

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 опоры приводного вала

Обучающийся

Е. Ф. Охотниченко

(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 приводного вала вертикально-фрезерного станка.

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 51 страниц пояснительной записки, приложений и графическую часть в количестве 7 листов формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Определение задач работы на базе анализа исходных данных.....	6
1.1 Анализ функционального назначения детали и условий эксплуатации .	6
1.2 Анализ технологических показателей детали.....	7
1.3 Анализ типа производства	10
1.4 Задачи работы.....	12
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.....	24
2.4 Проектирование операций технологического процесса	25
3 Разработка специальной технологической оснастки	29
3.1 Разработка токарного патрона	29
3.2 Разработка ступенчатого сверла.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта	37
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	37
4.3 Методы и технические средства снижения рисков	38
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	40
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	41
5 Экономическая эффективность работы	43
Заключение	47
Список используемых источников.....	48
Приложение А Технологическая документация.....	52
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	55

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.

Обычные инструменты моделирования и моделирования производственных процессов (размерные цепочки) предполагают, что дефекты формы и ориентации поверхности незначительны по сравнению с размерными дефектами получаемыми на станках. Однако, эти соотношения также позволяют моделировать производственный процесс чтобы проверить, погрешности и дефекты механической обработки позволяют производить детали, соответствующие техническим требованиям конструктора.

Для этого при проектировании технологических операций назначаемые технологом при взаимодействии с конструктором значения допусков на обработку детали предполагают применение разного инструмента, что и приводит к генерации производственных дефектов при использовании в производственных условиях, разных методов обеспечения точности

обработки деталей, контроля и измерения характеристики обрабатываемого конечного изделия.

Чтобы гарантировать удовлетворение 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. Технические требования установлены техническими характеристиками и соответствуют задачам выполняемым шпиндельным узлом станка. 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 позволят 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 $Ra=6,3$ мкм, с выполнением требования по биению $0,3$ 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 (кавалитет 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 серый чугун марки СЧ-15 ГОСТ 1412-85, в качестве материала-заменителя предлагается

серый чугун марки СЧ-18 ГОСТ 1412-85.

Химический состав и механические свойства материала приведены в таблицах 1 и 2 соответственно по источнику [25].

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор
содержание %	3,5-3,7	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
190	155	15	5	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.

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

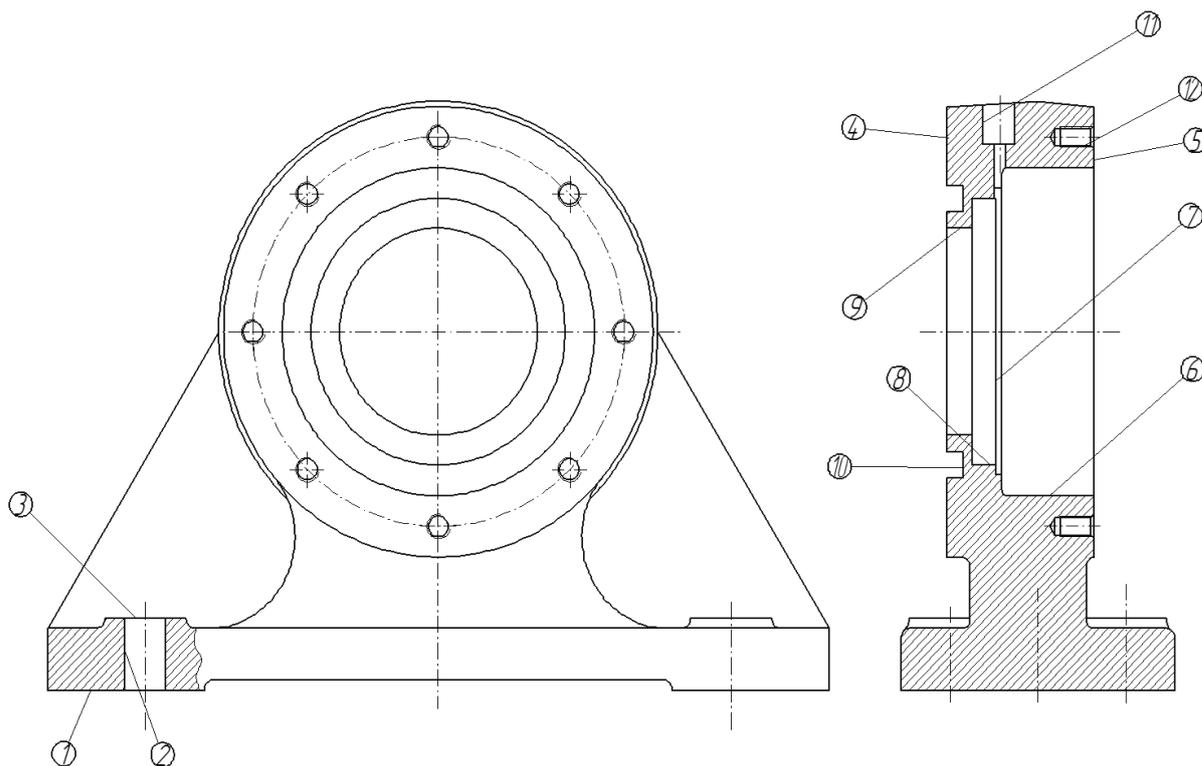


Рисунок 1 – Эскиз опоры шпиндельного узла

«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 1,45 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

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°С под окружающим воздухом на поверхности стали образуется слой duplexного 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 °С. При 550 °С 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:

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

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;

$k_{П}$ – коэффициент объема производства;

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

q – масса детали, кг» [4].

