

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)

Проектирование технологических процессов
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления нажимного диска фрикционной муфты

Обучающийся	<u>Р.Р. Салимзянов</u> (Инициалы Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.А. Козлов</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
Консультанты	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярдова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>
	<u>к.т.н., доцент А.Н. Москалюк</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2022

Аннотация

Выпускная квалификационная работа посвящена рассмотрению вопросов, направленных на решение задач проектирования технологического процесса изготовления нажимного диска фрикционной муфты.

Работа состоит из 66 страниц пояснительной записки и 7 листов формата А1 графической части.

Цель работы заключается в проектировании технологического процесса изготовления, который позволит при минимальных экономических затратах обеспечить выпуск заданного количества деталей при условии обеспечения требуемого качества их изготовления. Достижение данной цели обеспечивается путем реализации следующих мероприятий.

Производится анализ имеющихся исходных данных, таких как, назначение и условия эксплуатации детали, технологичность детали, характеристики типа производства. В результате проведения данного анализа формулируются задачи работы, решение которых позволяет достигнуть поставленной цели. Разрабатывается технология изготовления детали. Для этого проводятся следующие мероприятия. Производится выбор и проектирование заготовки на основе экономического сравнения различных методов получения. Разрабатывается план изготовления детали с учетом характеристик типа производства. Выбираются средства технологического оснащения на основе достижений техники и технологии. Рассчитываются операции технологического процесса исходя из требуемой точности определения режимов резания и применяемых средств технологического оснащения техпроцесса. Решаются задачи совершенствования полученного техпроцесса путем проектирования соответствующих средств технологического оснащения для операций, имеющих неудовлетворительные технические показатели. Выполняется анализ безопасности выполнения спроектированной технологии и определяются показатели ее экономической эффективности.

Содержание

Введение	4
1.1 Назначение и условия эксплуатации детали	5
1.2 Технологичность детали	6
1.3 Характеристики типа производства	9
1.4 Основные задачи работы.....	11
2 Разработка технологии изготовления	13
2.1 Выбор и проектирование заготовки	13
2.2 Разработка плана изготовления детали	22
2.3 Выбор средств технологического оснащения.....	24
2.4 Расчет операций технологического процесса	26
3 Расчет и проектирование специальных средств оснащения.....	31
3.1 Расчет и проектирование клино-плунжерной оправки	31
3.2 Расчет и проектирование шлифовального круга	37
4 Безопасность и экологичность технического объекта	40
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта	40
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	40
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	42
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	45
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта	46
5 Экономическая эффективность работы	48
Заключение	52
Список используемых источников.....	53
Приложение А Технологическая документация	57
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	65

Введение

В приводах машин и механизмов разнообразного назначения для обеспечения плавного включения, и выключения кинематических цепей широко используются фрикционные муфты. Кроме основного назначения данные муфты также обеспечивают выполнение функции предохранения от перегрузок, так как при возникновении нагрузок превышающих расчетные происходит проскальзывание фрикционных элементов относительно друг друга и кинематическая цепь разрывается без повреждения исполнительных механизмов машины. По конструкции фрикционные муфты бывают дисковые, конусные и цилиндрические в зависимости от формы контактных поверхностей. Наибольшее распространение в промышленных машинах и механизмах получили конусные муфты, что объясняется простотой их конструкции, большими величинами передаваемого крутящего момента и высокой надежностью. Основным элементом муфты такой конструкции является нажимной диск, который обеспечивает выполнение основных функций муфты. В связи с этим к данному диску предъявляются определенные требования по точности выполнения размеров и качеству поверхностного слоя. Данные требования необходимо выполнить в процессе изготовления данной детали, так как они обеспечивают непосредственно работоспособность всей муфты. Немаловажным фактором в процессе изготовления является обеспечение минимальных затрат на изготовление, что объясняется высокой конкуренцией в данной области машиностроения. Также следует учитывать и особенности типа производства.

Сформулируем цель данной выпускной квалификационной работы на основе вышеизложенного. Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в проектировании такого технологического процесса изготовления, который позволит при минимальных экономических затратах обеспечить выпуск в установленные сроки заданного количества деталей при условии обеспечения требуемого качества их изготовления.

1 Результаты анализа исходных данных

1.1 Назначение и условия эксплуатации детали

Основным функциональным назначением нажимного диска фрикционной муфты является плавное включение и выключение передачи крутящего момента между валами привода и исполнительного механизма. Кроме основного назначения нажимной диск обеспечивает выполнение функции предохранения от перегрузок, так как при возникновении нагрузок превышающих расчетные происходит проскальзывание рабочих поверхностей нажимного и ведомого дисков относительно друг друга, что предохраняет исполнительный механизм от поломки. Нажимной диск входит в конструкцию фрикционной муфты и устанавливается на ступицу муфты по внутреннему отверстию и внутреннему торцу. Манжета, вставляемая во внутреннее отверстие, обеспечивает герметичность внутренних поверхностей нажимного диска. Диск соединяется с механизмом его перемещения с одной стороны и крышкой с другой. Передача крутящего момента осуществляется конической поверхностью нажимного диска.

Эксплуатационные нагрузки, оказывающие влияние на деталь, зависят от множества разнообразных факторов. В первую очередь это величина передаваемого крутящего момента, так как момент передается силой трения возникающей на рабочей поверхности, которая и будет подвергаться наибольшему износу. Немаловажным фактором является и характер внешних нагрузок, который зависит от служебного назначения машины или механизма, в составе которого работает муфта. В ряде случаев возможно возникновение дополнительных ударных и вибрационных нагрузок, что приведет к ускоренному износу, как рабочей поверхности нажимного диска, так и посадочных поверхностей.

Негативное влияние также оказывает рабочая среда, что обусловлено использованием в ходе эксплуатации машин и механизмов различных

химически активных жидкостей в основном для системы смазки оборудования и охлаждения. В процессе эксплуатации неизбежно попадание данных жидкостей на поверхности муфты. В дальнейшем эти вещества могут попасть на поверхности нажимного диска, что приведет к их ускоренному износу. Еще одним фактором, оказывающим влияние на работоспособность детали и всего механизма, является наличие в производстве стружки и других механических частиц. Их попадание на поверхности нажимного диска приводит к повреждению данных поверхностей, а в случае попадания на рабочую коническую поверхность может привести к быстрому выходу из строя всего узла и возникновению аварийных ситуаций. Другим важным фактором является температурный режим работы нажимного диска. Это объясняется физическими принципами передачи крутящего момента трением. При повышении температуры, как окружающей среды, так и диска вследствие проскальзывания от перегрузок, резко возрастет износ рабочей поверхности, а в некоторых случаях может произойти ее разрушение. Из этого следует, что деталь является ответственной и строгое выполнение всех требований конструкторского чертежа в данном случае является обязательным требованием при проектировании технологии изготовления.

1.2 Технологичность детали

Технологичность детали оценивается исходя из свойств материала детали и ее конструктивных особенностей [7].

Нажимной диск изготавливается из стали 45 ГОСТ 1050–88, которая имеет следующий химический состав: «углерод 0,42–0,5%, кремний 0,17–0,37%, марганец 0,5–0,8%, хром до 0,25%, сера до 0,04%, фосфор до 0,035%, медь до 0,25%» [27]. «Механические характеристики из стали 45 ГОСТ 1050–88: предел текучести 245 МПа, предел прочности 450 МПа, относительное удлинение 19%, относительное сужение 42%, твердость по шкале Бринелля от 143 до 179 единиц» [27].

