии. В рамках решаемых задач выполнена разработка конструкций станочного оснащения, учитывающих требования качества и точности обработки деталей. Применение оснастки данной конструкции позволит обеспечить эффективное использование станков с ЧПУ, чтобы повысить производительность и снизить издержки производства.

Кроме того, в рамках работы исследуется влияние современных технологий на производственные процессы. Так, внедрение новых материалов и инструментов позволяет улучшить качество и скорость обработки детали.

В первом разделе выполнен анализ производства детали, сделана постановка задач, анализ функционального назначения и стратегии реализации технологического маршрута. Во втором разделе производился анализ технологических процессов, проектирование маршрута и обзор вариантов изготовления детали. В третьем разделе предлагались мероприятия для достижения результата с использованием оптимального инструмента. В конструкторской части работы разрабатывалось приспособление для лимитирующей операции и определялись режимы обработки. В четвертом разделе производилась оценка технологии с точки зрения безопасности, экологичности и предложения по устранению вредных факторов. В пятом разделе осуществлялась оценка экономических факторов разработанной технологии. Таким образом, можно судить о решении задач поставленных в работе в полном объеме.

Список используемых источников

1. Безъязычный В.Ф. Технология машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, С.В. Сафонов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148334> (дата обращения: 15.04.2024).
2. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 220 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166346> (дата обращения: 18.04.2024).
3. Болтон У. Карманный справочник инженера-метролога / У Болтон. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 380 с.
4. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2018. – 203 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 15.04.2024).
5. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М. : ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.
6. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 10.05.2024).
7. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
8. Звонцов И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения : учебное пособие / И.Ф. Звонцов,

К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. – Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. – 179 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75160> (дата обращения: 16.04.2024).

9. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 19.05.2024).

10. Каталог продукции «Инвест-станок». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.investstanok.ru> (дата обращения: 05.04.2024).

11. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142335> (дата обращения: 16.04.2024).

12. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 12.05.2024).

13. Крупенников О.Г. Высокие технологии в машиностроении : учебно-методическое пособие / О Г. Крупенников. – Ульяновск : УлГТУ, 2019. – 81 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/165090> (дата обращения: 18.04.2024).

14. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 19.04.2024).

15. Меринов В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4-е изд., перераб. и доп. - гриф МО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 263 с.

16. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. –216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 19.04.2024).

17. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А. Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. –256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 23.05.2024).

18. Расторгуев Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 13.05.2024).

19. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ Я.М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2007. – 272 с.

20. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. – 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : НИИТавтопром, 1995. – 456 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/60989> (дата обращения: 07.05.2024).

21. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 910 с.

22. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение-1, 2003. – 941 с.

23. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 1 / А.И. Астахов [и

др.]. – Москва. : Машиностроение, 1984. – 591 с.

24. Схиртладзе А.Г. Проектирование режущих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов, В.К. Перевозников. – Пермь : ПНИПУ, 2006. – 208 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160688> (дата обращения: 26.05.2024).

25. Химический состав и физико-механические свойства стали 40Х [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X (дата обращения: 06.05.2024).

26. Шишкин В.П. Основы проектирования станочных приспособлений: теория и задачи : учебное пособие / В.П. Шишкин, В.В. Закураев, А.Е. Беляев. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. – 288 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75715> (дата обращения: 23.05.2024).

Приложение А

Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

										Гост 3.1118-82				Форма 1																					
Дробл.																																			
Взам.																																			
Повл.																																			
													2	1																					
Разраб.	Зерновой						ТГУ			Кафедра ОТМП			Редуктор																						
Продв.	Лебашкин																																		
Н. контр.	Технологический процесс изготовления вал-шестерни													КП																					
		Код		ФВ		МЛ		ФН		Н. раск.		КИМ		Код эгрот		Профиль и размеры		КЛ		МЭ															
		--		166		15,4		1		0,76		Штамповка		φ14 х306		1		20,37																	
		Цех		Уч		РМ		Опер.		Код наименования операции				Обозначение документа																					
										Код наименования обработки				СМ		Проф.		Р		УТ		КР		КОИД		ФН		ОП		Кшт		Тпа		Тшт.	
А 01		XX XX XX		005		4 269		Фрезерно-центральная				ИОТ XXX																							
Б 02		381825. XXXX		MP-71M																															
03																																			
А 04		XX XX XX		010		4 114, 4 103		Токарная программная				ИОТ XXX																							
Б 05		381148. XXXX		16A20Ф3																															
06																																			
А 07		XX XX XX		015		4 114, 4 103		Токарная программная				ИОТ XXX																							
Б 08		381148. XXXX		16A20Ф3																															
09																																			
А 10		XX XX XX		020		4 153		Зубофрезерная				ИОТ XXX																							
Б 11		381572 XXXX		53A20																															
12																																			
А 13		XX XX XX		025		4 153		Шлицефрезерный				ИОТ XXX																							
Б 14		381572. XXXX		5350																															
МК																																			