Масса заготовки ориентировочно может быть определена по формуле:

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

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 литьем в кокиль равна.

$$Q = 1,46 \cdot 1,2 = 1,8 \text{ кг.}$$

Масса заготовки получаемой литьем в земляные формы равна.

$$Q = 1,68 \cdot 1,2 = 2,2 \text{ кг.}$$

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 литьем в кокиль равна.

$$S_{ЗАГ} = (66,11 \cdot 1,8 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (1,8 - 1,2) =$$

$$= 88,09 \text{ р.}$$

Стоимость заготовки получаемой литьем в земляные формы равна.

$$S_{\text{ЗАГ}} = (78,3 \cdot 2,2 \cdot 1,0 \cdot 0,84 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 0,8) - 1,82 \cdot (2,0 - 1,2) = \\ = 127,75 \text{ р.}$$

Таким образом, расчеты показали, что заготовка полученная методом литья в металлические формы (кокиль) 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 в металлические формы (кокиль)» [8].

Проектирование заготовки, получаемой литьем в металлические формы, выполняем по рекомендациям [7]. Благодаря очень хорошим механическим свойствам до температур, приближающихся к 700°C , обеспечивается поликристаллическая микроструктура материала детали. Традиционным способом формования заготовок корпусных деталей является так называемый метод «литье в кокиль».

В результате получается полуфабрикат, называемый заготовкой, который затем поочередно формуется 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

Вид поверхности, ее протяженность, мм	Наименование перехода	Квалитет	Шероховатость
плоскость 400x140	фрезерование черновое, фрезерование чистовое	14	Ra 10
отверстие Ø21	сверление	14	Ra 10
плоская Ø42	цекование	14	Ra 10
плоская Ø200	фрезерование черновое, фрезерование чистовое	14	Ra 6,3
цилиндрическая внутренняя Ø160, Ø130	расточивание черновое, растачивание чистовое, растачивание тонкое	7	Ra 2,5
цилиндрическая внутренняя Ø140, Ø101	расточивание черновое	14	Ra 20
цилиндрическая внутренняя Ø143	расточивание черновое, растачивание чистовое	8	Ra 2,5
цилиндрическая внутренняя Ø16	сверление, рассверливание	11	Ra 10
резьба М12	сверление, зенкерование нарезка резьбы метчиком	7	Ra 6,3

«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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«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:

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

«Средний диаметр определяется по формуле:

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

«Выполняем расчеты.

$$d_{4min} = 32,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 32,018 \text{ мм.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

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

«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

№ поверхности	Параметры размера заготовки		Номинальный размер, мм
	Суммарным припуск на обработку, мм	Расчетный размер заготовки, мм	
1	0,9	400,9x140,9	400x140
2	0,9	Ø21,9	Ø21
3	0,9	Ø42,9	Ø42
4,5	0,9	Ø200,9	Ø200
6, 8	0,9	Ø160,9, Ø130,9	Ø160, Ø130
7,9	0,9	Ø140,9, Ø101,9	Ø140, Ø101
10	0,9	Ø143,9	Ø143
11	0,9	Ø16,9	Ø16
12	—	—	резьба М12

«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 литевых 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 шестерни

№ поверхности	Технологические переходы и их выходные параметры	Квалитет	Шероховатость	Вид поверхности
1	фрезерование черновое, IT 12, Ra 12,5 мкм фрезерование чистовое IT 10, Ra 10 мкм	14	Ra 10	плоскость 400x140
2	сверление IT 10, Ra 10 мкм	14	Ra 10	отверстие Ø21
3	цекование IT 10, Ra 10 мкм	14	Ra 10	плоская Ø42
4,5	фрезерование черновое, IT 12, Ra 12,5 мкм фрезерование чистовое IT 9, Ra 6,3 мкм	14	Ra 6,3	плоская Ø200
6, 8	расточивание черновое, IT 12, Ra 12,5 мкм расточивание чистовое, IT 10, Ra 6,3 мкм расточивание тонкое IT 9, Ra 2,5 мкм	7	Ra 2,5	цилиндрическая внутренняя Ø160, Ø130
7,9	расточивание черновое IT 12, Ra 12,5 мкм	14	Ra 20	цилиндрическая внутренняя Ø140, Ø101
10	расточивание черновое, IT 12, Ra 12,5 мкм расточивание чистовое IT 9, Ra 2,5 мкм	8	Ra 2,5	цилиндрическая внутренняя Ø143
11	сверление, IT 12, Ra 12,5 мкм Расверливание IT 10, Ra 10 мкм	11	Ra 10	цилиндрическая внутренняя Ø16
12	сверление, IT 12, Ra 12,5 мкм зенкерование IT 10, Ra 10 мкм нарезка резьбы метчиком IT 9, Ra 6,3 мкм	7	Ra 6,3	резьба M12

«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 DMTC модели TD500A» [2]. При этом, аналитическое определение зоны допуска классифицируется двумя категориями: цилиндрические и плоские. Положение и ориентация зоны допуска являются характеризуется 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 ВК8 (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 геометрия 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:

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

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]:

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

где l_1 – длина врезания, мм.;

$l_{рез}$ – длина резания, мм.;

l_2 – длина перебега, мм» [20].