Приведенный химический состав и физико-механические свойства стали позволяют сделать следующие выводы.

Заготовку для получения детали можно получить методами пластического деформирования. Данные методы не являются дешевыми, но при этом позволяют минимизировать припуски на обработку и приблизить форму заготовки к готовой детали, что позволяет обеспечить минимальные напуски.

Коэффициенты обрабатываемости твердосплавным и быстрорежущим инструментами составят 1,0 и 1,0 соответственно. Данные значения являются хорошим показателем для стали и указывают на возможность обеспечения высокой производительности механической обработки.

Термическая обработка стали включает закалку и отпуск, что обеспечивает твердость поверхности до 30 единиц по шкале Роквелла. Это обеспечивает хорошие эксплуатационные свойства детали при работе на трение. Технология закалки и отпуска для данной стали не требуют создания каких-либо специальных условий, что существенно удешевляет данные технологические процессы.

Как видно из проведенного анализа свойств материала детали, он обладает хорошими показателями технологичности.

Технологичность конструкции детали определяется формой поверхностей, которыми она сформирована и их служебным назначением, от которого зависит их точность и характеристики поверхностного слоя. Контур детали сформирован поверхностями простой формы, получение которых возможно стандартными методами обработки.

С целью выяснения служебного назначения поверхностей классифицируем их по назначению с использованием методики [9]. Эскиз нажимного диска представлен на рисунке 1.

«Классификация поверхностей: основные конструкторские базы 18, 21; вспомогательные конструкторские базы 1, 7, 19, 22, 28; исполнительные поверхности 8; свободные поверхности все оставшиеся» [9].

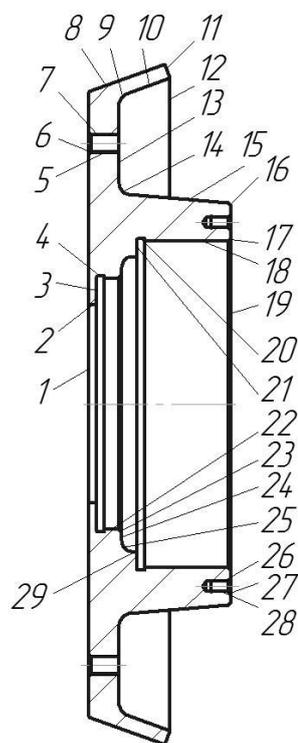


Рисунок 1 – Нажимной диск

Приведенные данные по конструкции детали позволяют сделать следующие выводы.

В конструкции детали имеется большое количество точных, ответственных поверхностей, что требует применения большого объема механической обработки и точных методов обработки для их получения. При этом технология изготовления может быть построена на базе типовых технологических процессов, что не потребует применения специальных средств технологического оснащения. Также это позволит применить для базирования заготовок стандартные схемы базирования и обеспечить соблюдение основных принципов базирования, снизив тем самым погрешность обработки. Реализация схем базирования не вызовет затруднений, так как деталь имеет большое количество удобных с этой точки зрения как наружных так и внутренних поверхностей.

Из проведенного анализа конструктивных особенностей детали следует признать ее технологичной.

1.3 Характеристики типа производства

Определение характеристик производства основано на знании его типа. Решение данной задачи возможно путем применения двух подходов. Первый заключается в определении типа производства по значению коэффициента закрепления операций. Второй заключается в определении типа производства по значению годовой программы выпуска и массы детали. Первый подход позволяет точно определить тип производства, но при этом требует знания всей номенклатуры производства и состава производственного оборудования. Исходя из имеющихся исходных данных, этот подход в нашем случае не применим. Поэтому для определения типа производства воспользуемся вторым подходом. Следует заметить, что данный подход имеет достаточную точность для стадии проектирования, однако требует проверки при внедрении спроектированной технологии в производство.

Масса детали определяется при помощи ее моделирования, результаты которого представлены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Твёрдотельная модель нажимного диска

Далее при помощи прикладной программы определяем, что масса данной детали составляет 7,56 кг. Заданием годовая программа выпуска определена в размере 4000 штук в год. Исходя из этих данных, тип производства определяется как среднесерийный [10].

По известному типу производства определяем его характеристики с использованием данных [10]. Форма организации техпроцесса групповая, выпуск деталей осуществляется периодически повторяющимися партиями. Изготовление деталей производится на настроенном, на заданные размеры оборудовании. Технологический процесс разрабатывается на основе типовых путем их анализа и внесения в них соответствующих изменений. Базирование заготовок осуществляется на основе типовых схем базирования с соблюдением принципов единства и постоянства баз.

Способ получения заготовки выбирается исходя из марки материала, требуемой производительности и точности выполнения размеров. Припуски при проектировании размеров определяются в зависимости от требуемой точности получения размера. Для точных размеров рекомендуется определять припуски на основе расчетных методов по переходам, что повышает точность их определения и снижает количество брака на финальных операциях обработки. Для менее точных поверхностей применяется статистический метод, точность которого приемлема в данном случае. Технология оформляется в виде комплекта из маршрутной карты, а также операционных карт с картами эскизов для ответственных операций.

Технологические операции проектируются исходя из технологических возможностей применяемого оборудования. Предпочтительным является обеспечение интенсивной концентрации переходов. Настройка оборудования на операционные размеры обеспечивается различными методами в зависимости от требуемой точности получения размеров. Режимы резания на операциях технологического процесса выполняются при помощи расчетно-аналитического метода или с применением статистического метода. Нормирование операций производится с применением расчетного метода по эмпирическим формулам.

Средства технологического оснащения должны отвечать ряду требований. Станочное оборудование должно обеспечивать требуемую производительность и возможность быстрой переналадки.

Предпочтительным является применение станков с системами программного управления и оборудованных адаптивными системами управления. Станочные приспособления должны обеспечивать реализацию принятых схем базирования, требуемую точность обработки и производительность. Предпочтительным является применение универсальных, универсально-сборных и универсально наладочных приспособлений. Режущий инструмент желательно использовать стандартный и универсальный. Применение специализированного и специального инструмента допускается только в обоснованных случаях. Средства контроля предпочтительно использовать универсальные и стандартные. При этом желательно получение контролируемых параметров в числовом виде. Допустимо применение контрольно-измерительных машин для контроля особо точных, сложнопрофильных и ответственных поверхностей.

1.4 Основные задачи работы

Результаты анализа исходных данных и цели работы, сформулированной во введении, позволяют сформулировать задачи работы.

Во-первых, необходимо произвести выбор и проектирование заготовки на основе экономического сравнения наиболее приемлемых методов получения. При этом следует учесть результаты анализа технологичности материала детали и характеристики типа производства.

Далее необходимо разработать план изготовления детали с учетом характеристик и требований типа производства на основе анализа типовых технологических процессов.

Затем необходимо выбирать средства технологического оснащения с учетом современных достижений техники и технологии, а также характеристик типа производства и конструктивных особенностей детали.

После этого необходимо выполнить размерную настройку операций технологического процесса путем определения режимов выполнения

операций и их нормирования. При этом следует учесть требуемую точность определения режимов резания и применяемые средства технологического оснащения техпроцесса.

На следующем этапе необходимо решить задачи совершенствования полученного техпроцесса путем проектирования соответствующих средств технологического оснащения для операций, имеющих неудовлетворительные технические и экономические показатели.