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

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

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

Операция	Переход	Глубина, мм	Скорость, м/мин	Подача, мм/об	Частота, об/мин	Основное время, мин
005	1	2	94,2	0,5	1250	0,022
	2	3	98,1	0,5	315	0,57
	3	1,5	98,1	0,5	315	0,57
010	1	3	98,1	0,5	315	0,337
	2	3	98,1	0,5	315	0,337
	3	0,5	124,6	0,5	400	0,175
	4	3	98,9	0,5	630	0,048
015	1	8	31,7	0,23	630	0,64
	2	1	12,6	0,7	200	0,07
020	1	0,2	160,8	0,42	800	0,268

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 токарного патрона

«Лимитирующей операцией с точки зрения обеспечения точности изготовления поверхностей является операция 050 «Агрегатная». Недостатком данной операции является сложность применения стандартного приспособления, например, универсально-сборного типа, ввиду сложности его настройки, и трудоемкости наладки. В условиях среднесерийного производства согласно требованиям на обрабатываемых центрах необходимо применять приспособление, обеспечивающие автоматизацию зажима и установки детали в рабочей зоне станка, рисунок 2. Для выполнения данного требования спроектируем автоматизированное технологическое приспособление для данной операции» [9], [26].

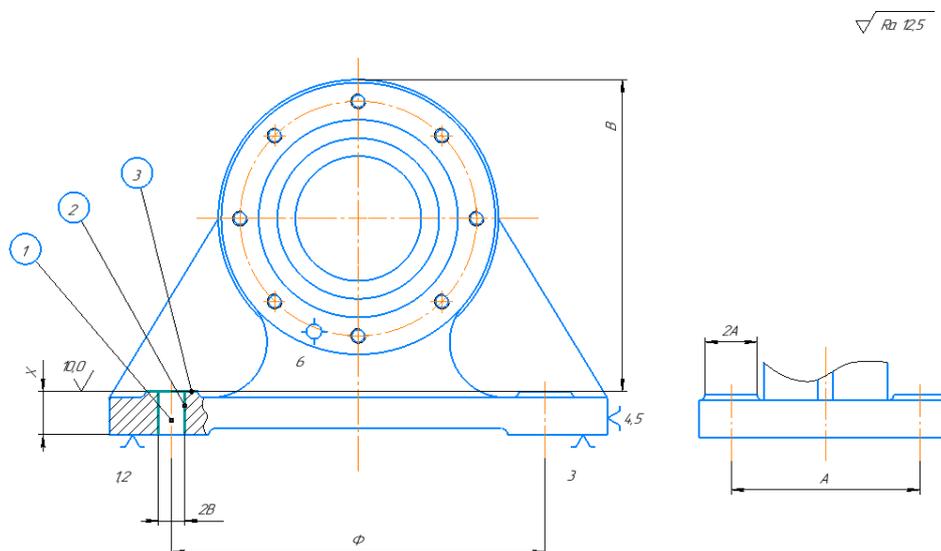


Рисунок 2 – Операционный эскиз агрегатной операции

«Схема закрепления детали реализуется посредством установки детали на опорной плоскости приспособления (база 3, рисунок 2), и двух базирующих пальцев, цилиндрического (базы 4,5) и ромбического (база 6). Применение

такой схемы позволяет реализовать принцип постоянства единства технологических и конструкторских баз, что позволит выполнить обработку детали на данной операции без погрешности приспособления» [9].

«Определим усилия зажима действующие на деталь при обработке. На деталь действует сила резания P_2 , равная 320 Н и прижимная сила P_1 , равная 960 Н, с учетом коэффициента запаса 2,5. Расчет проводим для чернового растачивания» [25]. Силу зажима находим по формуле:

$$\langle W = \frac{k \cdot P_2 - P_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2} \quad (19)$$

где, k – коэффициент запаса, $k=2,5$ » [9];

P_1 - усилие прижима, Н;

P_2 - усилие резания, Н;

« f_1 – коэффициент трения с деталью; $f_1 = 0,7$ » [26];

« f_2 – коэффициент трения с основанием, $f_2 = 0,16$ » [26].

$$W = \frac{2,5 \cdot 320 - 960 \cdot 0,16}{0,7 + 0,16} = 752 \text{ Н.}$$

«Усилие прижима создается приводом приспособления, и посредством рычагов преобразуется кинематически в усилие зажима» [25]. Усилие зажима привода приспособления определим по формуле:

$$\langle Q = \frac{(L_1 + L_2) \cdot W}{2L_2 \cdot n}, \quad (20)$$

где η – коэффициент потерь на трение;

n - усилие прижима, Н; $= 0,9$;

L_1 – плечо усилия прижима, мм;

L_2 – плечо усилия развиваемое приводом, мм » [26].

$$Q = \frac{(55 + 45) \cdot 752}{2 \cdot 45 \cdot 0,9} = 928 \text{ Н.}$$

Согласно рекомендациям [26] «выбираем стандартный гидроцилиндр

одностороннего действия по ГОСТ 30362.1-96. Схема установки гидроцилиндра посредством двух установочных пальцев. Определяем номинальный диаметр установочного пальца определяем по формуле:

$$d = c \cdot \sqrt{\frac{q}{[\sigma]}}, \quad (21)$$

где c – коэффициент, для метрической резьбы принимается $c = 1,4$ » [5];

« $[\sigma]$ – усилие развиваемое гидроцилиндром, равное 49 мПа» [26].

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{928}{49}} = 6 \text{ мм.}$$

«Конструктивно принимаем размер цилиндрического установочного пальца $\varnothing 10$. Определяются размеры, влияющие на точность размеров и допусков положения обрабатываемой заготовки на данной операции.

Диаметр базировочной части цилиндрического пальца принимается равным $\varnothing 21$ мм, допуск $g6$. Диаметр ромбического пальца принимается равным $\varnothing 21$ мм, допуск $g6$. Допуск параллельности плоскостей основания приспособления принимается равным 0,05 мм на длине 100 мм» [25].

«Допускаемая погрешность ω для данного приспособления равна минимальному припуску на чистовую обработку, то есть $160 \pm 0,04$ мм» [9].

При обработке на фрезерном станке с ЧПУ, необходимо, чтобы выполнялось условие точности:

$$\langle T_3 \geq \omega = \frac{1}{K_C} \sqrt{\omega_{B3}^2 + \omega_{П}^2 + \omega_{ВП}^2 + \omega_{НП}^2 + \omega_B^2 + \omega_{ПТ}^2} \quad (22)$$

где T_3 - допуск на размер, равен 0,08 мм;

K_C - коэффициент статическую погрешности, равен 0,8 [26];

ω_{B3} - погрешность установки заготовки, поскольку технологическая база совпадает с измерительной, то погрешность равна нулю» [26];

$\omega_{П}$ - погрешность устройства, мм;

$\omega_{ВП}$ - погрешность установки приспособления;

ω_{ni} - погрешность установки инструмента, равно $\omega_{ni} = 0,03$ мм, поскольку после каждой смены инструмента станок автоматически определяет вылет инструмента;

ω_e - биение шпинделя станка, равно $\omega_e = 0,02$ мм [9];

ω_{nm} - погрешность начальной точки станка $\omega_{nm} = 0,03$ мм.

Для расчета допустимой погрешности ω проектируемого приспособления необходимо рассчитать значение погрешности установки:

$$\omega_{ВП} = \frac{S_{МАХ} - T_{ЗНОСУ}}{2}, \quad (23)$$

где $S_{МАХ}$ - максимальный зазор между цилиндрическим пальцем устройства и отверстием стола, мм;

$T_{ЗНОСУ}$ - допуск на износ сопряжения цилиндрический палец - отверстие стола станка, мм.

«Поскольку сопряжение цилиндрический палец - отверстие стола станка выполнены по переходной посадке $F7/p6$, величина допуска равна $T_{ЗНОСУ} = 0,02$ мм. Величина зазора $S_{МАХ}$ определяется согласно:

$$S_{МАХ} = ES_{ОТВ} - EI_{ПАЛ} = 0,041 - 0,022 = 0,019 \text{ мм}, \quad (24)$$

где $ES_{ОТВ}$ - верхнее отклонение диаметра отверстия, мм;

$EI_{ПАЛ}$ - нижнее отклонение диаметра пальца, мм» [24].

$$S_{МАХ} = 0,041 - 0,022 = 0,019 \text{ мм}.$$

Выполним необходимые расчеты, подставим полученные значения в выражение (22):

$$0,08 \geq \frac{1}{0,8} \sqrt{0 + 0,016^2 + 0,0195^2 + 0,03^2 + 0,02^2 + 0,03^2} = 0,066 \text{ мм}.$$

«Условие точности выполняется, поэтому делаем вывод, что спроектированное приспособление обеспечивает требуемую точность обработки детали» [25].

«Деталь устанавливается по плоскости 11 и цилиндрической поверхности пальца 14 и по ромбовидной поверхности пальца 9. Деталь прижимается цилиндром 1 с помощью механизма 4, винта 9 и упора 2 с осевым усилием, которое развивает гидроцилиндр 1 приспособления, как показано на рисунке 3» [26].

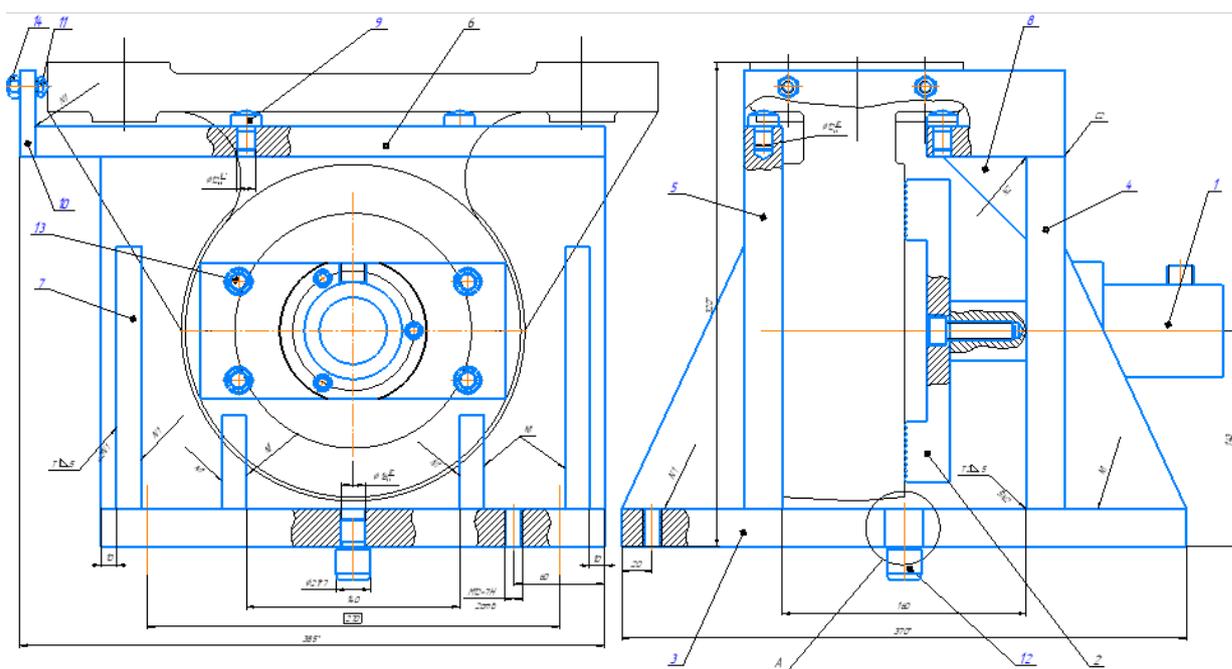


Рисунок 3 - Схема станочного приспособления

«Конструкция приспособления устанавливается на столе станка посредством упоров 12 и 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 ступенчатого сверла

«Выполним проектирование инструмента для обработки его базирующих отверстий $\varnothing 21$ расположенных в его основании с использованием методики и справочных данных» [9, 17].