В заключении необходимо выполнить анализ безопасности выполнения спроектированной технологии и определить показатели ее экономической эффективности.

В данном разделе проведен анализ назначения, условий работы и технологичности детали, определены характеристики типа производства. На основе полученных результатов сформулированы задачи работы.

2 Разработка технологии изготовления

2.1 Выбор и проектирование заготовки

Метод получения заготовки определяется технологическими возможностями производства и свойствами материала. В ходе выполнения анализа материала детали на технологичность и определения характеристик типа производства было установлено, что в данном случае лучше всего подходят методы пластического деформирования. Прежде всего, штамповки. Данные методы не являются дешевыми, но при этом позволяют минимизировать припуски на обработку и приблизить форму заготовки к готовой детали, что позволяет обеспечить минимальные напуски. «Анализ соответствующей литературы позволяет сделать вывод о том, что заготовку рассматриваемой детали целесообразно получать штамповкой на горизонтально–ковочной машине или на кривошипном горячештамповочном прессе» [1]. Выбор конкретного метода обработки производится на основе анализа общих экономических затрат на получение деталей из данных заготовок по формуле:

$$C_T = C_{ЗАГ} \cdot Q + C_{МЕХ} \cdot (Q - q) - C_{ОТХ} \cdot (Q - q), \quad (1)$$

где $C_{ЗАГ}$ – стоимость получения одного кг заготовок, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

$C_{МЕХ}$ – стоимость механической обработкой, руб.;

q – масса детали, кг;

$C_{ОТХ}$ – стоимость одного кг стружки, руб.» [24].

«Стоимость получения одного кг заготовок рассчитывается по формуле:

$$C_{ЗАГ i} = C_{ШТ} \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{П}, \quad (2)$$

где i – индекс варианта получения штамповки;

$C_{\text{ШТ}}$ – базовая стоимость получения штамповок в зависимости от метода, руб.;

h_{T} – коэффициент точности штамповки;

$h_{\text{С}}$ – коэффициент группы сложности штамповки;

$h_{\text{В}}$ – коэффициент массы штамповки;

$h_{\text{М}}$ – коэффициент марки материала штамповки;

$h_{\text{П}}$ – коэффициент программы выпуска» [24].

«Для удобства проведения расчетов здесь и далее примем, что индекс вариант получения заготовки соответствует 1 для штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе, 2 для штамповки на горизонтально–ковочной машине» [24].

Рассчитываем по формуле (2) стоимость получения одного кг заготовок.

$$C_{\text{ЗАГ } 1} = 27,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 1,0 = 23,49 \text{ р.}$$

$$C_{\text{ЗАГ } 2} = 27,0 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 1,0 = 24,67 \text{ р.}$$

«Масса заготовки с достаточной для стадии проектирования точностью может быть определена по формуле:

$$Q_i = q \cdot K_P, \quad (3)$$

где K_P – коэффициент, учитывающий особенности метода получения заготовки и ее формы» [24].

$$Q_1 = 7,56 \cdot 1,7 = 12,65 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 7,56 \cdot 1,6 = 12,1 \text{ кг.}$$

«Стоимость механической обработки рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{МЕХ } i} = C_{\text{С}} + E_{\text{Н}} \cdot C_{\text{К}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{С}}$ – приведенные затраты на снятие 1 кг стружки, руб.;

$C_{\text{К}}$ – приведенные капитальные вложения на 1 кг стружки, руб.;

E_H – коэффициент эффективности капитальных вложений» [24].

$$C_{\text{МЕХ } 1,2} = 3,56 + 0,1 \cdot 10,35 = 4,6 \text{ р.}$$

Полученные значения составляющих технологической себестоимости для каждого из рассматриваемых вариантов получения заготовки подставляем в формулу (1).

$$C_{T1} = 23,49 \cdot 12,65 + 4,6 \cdot (12,65 - 7,56) - 1,4 \cdot (12,65 - 7,56) = \\ = 313,44 \text{ р.}$$

$$C_{T2} = 24,67 \cdot 12,1 + 4,6 \cdot (12,1 - 7,56) - 1,4 \cdot (12,1 - 7,56) = 315,04 \text{ р.}$$

Как видно из приведенных выше расчетов, в случае получения заготовки на горизонтально–ковочной машине экономическая эффективность изготовления выше, что определяет выбор данного метода получения заготовки.

Проектирование заготовки заключается в определении ее контура с учетом необходимых припусков на обработку, напусков, учитывающих особенности технологии производства заготовки и технических требований к заготовке.

Задача определения припусков на обработку решается на основе разработки маршрута обработки поверхности. При этом необходимо учесть, что маршрут обработки поверхности зависит от ее формы, требуемой точности обработки, требуемых характеристик качества поверхностного слоя. Маршруты обработки формируем согласно рекомендациям [23]. Результаты определения маршрутов обработки оформим в виде таблицы 1 для удобства дальнейшего их использования.

Таблица 1 – Последовательности методов обработки поверхностей

Номер поверхности	Форма поверхности	Шероховатость Ra , мкм	Квалитет точности	Маршрут обработки
1	плоская	12,5	12	«Т-ТЧ-ТО-Ш» [23]
2	цилиндрическая	12,5	12	«Т-ТО» [23]
3	плоская	12,5	12	«Т-ТО» [23]

Продолжение таблицы 1

Номер поверхности	Форма поверхности	Шероховатость Ra , мкм	Квалитет точности	Маршрут обработки
4	цилиндрическая	12,5	12	«тч-то» [23]
5	винтовая	6,3	10	«рн-то» [23]
6	коническая	12,5	12	«зк-то» [23]
7	цилиндрическая	12,5	12	«с-то» [23]
8	коническая	0,8	8	«т-тч-то-ш-шч» [23]
9	цилиндрическая	12,5	12	«т-то» [23]
10	коническая	12,5	12	«т-то» [23]
11	коническая	12,5	12	«т-то» [23]
12	плоская	12,5	12	«т-то» [23]
13	плоская	12,5	12	«т-то» [23]
14	цилиндрическая	12,5	12	«т-то» [23]
15	коническая	12,5	12	«т-то» [23]
16	коническая	12,5	12	«тч-то» [23]
17	коническая	12,5	12	«тч-то» [23]
18	цилиндрическая	0,8	12	«т-тч-то-ш-шч» [23]
19	плоская	3,2	7	«т-тч-то-ш» [23]
20	цилиндрическая	12,5	12	«тч-то» [23]
21	плоская	1,6	12	«т-тч-то-ш-шч» [23]
22	цилиндрическая	1,25	12	«т-тч-то-ш-шч» [23]
23	коническая	12,5	7	«тч-то» [23]
24	плоская	12,5	12	«т-то» [23]
25	цилиндрическая	12,5	12	«т-то» [23]
26	винтовая	6,3	12	«рн-то» [23]
27	коническая	12,5	10	«зк-то» [23]
28	цилиндрическая	12,5	12	«с-то» [23]
29	цилиндрическая	12,5	12	«т-то» [23]

«Сокращения, принятые в таблице 1: т – черновое точение; тч – чистовое точение; то – термическая обработка; ш – шлифование черновое; шч – шлифование чистовое; с – сверление; рн – резбонарезание; зк – зенкерование» [23].