«Режущий инструмент представляет собой комбинацию из двух типоразмеров сверла $\varnothing 21$ и калибрующей части $\varnothing 42$ » [9]. «Режущая часть изготовлена из быстрорежущей стали Р6М5, хвостовик инструмента - из стали 40Х» [9]. На рисунке 4 изображена геометрия режущей части инструмента.

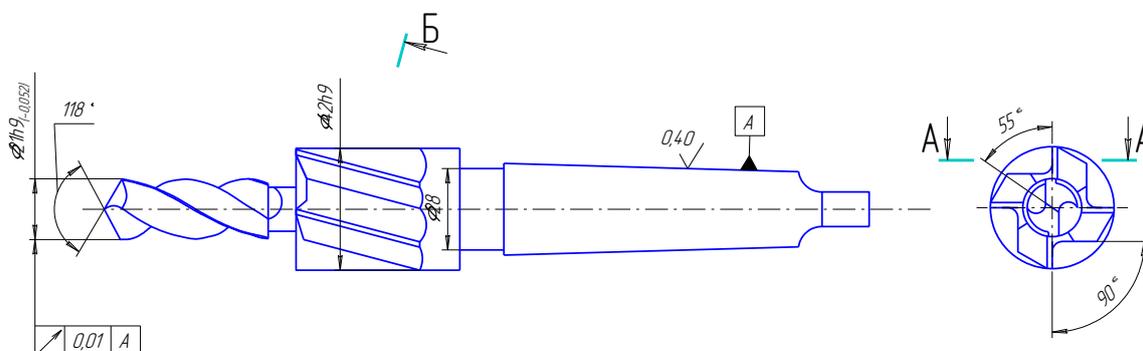


Рисунок 4 – Геометрия сверла ступенчатого

Диаметр сверла принимаем «равным диаметру обрабатываемого отверстия с учетом допуска» [9]. Из ГОСТ12509-85 принимается для сверла $D = 21$ мм. Диаметр калибрующей части принимается равным $D = 42$ мм по ГОСТ885-82 [24].

Диаметр сверла $D = 21$ мм. «Угол наклона винтовой канавки $W = 30^\circ$. Задний угол $\gamma = 12^\circ$. Передний угол $\alpha = 30^\circ$. Длина рабочей части сверла $l_o = 55$ мм. Длина рабочей части цековки $l = 55$ мм. Длина хвостовика $l_1 = 124$ мм. Общая длина инструмента $L = 260$ мм» [17], [24].

Кинематический угол наклона α_k , «определяется из выражения:

$$\operatorname{tg} \alpha_k = \operatorname{tg} \alpha_0 \cdot \cos \theta_f, \quad (25)$$

где α_k – кинематический угол наклона стружечной канавки, град;

α_0 – теоретический угол наклона стружечной канавки, град;

θ_f – угол наклона наружной стружечной канавки к внутреннему радиусу сверла, град» [17].

$$\operatorname{tg} \alpha_k = \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \cos 6^\circ = 0,3235.$$

Выполнив расчеты получаем значение угла $\alpha_k = 19^\circ 54' 16''$.

«Аналогично производим расчеты переднего угла α_1 для первой ступени сверла:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_0 \cdot \cos \theta_f}{\cos \gamma}. \quad (26)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\operatorname{tg} 20^\circ \cdot \cos 6^\circ}{\cos 12^\circ} = 0,3293.$$

Выполнив расчеты получаем значение угла $\alpha_1 = 20^\circ 21' 58''$.

Угол наклона стружечной канавки $\alpha_{0\phi}$ второй ступени рассчитываем по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha_{0\phi} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_k}{\cos \theta_f}. \quad (30)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{0\phi} = \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 6^\circ} = 0,3264.$$

Выполнив расчеты получаем значение угла $\alpha_{0\phi} = 20^\circ 2' 48''$.

Далее определим разницу углов $\Delta\alpha$ используя выражение:

$$\Delta\alpha = \alpha_{0\phi} - \alpha_0 \quad [17] \quad (31)$$

$$\Delta\alpha = 20^\circ 2' 48'' - 20^\circ = 2' 48''.$$

«Расчеты показали, что разница в углах не значительна» [17], поэтому «принимая углы стружечных канавок двух секций ступенчатого сверла равными $\alpha_0 = \alpha_1 = \alpha_k = 20^\circ$ » [20].

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 спроектировано приспособление для установки заготовок на агрегатной операции и сверло ступенчатое для обработки уступочных баз детали, то есть цель его проектирования можно считать достигнутой» [17].

Конструкции спроектированного приспособления и инструмента представлены в графической части работы.

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» [6]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [6]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [6]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [6]	«Материалы вещества» [6]
изготовление опоры вертикально-фрезерного станка с ЧПУ	фрезерная	оператор станков с ЧПУ	фрезерный центр MillStar 660, фреза T15K10 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]
Фрезерная	«химическое отравление, шум, вибрации, поражение электрическим током, неправильная эксплуатация оборудования, загрязнение» [6]	«смазывающе-охлаждающая жидкость, оборудование» [6]
агрегатная		
агрегатная	«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. Структура мероприятий по снижению рисков лимитирующей операций фрезерная и агрегатная позволяет на следующем этапе определить содержание организационно-технических методов и технические средства устранения или

снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов на производстве» [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 характеризующие 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].

«Идентификация классов оборудования позволяет определить типы возникающих неисправностей оборудования, и определить сопутствующие факторы, возникающие при пожаре» [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	фрезерный центр MillStar 660, фрезерный центр DMG Mori	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 опоры вертикально-фрезерного станка с ЧПУ» [6]	«фрезерный центр MillStar 660, фрезерный центр DMG Mori» [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 сверлильной операции 030;
- оборудование агрегатной операции 050;
- оборудование на фрезерных операциях 020, 060;
- режимы резания агрегатной 050 и сверлильной 030 операциях» [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 3314277,0 рублей.

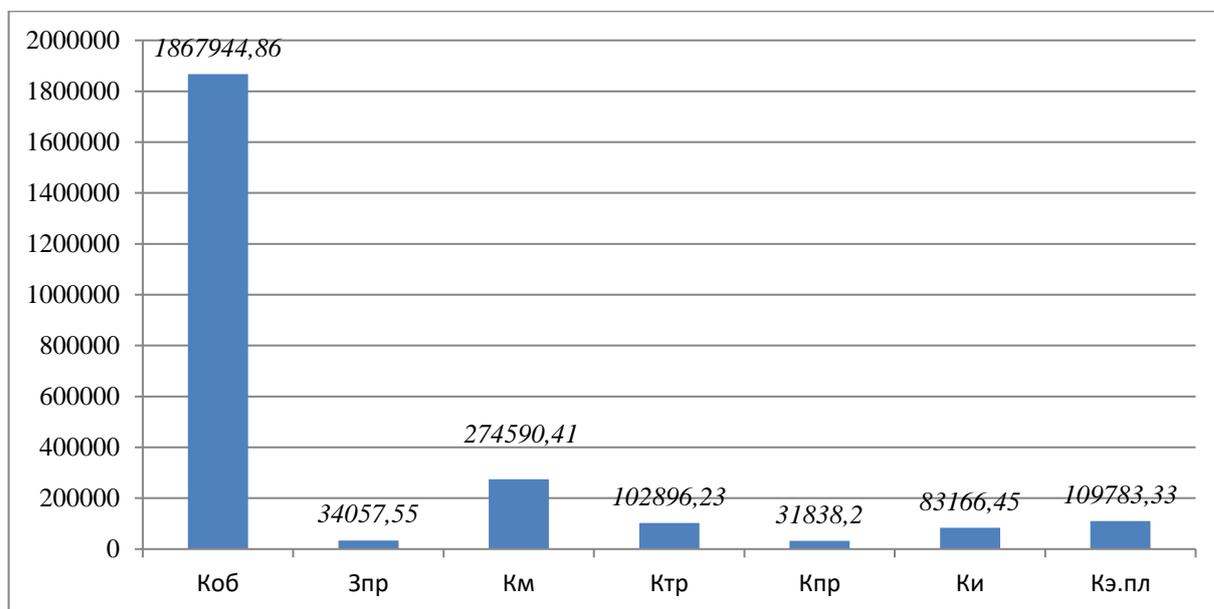


Рисунок 5 – Величина затрат, входящих в капитальные вложения, предложенного проекта, руб.

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.