В соответствии с принятой методикой проектирования далее определяются припуски на обработку для каждой поверхности. Припуски при проектировании размеров определяются в зависимости от требуемой точности получения размера. Для точных размеров рекомендуется определять припуски на основе расчетных методов по переходам, что повышает точность их определения и снижает количество брака на

финальных операциях обработки. Для менее точных поверхностей применяется статистический метод, точность которого приемлема в данном случае.

В данном случае припуски для поверхности диаметром $100H7(+0.035)$ мм необходимо определить расчетным методом по переходам [18].

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{imin} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (5)$$

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» [18].

«Величина дефектного слоя определяется по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (6)$$

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

h – глубина дефектного слоя, образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [18].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (7)$$

где Td – поле допуска выполняемого размера, мм.

$$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,800^2 + 0,025^2} = 1,1 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,088^2 + 0,025^2} = 0,291 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,045^2 + 0,020^2} = 0,394 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,090 + \sqrt{0,010^2 + 0,020^2} = 0,112 \text{ мм} \gg [18].$$

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (TD_{i-1} + TD_i), \quad (8)$$

где TD_i – поле допуска выполняемого размера, мм;

TD_{i-1} – поле допуска выполняемого размера на предыдущем переходе, мм.

$$z_{1 \max} = z_{1 \min} + 0,5 \cdot (TD_0 + TD_1) = 1,1 + 0,5(3,2 + 0,35) = 2,875 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,291 + 0,5 \cdot (0,35 + 0,14) = 0,536 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (TD_{T0} + TD_3) = 0,394 + 0,5 \cdot (0,18 + 0,054) = 0,511 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (TD_3 + TD_4) = 0,112 + 0,5 \cdot (0,054 + 0,035) = 0,157 \text{ мм} \gg [18].$$

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{срi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (9)$$

$$z_{ср1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (2,875 + 1,1) = 1,988 \text{ мм.}$$

$$z_{ср2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,536 + 0,291) = 0,414 \text{ мм.}$$

$$z_{ср3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,511 + 0,394) = 0,453 \text{ мм.}$$

$$z_{ср4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,157 + 0,112) = 0,135 \text{ мм} \gg [18].$$

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

$$D_{(i-1)max} = d_{i max} - 2 \cdot z_{i min}. \quad (10)» [18]$$

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

$$D_{(то-1)max} = D_{(i-1) max} \cdot 0,999. \quad (11)» [18]$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

$$D_{(i-1)max} = D_{(i-1)max} + TD_{i-1}. \quad (12)» [18]$$

«Средний диаметр определяется по формуле:

$$D_{i ср} = 0,5 \cdot (D_{i max} + D_{i min}). \quad (13)» [18]$$

«Выполняем расчеты.

$$D_{4 max} = 100,035 \text{ мм.}$$

$$D_{4 min} = 100,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4 ср} = 0,5 \cdot (D_{4 max} + D_{4 min}) = 0,5 \cdot (100,035 + 100,000) = \\ = 100,018 \text{ мм.}$$

$$D_{3 max} = D_{4 max} - 2 \cdot z_{4 min} = 100,035 - 2 \cdot 0,112 = 99,811 \text{ мм.}$$

$$D_{3 min} = D_{3 max} - TD_3 = 99,811 - 0,054 = 99,757 \text{ мм.}$$

$$D_{3 ср} = 0,5 \cdot (D_{3 max} + D_{3 min}) = 0,5 \cdot (99,811 + 99,757) = 99,784 \text{ мм.}$$

$$D_{то max} = D_{3 max} - 2 \cdot z_{3 min} = 99,811 - 2 \cdot 0,394 = 99,023 \text{ мм.}$$

$$D_{то min} = D_{то max} - TD_3 = 99,023 - 0,18 = 98,843 \text{ мм.}$$

$$D_{то ср} = 0,5 \cdot (D_{то max} + D_{то min}) = 0,5(99,023 + 98,843) = 98,876 \text{ мм.}$$

$$D_{2 max} = D_{то max} \cdot 0,999 = 98,843 \cdot 0,999 = 98,729 \text{ мм.}$$

$$D_{2 min} = D_{2 max} - TD_2 = 98,729 - 0,14 = 98,589 \text{ мм.}$$

$$D_{2 ср} = 0,5 \cdot (D_{2 max} + D_{2 min}) = 0,5 \cdot (98,729 + 98,589) = 98,438 \text{ мм.}$$

$$D_{1\max} = D_{2\max} - 2 \cdot z_{2\min} = 98,729 - 2 \cdot 0,291 = 98,147 \text{ мм.}$$

$$D_{1\min} = D_{1\max} - TD_1 = 98,147 - 0,35 = 97,797 \text{ мм.}$$

$$D_{1\text{cp}} = 0,5 \cdot (D_{2\max} + D_{2\min}) = 0,5 \cdot (98,147 + 97,797) = 97,972 \text{ мм.}$$

$$D_{0\max} = D_{1\max} - 2 \cdot z_{1\min} = 98,147 - 2 \cdot 0,291 = 95,947 \text{ мм.}$$

$$D_{0\min} = D_{0\max} - TD_0 = 95,947 - 3,2 = 92,747 \text{ мм.}$$

$$D_{0\text{cp}} = 0,5(D_{2\max} + D_{2\min}) = 0,5(95,947 + 92,747) = 94,347 \text{ мм} \gg [18].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\min} = D_{4\max} - D_{0\min}. \quad (14) \gg [18]$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + TD_0 + TD_4. \quad (15) \gg [18]$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{cp}} = 0,5 \cdot (2z_{\min} + 2z_{\max}). \quad (16) \gg [18]$$

$$2z_{\min} = 100,035 - 92,747 = 7,288 \text{ мм.}$$

$$2z_{\max} = 7,288 + 3,2 + 0,035 = 10,523 \text{ мм.}$$

$$2z_{\text{cp}} = 0,5 \cdot (7,288 + 10,523) = 8,906 \text{ мм.}$$

Припуски на обработку остальных поверхностей, как отмечалось ранее, определяем с использованием статистического метода, с применением методики и справочных данных [25], [28].

Для удобства дальнейшего использования полученных результатов представим их в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Результаты определения припусков

Номер поверхности	Наименование перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1	точение черновое	2,2	3,35
	точение чистовое	1,0	1,21
	шлифование черновое	0,5	0,62
2	точение черновое	0,9	2,15
3	точение черновое	1,4	2,45
8	точение черновое	1,6	3,43
	точение чистовое	0,8	1,123
	шлифование черновое	0,5	0,629
	шлифование чистовое	0,1	0,159
9	точение черновое	2,2	3,83
10	точение черновое	2,2	3,83
11	точение черновое	2,2	3,325
12	точение черновое	2,2	3,325
13	точение черновое	2,2	3,325
14	точение черновое	2,2	2,85
15	точение черновое	1,4	2,85
18	точение черновое	1,5	2,95
	точение чистовое	0,7	0,98
	шлифование черновое	0,5	0,612
	шлифование чистовое	0,1	0,152
19	точение черновое	2,2	3,35
	точение чистовое	1,0	1,21
	шлифование	0,5	0,62
21	точение черновое	1,4	2,505
	точение чистовое	0,5	0,647
	шлифование черновое	0,3	0,384
	шлифование чистовое	0,1	0,184
24	точение черновое	1,4	2,49
25	точение черновое	1,4	2,675
29	точение черновое	1,4	2,675

Проектирование заготовки включает в себя определение ее технических характеристик, таких как группа стали, степень сложности, и класс точности. Исходя из данных характеристик, определяется исходный индекс, по которому определяются начальные допуски. Также по данным характеристикам с учетом геометрических особенностей заготовки определяются напуски, которые включают в себя штамповочные уклоны, радиусы закруглений, допустимые величины остаточного обля, отклонения от концентричности и от плоскостности поверхностей заготовки. Для этого

используется соответствующий стандарт [4].