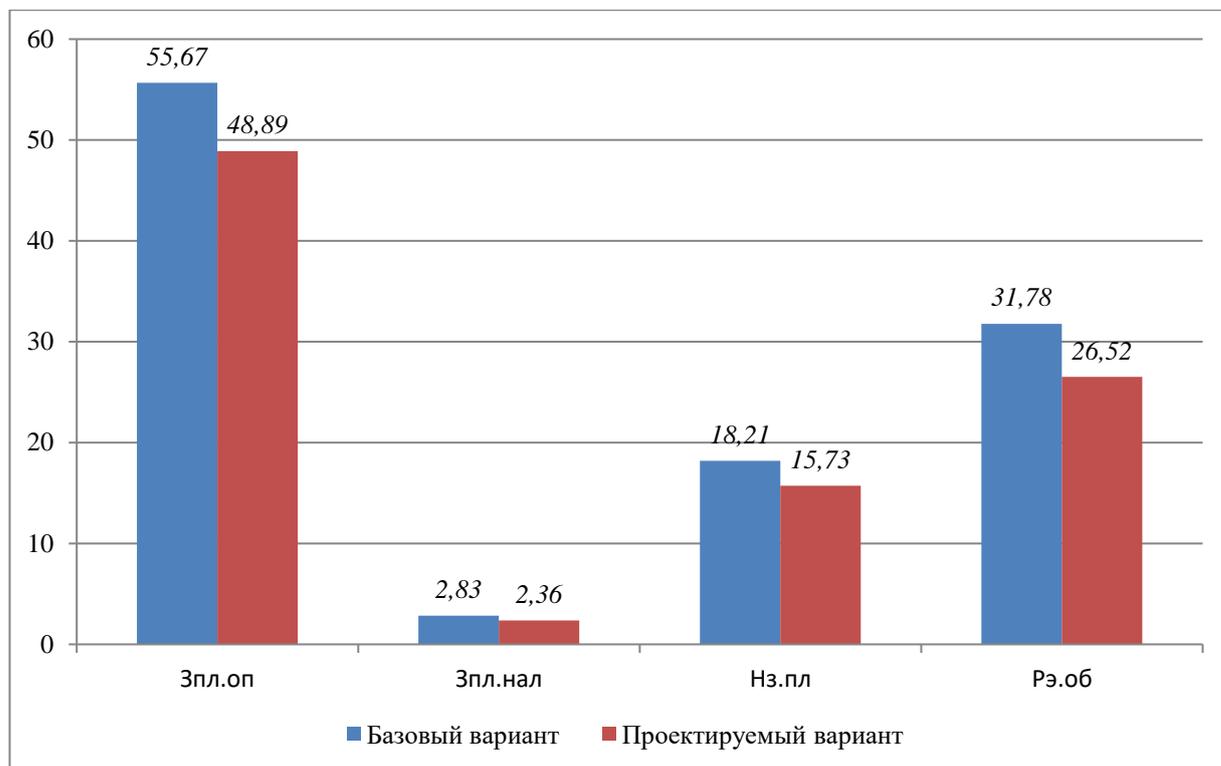


Рисунок 6 – Слагаемые технологической себестоимости изготовления детали «Опора», по вариантам, руб.

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 ($З_{пл.оп}$), необходимая на оплату труда рабочих операторов, занятых на перечисленных выше операциях» [12]. «Доля зарплаты составляет 41,25 % для базового варианта и 40,59 % для проектируемого варианта, в размере технологической себестоимости» [12]. «Вторая величина калькулирует расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, с объемом величины 41,86 % для базового варианта и 45,87 %

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].

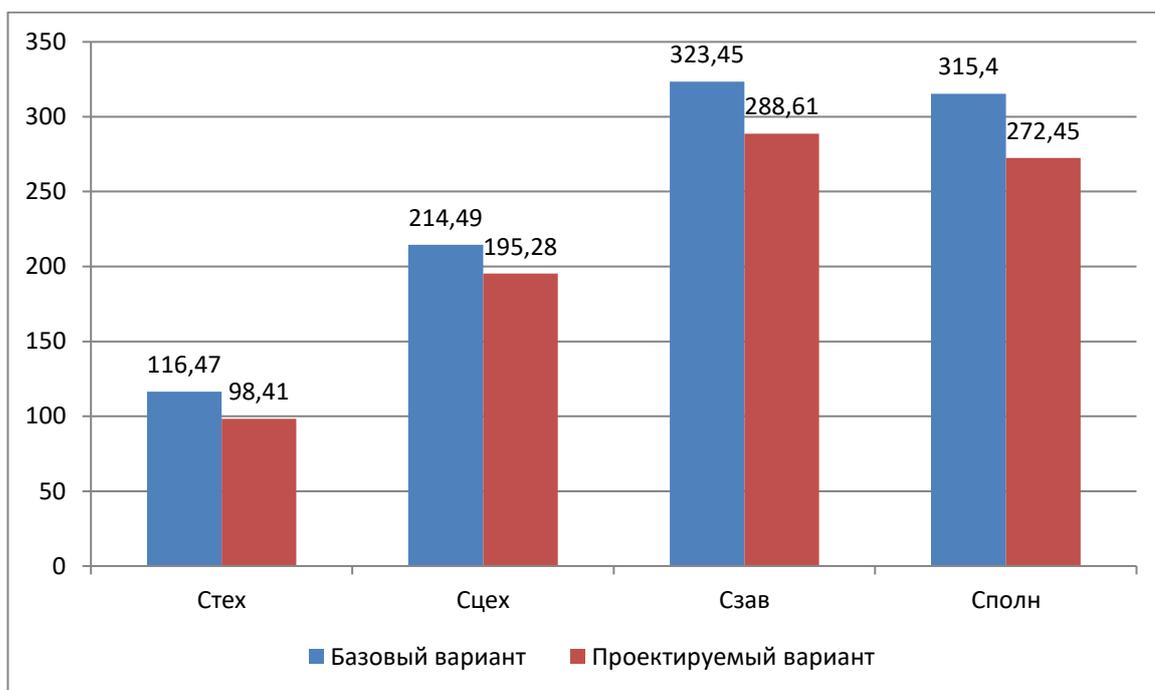


Рисунок 7 – Калькуляция себестоимости, по вариантам технологического процесса, руб.

«Согласно рисунку 7, значение полной себестоимости ($C_{\text{полн}}$) для базового варианта составило 345,4 рубля, а для проектируемого варианта – 242,55 рубля. Дальнейшие расчеты показали, что капитальные вложения, в размере 1574277,5 рублей, окупятся в течение 4-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 172843,90 рубля, что доказывает эффективность предложенных мероприятий. Значит, на каждый вложенный рубль будет получен доход 1,26 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 40X [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