«Определим конкретные значения полученных характеристик: класс точности Т2, группа стали М2, степень сложности С3, исходный индекс И7, штамповочные уклоны наружные 5°, внутренние 7°, радиусы скруглений 4 мм, допустимые значения остаточного облоя не более 1,2 мм, concentricity отверстий 1,0 мм, плоскостность торцев 0,8 мм» [4].

После определения характеристик заготовки формируется ее контур путем прибавления к контуру детали соответствующих припусков и напусков. Полученная заготовка приведена на листе графической части работы.

2.2 Разработка плана изготовления детали

Выполнение данного этапа предполагает формирование графического отображения технологического процесса изготовления детали, включающего в себя технологический маршрут изготовления, эскизы выполнения операций, схемы базирования, операционные размеры, технические требования на выполнение операций.

Анализ характеристик типа производства показал, что технологический процесс разрабатывается на основе типовых технологических процессов путем внесения в них соответствующих изменений в зависимости от конструктивных особенностей рассматриваемой детали. За типовые принимаем технологические процессы, представленные в литературе [6], [13]. Сформированный технологический маршрут изготовления детали приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Технологический маршрут изготовления детали

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
005 Токарная	точение	2, 3, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 21, 22, 24, 25

Продолжение таблицы 3

Операция	Метод обработки	Обрабатываемые поверхности
010 Токарная	точение	1, 8
015 Токарная	точение	3, 4, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23
020 Токарная	точение	1, 8
025 Сверлильная	сверление, зенкерование, резьбонарезание	26, 27, 28
030 Сверлильная	сверление, зенкерование, резьбонарезание	5, 6, 7
035 Термическая	закалка, отпуск	все
040 Плоскошлифовальная	шлифование	1, 19
045 Внутришлифовальная	шлифование	18, 21, 22
050 Круглошлифовальная	шлифование	8
055 Внутришлифовальная	шлифование	18, 21
060 Внутришлифовальная	шлифование	22
065 Круглошлифовальная	шлифование	8
070 Моечная	мойка	все
075 Контрольная	контроль	все

Операционные эскизы разрабатываются с учетом планируемого содержания операций и содержат все обрабатываемые поверхности с требуемой детализацией прорисовки. Схемы базирования заготовок разрабатываются на основе типовых схем базирования с соблюдением принципов единства и постоянства баз. Расчет операционных размеров выполняется путем прибавления припусков на выполнение последующих операций с учетом принятой на операции схемы базирования. Технические требования на выполнения операций рассчитываются с учетом погрешности базирования, пространственных отклонений базовых поверхностей и взаимного расположения базовых и обрабатываемых поверхностей в соответствии с методикой [13]. Общие требования к формированию плана изготовления, а также вся необходимая справочная информация по разработке схем базирования, определению операционных размеров и технических требований на выполнение операций приняты по данным литературы [13]. Результаты проектирования плана изготовления детали представлены в графической части работы, а также в приложении А (таблица А.1) в виде комплекта из маршрутной карты и операционных карт с картами

эскизов для ответственных операций.

2.3 Выбор средств технологического оснащения

В результате определения характеристик типа производства было установлено, что в качестве средств технологического оснащения технологического процесса используется универсальное и оснащенное системами числового программного управления оборудование, универсальные станочные приспособления, а также стандартизированный режущий инструмент и средства контроля. Так же при выполнении выбора средств технологического оснащения следует учитывать ряд рекомендаций. Станочное оборудование должно реализовывать необходимые методы обработки, обладать гибкостью, иметь широкий диапазон регулировок и настроек, иметь рабочую зону соответствующую обрабатываемой детали, обеспечивать необходимую производительность и минимальную стоимость обработки. Технологическая оснастка должна реализовывать принятые на операциях схемы базирования, иметь возможность быстрой переналадки, обладать высоким быстродействием, отвечать требованиям обеспечения точности выполнения операций, отвечать требованиям ремонтпригодности. Металлорежущий инструмент должен реализовывать принятые на операциях методов обработки, обладать заданной стойкостью, обеспечивать требуемую точность обработки, быть быстропереналаживаемым, обеспечивать требуемую производительность. Средства контроля должны обеспечивать требуемую точность контроля, быть универсальными, иметь возможность выдавать информацию о результатах контроля в абсолютных величинах, обеспечивать требуемую скорость контрольных операций без снижения производительности операции при выполнении контроля исполнителем. Результаты выбора средств технологического оснащения, проведенного по данным источников [11], [15], [17], [19], [20], [21], [26], приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты выбора средств технологического оснащения

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Инструменты	Средства контроля
005 Токарная	токарно–винторезный с системой ЧПУ 16К20Ф3	патрон ГОСТ 2675–80	резец подрезной Т5К10 ГОСТ 18879–73, резец расточной левый Т5К10 ГОСТ 18879–73, резец расточной Т5К10 ГОСТ 18879–73	нутромер ГОСТ 10–88, штангенциркуль ГОСТ 166–89
010 Токарная	токарно–винторезный с системой ЧПУ 16К20Ф3	оправка клино–плунжерная специальная	резец контурный Т5К10 ГОСТ 18879–73	угломер ГОСТ 5378–88, штангенциркуль ГОСТ 166–89
015 Токарная	токарно–винторезный с системой ЧПУ 16К20Ф3	патрон ГОСТ 2675–80	резец подрезной Т15К6 ГОСТ 18879–73, резец расточной канавочный Т15К6 ГОСТ 18879–73, резец расточной Т15К6 ГОСТ 18879–73	калибр резьбовой, нутромер ГОСТ 10–88,
020 Токарная	токарно–винторезный с системой ЧПУ 16К20Ф3	оправка клино–плунжерная специальная	резец контурный Т15К6 ГОСТ 18879–73	угломер ГОСТ 5378–88, штангенциркуль ГОСТ 166–89
025 Сверлильная	вертикально–сверлильный 2С125Ф2	тиски призматические самоцентрирующие ГОСТ 21168–75	сверло Ø4,5 ГОСТ10902–77 Р6М5, зенковка Ø8 ГОСТ14953–80 Р6М5, метчик М5 ГОСТ1604–71 Р6М5	калибр резьбовой
030 Сверлильная	вертикально–сверлильный 2С125Ф2	оправка клино–плунжерная специальная	сверло Ø6,7 ГОСТ10902–77 Р6М5, зенковка Ø10 ГОСТ14953–80 Р6М5, метчик М8 ГОСТ1604–71 Р6М5	калибр резьбовой
035 Термическая				
040 Плоскошлифовальная	плоскошлифовальный 3Б722	плита ГОСТ 16528–87	круг шлифовальный 1–500х40х127 23А46К5V	скоба индикаторная ГОСТ 11098–75
045 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3К228В	патрон мембранный ГОСТ 16157–70	круг шлифовальный 11–50х32х1323А60К7V30м /с1А, круг	нутромер ГОСТ 10–88

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Инструменты	Средства контроля
			шлифовальный 1–25х40х13 23А60К5V40м/с1А	
050 Круглошлиф овальная	круглошлифовальный 3М51Е	оправка клино–плунжерная специальная	круг специальный 3–400х50х150 23А60К6V5 35м/с1А	угломер ГОСТ 5378–88
055 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3К228В	патрон мембранный ГОСТ 16157–70	круг шлифовальный 1–25х40х13 24А50К5V40м/с1А	нутромер ГОСТ 10–88
060 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3К228В	патрон мембранный ГОСТ 16157–70	круг шлифовальный 1–25х40х13 24А40К5V40м/с1А	нутромер ГОСТ 10–88
065 Круглошлиф овальная	круглошлифовальный 3М51Е	оправка клино–плунжерная специальная	круг специальный 3–400х50х150 23А40М6V5 35м/с1А	угломер ГОСТ 5378–88
070 Моечная	моечная машина			
075 Контрольная	контрольный стол			

Представленные в таблице 4 средства технологического оснащения в полной мере отвечают всем предъявляемым к ним требованиям и могут быть использованы в проектируемом технологическом процессе. Сведения по принятым средствам технологического оснащения отражаются частично на плане изготовления детали и в полной мере в технологических наладках, а также в приведенной в приложении А (таблица А.1) технологической документации в маршрутной карте и операционных картах. В ходе проектирования технологических операций также необходимо учесть полученные данные.

2.4 Расчет операций технологического процесса

Расчет операций технологического процесса заключается в расчете операционных размеров, технологических допусков, режимов резания и норм времени на выполнение операций.

Операционные размеры и технологические допуски определяются при проектировании плана изготовления детали при помощи методик и данных, содержащихся в литературе [12].

Расчет режимов выполнения технологических операций и их нормирование, как было выяснено при определении характеристик типа производства, выполняются с применением статистических и расчетно-аналитических методов [14], [19]. Ниже приведем основные формулы для проведения соответствующих расчетов.

«Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (17)$$

где C_V – постоянная определяемая видом обработки;

K_V – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки;

T – период стойкости инструмента, мин;

t – глубина резания, мм.;

S – подача, мм/об;

m, x, y – показатели степеней, учитывающие условия резания» [19].

«Исходя из полученного значения, определяется частота вращения шпинделя инструмента или заготовки по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (18)$$

где d – диаметр обработки, мм» [19].

«Исходя из технических характеристик оборудования, определяется фактическая скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (19) \gg [19]$$

«Выполнение нормирования технологических операций заключается в определении штучно-калькуляционного времени на их выполнение по формуле:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n_3}, \quad (20)$$

где $T_{\text{шт}}$ – штучное время выполнения операции, мин;

$T_{\text{п-з}}$ – подготовительно–заключительное время выполнения операции, мин;

n_3 – размер партии деталей, шт» [14].

«Штучное время операции рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{п}} \quad (21)$$

где T_0 – основное время выполнения операции, мин;

$T_{\text{в}}$ – вспомогательное время выполнения операции, мин;

$T_{\text{обс}}$ – время на обслуживание, мин;

$T_{\text{п}}$ – время на личные потребности, мин» [14].

«Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (22)$$

где $L_{\text{р.х.}}$ – длина рабочего хода, мм;

S – подача, мм/об» [14].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (23)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

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

l_2 – длина перебега, мм» [14].

Полученные результаты для удобства их дальнейшего использования представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Режимы выполнения операций и их нормирование

Операция	Переход	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Рабочий ход, мм	Основное время, мин	Штучно–калькуляционное время, мин
005	1	1,2	95	120	129	1,25	2,56
	2	1,3	76	120	66	0,61	
	3	1,3	61	120	21	0,19	
010	1	1,3	103	120	124	1,13	1,54
015	1	0,32	131	320	71	0,74	1,38
	2	0,46	103	250	7	0,06	
	3	0,32	161	320	21	0,22	
020	1	0,32	102	120	113	3,17	3,97
025	1	0,15	27	1900	104	0,4	1,73
	2	0,12	12	630	32	0,42	
	3	1,0	3,4	250	208	0,56	
030	1	0,2	22	1100	102	0,54	3,1
	2	0,12	18	630	18	0,24	
	3	1	3	120	204	1,7	
040	1	0,015	10		410	5,8	7,25
045	1	0,005	30	360	7	0,8	3,25
	2	0,014	30	360	47	1,8	
050	1	0,020	25	360	38	1,2	1,5
055	1	0,003	35	360	7	0,5	2,63
	2	0,010	35	360	38	1,6	
060	1	0,008	35	360	10	0,28	0,45
065	1	0,003	35	360	38	2,15	2,69

Данные, приведенные в таблице 5, используются при разработке технологических наладок, представленных в графической части работы, а также маршрутной карты и операционных карт с картами эскизов, представленных в приложении А (таблица А.1).

В ходе выполнения данного раздела была спроектирована технология изготовления детали. Для этого были решены следующие задачи.

Во–первых, произведен выбор и проектирование заготовки на основе

экономического сравнения наиболее приемлемых методов ее получения. При этом учтены результаты анализа технологичности материала детали и определения характеристик типа производства.

Далее разработан план изготовления детали с учетом характеристик и требований типа производства на основе анализа типовых технологических процессов.

Затем выбраны средства технологического оснащения с учетом современных достижений техники и технологии, а также характеристик типа производства, принятых на операциях технологического процесса схем базирования и конструктивных особенностей детали.

Выполнена размерная настройка операций технологического процесса путем определения режимов выполнения операций и их нормирования. При этом учтены требуемая точность определения режимов резания и применяемые средства технологического оснащения техпроцесса.

3 Расчет и проектирование специальных средств оснащения

3.1 Расчет и проектирование клино-плунжерной оправки

Проанализировав полученный технологический процесс, приходим к выводу, что одной из самых проблемных операций является операция окончательного наружного шлифования, эскиз которой приведен на рисунке 3. На данной операции наблюдаются значительные затраты времени на снятие и установку детали, а также увеличенный процент брака по допуску на операционный размер. Причина этого заключается в применяемом станочном приспособлении. Данное приспособление имеет механизм зажима с ручным приводом, что объясняет значительное увеличение вспомогательного времени операций, а также сложную конструкцию зажимного механизма, что негативно сказывается на точности базирования. Конструкция зажимного приспособления имеет множество сопряжений и подвижных элементов, которые подвержены интенсивному износу, что и приводит к быстрому снижению точности приспособления.

Анализ литературы показал, что наилучшим решением для устранения указанных выше проблем с учетом применяемой на операции теоретической схемы базирования будет применение клино-плунжерной оправки с механизированным приводом. Расчет и проектирование данной оправки будем производить с использованием методики и данных [5].

«При шлифовальной обработке для определения основной составляющей силы резания используется формула:

$$P_Z = \frac{N \cdot 102 \cdot 60}{21} \cdot K_{PZ}, \quad (24)$$

где N – мощность резания, кВт;

K_{PZ} – коэффициент, учитывающий фактические условия выполнения операции в направлении силы резания P_Z » [22].