Ду. бл.																																		
Взам.																																		
Лист																																		
Разработчик <i>Охотниченко</i>												ТГУ, кафедра ОТМП																						
Проверил <i>Левашкин</i>																																		
Утв.												Технологический процесс изготовления опоры																						
Наименование																																		
МД 1 <i>СЧ-18</i>																																		
МД 2												Кав		ЗВ	МД	ЕН	Насос	КИМ	Кав изготовления		Порядок и размеры		КД	МЗ										
												12		166	1550кз	1	0533	0.95	24		278 x 175.5 x 123		1	1540кз										
А												Цех	Уч	РМ	Опер		Кав наименования операции						Обозначения документа											
Б												Кав наименования оборудования						СМ	прор	Р	УТ	КР	КДИД	ЕН	ОП	Кит	Тпаз	Тшт						
А 03												XX	XX	XX	000		Заготовительная																	
Б 04																																		
05																																		
А 06												XX	XX	XX	005		4101		Фрезерная		18217		22	1Р	1	1	1	200	1	05				
Б 07												Обработка центр MillStar SV660																						
Т 08												396171 Приспособление специальное																						
009												Фрезеровать поверхности 3, 6 в размеры 37 0.31, 32 0.26																						
Т 10												391802 Фреза торцовая ВК6 ГОСТ 100 89-71																						
011												Фрезеровать поверхности 3, 6 в размеры 36.5 0.195, 315 0.165																						
Т 12												398110 Фреза цилиндрическая Т15К6 24А4ОС16К5 ГОСТ 18118-79																						
Т 13												Фрезеровать поверхности 2, 5 в размеры 35.5 0.125, 30.5 0.105																						
014												391802 Фреза торцовая ВК6 ГОСТ 12489-71																						
Т 15												Фрезеровать поверхности 2, 5 в размеры 35 0.065, 30 0.08																						
016												398110 Фреза торцовая Т15К6 Ø 80 24А4ОС16К5 ГОСТ 18118-79																						
МК																																		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цел	Эк	РП	Двер	Наименование операции			Обозначения документа										
					Код	наименование оборудования	СП	ПРОФ	Р	ЭТ	КР	КОМД	СН	ОП	Конт	Тол	Тол	
117					398110	Фреза торцовая Т15К6	∅90	24А40С16К5	ГОСТ 18118-79									
10																		
419	XX	XX	XX	010	4262	Агрегатная		18632	22	1Р	1	1	1	200	1		05	
020						Специальный фрезерный станок DMG												
121					396171	Приспособление специальное												
022						Фрезеровать поверхности 9, 10 и 11, 12 в размеры 21 0,3, 25 0,3												
123					391802	Фреза канцевая ВК6 ГОСТ 17025-71.		фреза дисковая ВК6					ГОСТ 1474-73					
						Расточить отверстие 1	∅60	^{+0,02}										
					392110	Резец расточной Р9К5 ГОСТ 18882-73.												
020						Фрезеровать поверхности 13 шириной 5 ^{+0,1} на глубину 50												
127					391802	Фреза дисковая ВК6		ГОСТ 3964-69										
020						Сверлить отверстия 7, 8	выйти 11	для размер										
129					391210	Сверла спиральные Р6М5		ГОСТ 16113-77										
10																		
421	XX	XX	XX	015	4101	Агрегатная		18217	22	1Р	1	1	1	200	1		05	
022						Обрабатывающий центр MillStar SV660												
131					396171	Приспособление специальное												
024						Расточить отверстие 15	∅60	^{+0,02}										
025					392110	Резец расточной Р9К5 ГОСТ 18882-73.												
10					396171	Приспособление специальное												
427						Расточить отверстие 12 в размер	∅25	0,065										
020						Точить торец 22 в размер 25 ^{+0,02}												
129					392110	Резец расточной Р9К5 ГОСТ 18882-73.												
МК																		

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цел.	Уч.	РН	Опер.	Назв. наименование операции			Обозначение документа												
					Код, наименование операции	СП	ПРОФ	Р	УТ	КР	КОМЛ	СН	ОП	КШП	ТООЗ	ТШП				
040					Рассточить отверстие 14	36 ^{+0,02}	выдерживая размер 25													
Т41					391210 Резец расточной Р6М5		ГОСТ 10903-77													
42																				
443					XX XX XX	020	4122 Сверлильная	17335	22	1Р	1	1	1	200	1					05
044							Обрабатывающий центр MillStar SV660													
Т45					396171 Приспособление специальное															
046					Сверлить отверстие 14	12 ^{+0,02}	выдерживая угол 45													
Т47					391210 Сверла спиральные Р6М5		ГОСТ 103 13-77													
48					Зенкеровать отверстие 4 в размер		∅ 25,7 0,026													
449					391610 Зенкер Р6М5		ГОСТ 5.7 1489-71													
050					Развернуть отверстие 4 в размер		∅ 26 ^{+0,021}													
Т51					391720 Развертка Р6М5К5		ГОСТ 1672-80													
052					Нарезать резьбу М6 в отверстии 4 напраход															
Т53					391720 Метчик Р6М5К5		ГОСТ 1672-80													
54																				
455																				
056																				
Т57																				
058																				
Т59																				
Т60																				
061																				
Т62																				
МК																				

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Технологическая документация

Формат Зона Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
		<u>Документация</u>		
A1		<u>Приспособление</u>		
		<u>Детали</u>		
	1	Плита	1	
	2	Корпус	1	
	3	Призма	2	
	4	Направляющая	1	
	5	Зажим	1	
	6	Винт	1	
	7	Упор	1	
	8	Опора	3	
	9	Винт	1	
	10	Эталон	1	
	11	Цифровой индикатор	1	
		<u>Стандартные изделия</u>		
	13	Болт М12 х 125-6д х 60.58.35Х.16 ГОСТ 7808-70		
	14	Винт М10-6д х 14.58.35Х.01 ГОСТ 11644-80	1	
	15	Винт М10-6д х 65.58.35Х.01 ГОСТ 11738-78	4	
	16	Гайка М10-6Н.12.40Х.16 ГОСТ 5915-70	3	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Охотниченко		210501
Проб.		Левашкин		
Н.контр.				
Утв.				
Приспособление			Лит.	Лист
				1
				2

Копировал

Формат А4