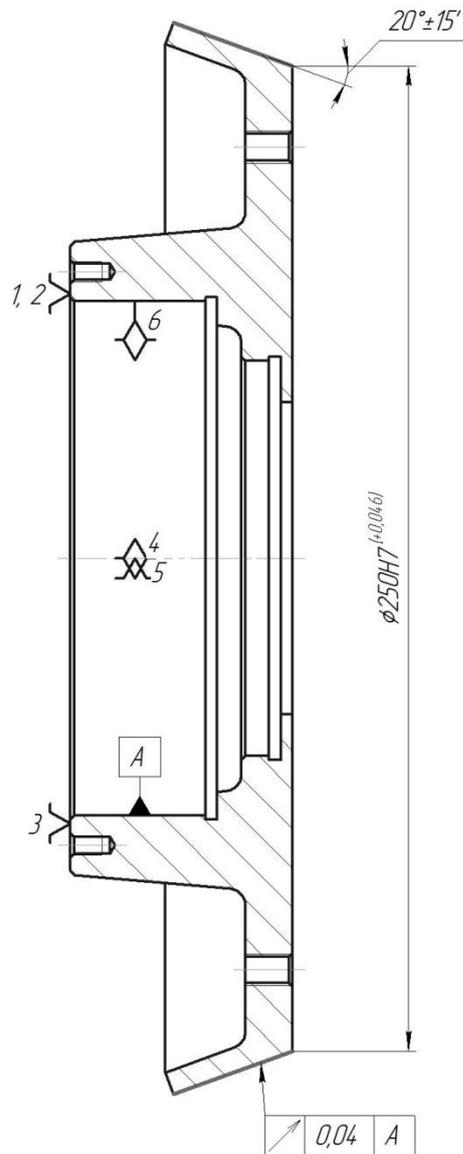


Рисунок 3 – Эскиз круглошлифовальной операции

«Для определения тангенциальной составляющей силы резания используется формула:

$$P_Y = (1,3 \dots 1,8) \cdot P_Z \cdot K_{PY}, \quad (25)$$

где K_{PY} – коэффициент, учитывающий фактические условия выполнения операции в направлении силы резания P_Y » [22].

«Мощность резания определяется по формуле:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot s^y \cdot d^q \cdot b^z, \quad (26)$$

где C_N , r , q , z – коэффициенты и показатели степеней, учитывающие фактические условия выполнения операции;

v_3 – скорость заготовки, м/мин;

s – продольная подача, мм/об;

d – диаметр шлифуемой поверхности, мм;

b – ширина шлифования, мм» [22].

Проводим расчеты.

$$N = 1,3 \cdot 25^{0,75} \cdot 0,1^{0,85} \cdot 2,5^{0,7} \cdot 250^0 = 3,9 \text{ кВт.}$$

$$P_Z = \frac{3,9 \cdot 102 \cdot 60}{21} \cdot 1,25 = 1421 \text{ Н.}$$

$$P_Y = (1,3 \dots 1,8) \cdot 1421 \cdot 1,25 = 2665 \text{ Н.}$$

С целью выполнения силового расчета приспособления составим его расчетную силовую схему (рисунок 4).

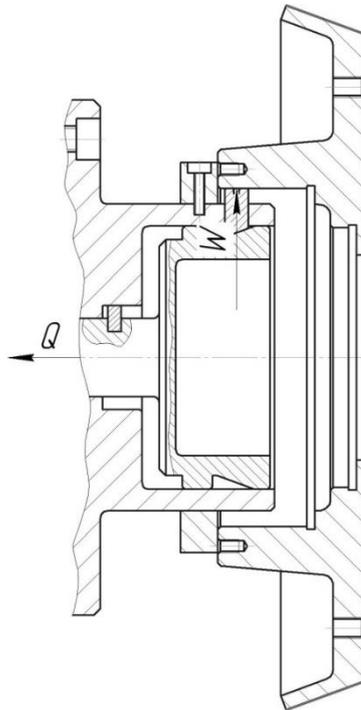


Рисунок 4 – Силовая схема приспособления

«Момент от составляющей силы резания P_Z рассчитывается по формуле:

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_o}{2}, \quad (27)$$

где d_o – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [5].

«Данный момент уравнивается моментом от силы закрепления, который может быть рассчитан по формуле:

$$M_{3P_Z} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (28)$$

где W – сила закрепления, Н;

f – коэффициент трения поверхностей заготовки и зажимных элементов приспособления;

d_3 – диаметр закрепления, мм» [5].

Из условия равновесия следует:

$$\langle W = \frac{P_Z \cdot d_o}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (29)$$

где K – коэффициент запаса, учитывающий особенности выполнения операции» [5].

«Данный коэффициент определяется из выражения:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (30)$$

где: K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент, характеризующий состояние обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент, характеризующий увеличение сил резания при затуплении режущего инструмента;

K_3 – коэффициент, характеризующий прерывистость процесса резания;

K_4 – коэффициент, характеризующий стабильность усилия зажима;

K_5 – коэффициент, характеризующий эргономические показатели привода» [5].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,07.$$

Согласно принятой методике проектирования при показателе коэффициента запаса менее 2,5 необходимо его принять равным 2,5.

Тогда искомое усилие должно быть равно.

$$W = \frac{1421 \cdot 250}{3 \cdot 0,2 \cdot 130} \cdot 2,5 = 11387 \text{ Н.}$$

«Усилие на приводе для клино–плунжерного зажимного механизма рассчитывается по формуле:

$$Q = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (31)$$

где α – угол плунжера, град;

φ – угол трения плунжера, град» [5].

$$Q = 11387 \cdot \operatorname{tg}(20 + 6,5) = 5678 \text{ Н.}$$

В конструкции приспособления для создания данного расчетного усилия предполагается использовать механизированный силовой привод. Основным элементом такого привода является пневмоцилиндр, который и создает необходимое усилие. «С учетом того, что рабочее давление создается в штоковой полости, диаметр поршня данного гидроцилиндра определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (32)$$

где d – диаметр штока, мм;

P – давление масла в гидросистеме, МПа» [22].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 5678}{0,4} + 30^2} = 87 \text{ мм.}$$

Полученное значение диаметра округляем до ближайшего большего стандартного 90 мм, что позволит применить в конструкции приспособления стандартный пневмоцилиндр.

С целью выяснения возможности использования приспособления на операциях технологического процесса необходимо оценить его точность. Для этого составим его размерную схему (рисунок 5).

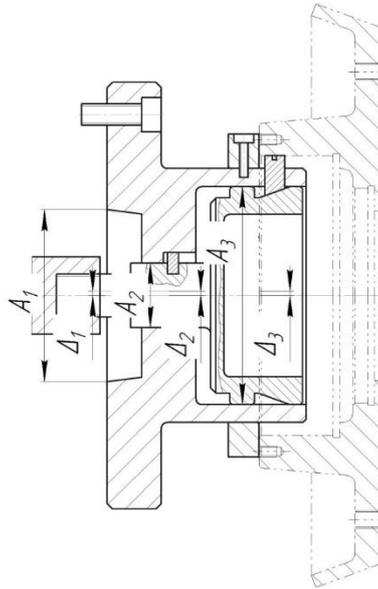


Рисунок 5 – Размерная схема приспособления

«Согласно данной схеме составляем уравнение для расчета точности оправки:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (33)$$

где Δ_1 – погрешность вызванная неперпендикулярностью выходного конца шпинделя, мм;

Δ_2, Δ_3 – погрешность вызванная колебанием зазоров в сопряжениях, мм» [22].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,010^2 + 0,010^2 + 0,006^2} = 0,007 \text{ мм.}$$

«Допустимая погрешность установки в приспособлении на данной операции определяется по формуле:

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot Td, \quad (34)$$

где Td – допуск на выполняемый размер, мм» [22].

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,046 = 0,014 \text{ мм.}$$

Расчетное значение погрешности установки в приспособлении меньше, чем допустимая погрешность установки. Следовательно, данное приспособление может быть использовано на рассматриваемой операции.

Сконструированная клино–плунжерная оправка приведена на листе графической части работы, а также в приложении Б спецификации (таблица Б.1).

3.2 Расчет и проектирование шлифовального круга

Дальнейший анализ операций наружного шлифования позволил выявить еще одну серьезную проблему спроектированного технологического процесса, которая заключается в появлении прижогов на обработанных поверхностях, что связано с излишним выделением тепла в зоне резания. Традиционно данная проблема решается снижением режимов резания. Данное решение достаточно эффективно, но имеет серьезный недостаток, который заключается в увеличении времени обработки, что недопустимо. Решение данной проблемы также возможно путем улучшения охлаждения зоны резания. Для этого проведем проектирование шлифовального круга

специальной конструкции по данным и методике [16].

«Основные параметры круга для заданных условий обработки:

- материал зерна круга белый электрокорунд 23А ГОСТ 3647–80;
- размер зерна 40;
- структура 6;
- содержание режущих зерен 50%;
- средняя твердость круга М;
- керамическая связка V» [16].

В состав связки круга входят: «35% борное стекло, 25% шпат полевой, 15% каолин, 15% латненская глина, 10% тальк» [2].

Проверим шлифовальный круг на разрушение от действия центробежных сил. «Предел прочности в этом случае определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{в}} = \gamma \cdot V_{\text{р}}^2 \cdot \frac{3+\mu}{4} \cdot \left(1 + \frac{1-\mu}{3+\mu} \cdot \frac{d^2}{D^2}\right), \quad (39)$$

где γ – плотность материала, кг/м³;

$V_{\text{р}}$ – разрывная скорость круга, м/с;

μ – коэффициент поперечного сжатия;

d – диаметр посадочного отверстия круга, мм;

D – наружный диаметр круга, мм» [2]

$$\sigma_{\text{в}} = 3950 \cdot 35^2 \cdot \frac{3+0,3}{4} \cdot \left(1 + \frac{1-0,3}{3+0,3} \cdot \frac{150^2}{400^2}\right) = 3,0 \text{ МПа.}$$

Допустимое значение предела прочности от действия центробежных сил составляет 15 МПа. Полученное значение меньше допустимого, значит прочность круга удовлетворительная.

С целью снижения температуры в зоне резания в конструкцию круга предлагается внести следующее конструктивное изменение [16]. Предлагается реализовать концепцию прерывистого резания. Для этого на поверхности круга предлагается выполнить пазы, между которыми будет

воздушный зазор. Для предотвращения возникновения ударов при врезании пазы предлагается расположить их под углом 45° относительно зоны резания, что позволит вводить абразивный сегмент без удара об обрабатываемую поверхность, тем самым предотвратив разрушение сегмента и появление царапин на обрабатываемой поверхности. Кроме того, данное решение улучшит подвод смазочно-охлаждающей жидкости непосредственно в зону резания. Таким образом, данное решение позволит эффективно решить проблему появления прижогов на обработанных поверхностях без увеличения времени обработки.

Результатом выполнения данного раздела стало решение задач совершенствования полученного техпроцесса путем проектирования соответствующих средств технологического оснащения для операций, имеющих неудовлетворительные технические и экономические показатели.

Для этого был проведен критический анализ спроектированного технологического процесса. По результатам анализа было выявлено, что в технологическом процессе имеются проблемы на операциях наружного шлифования связанные с увеличенным вспомогательным временем выполнения операций и увеличенным процентом брака по допуску на размеры обработанных поверхностей, а также появлением прижогов на обработанных поверхностях. Первые две проблемы были решены путем проектирования специальной оправки с механизированным приводом, а последняя проблема решена путем проектирования шлифовального круга с пазами на поверхности.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

В качестве объекта исследования в работе рассматривается технологический процесс изготовления нажимного диска фрикционной муфты. Конструктивно-технологическая характеристика технологического процесса механической обработки складывается из планируемых операций и используемых на них средств технологического оснащения. Соответствующие данные представлены в таблице 4 работы.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Технологический процесс осуществляется операторами станков с числовым программным управлением и шлифовщиками. Проведем идентификацию профессиональных рисков для указанных категорий работников по приказу Минтруда № 776н «Методы оценки уровня профессиональных рисков определяются работодателем с учетом характера своей деятельности и сложности выполняемых операций» [3]. Результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков

Перечень оборудования	Реестр опасностей/ рисков	Опасные и вредные производственные факторы
токарный 16К20Ф3, сверлильный 2С125Ф2, плоскошлифовальный 3Б722, внутришлифовальный 3К228В, круглошлифовальный 3М51Е	«груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту» [3]	«действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [3]
	транспортное средство, в том числе погрузчик	«движущиеся твердые, жидкие» [3]
	транспортное средство, в	или газообразные объекты,

Продолжение таблицы 6

Перечень оборудования	Реестр опасностей/ рисков	Опасные и вредные производственные факторы
	том числе погрузчик	наносящие удар по телу работающего
	«подвижные части машин и механизмов» [3]	«движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [3]
	«воздействие на кожные покровы смазочных масел» [3]	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [3]
	материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [3]
	«повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [3]	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [3]
	«воздействие общей вибрации» [3]	«производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [3]
	«физические перегрузки» [3]	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [3]
	«электрический ток» [3]	«производственные факторы, связанные с электрическим током, под действием которого попадает работающий» [3]

Из таблицы видно, что опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе изготовления детали, приводят к появлению

профессиональных рисков, воздействие которых на исполнителей технологического процесса может привести к негативным последствиям. Следовательно, данные риски требуют устранения.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Для устранения выявленных опасностей и рисков в соответствии с Приказом Минтруда России № 771н от 29 октября 2021 г. «Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней» определим методы и средства снижения профессиональных рисков. Полученные результаты сведем в таблицу 7.

Таблица 7 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту» [3]	«издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда» [3]	«использование высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места; обеспечение безопасных условий труда» [3]
«транспортное средство, в том числе погрузчик» [3]	«устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников» [3]	«соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения транспортных средств по территории работодателя; соблюдение скоростного режима; применение исправных транспортных средств, подача звуковых сигналов при движении и своевременное применение систем торможения» [3]

Продолжение таблицы 7

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«подвижные части машин и механизмов» [3]	«устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих элементов» [3]	«использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, специальных рабочих «костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования; допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [3]
«воздействие на кожные покровы смазочных масел» [3]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [3]	«устройство систем удаления вредных веществ, выделяющихся в технологическом процессе, на станки и инструменты; организация первичного и периодического обучения и инструктажей работников безопасным методам и приемам выполнения работ; использование средств индивидуальной защиты, герметизация технологического оборудования» [3]
«материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру» [3]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [3]	«применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [3]

Продолжение таблицы 7

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [3]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [3]	«применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [3]
«воздействие общей вибрации (колебания всего тела, передающиеся с рабочего места)» [3]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [3]	«своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик; установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции» [3]
«физические перегрузки» [3]	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [3]	«проведение инструктажа на рабочем месте; соблюдение режимов труда и отдыха; организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [3]

Продолжение таблицы 7

Реестр опасностей/ рисков	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказа Минтруда России № 771н)	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«электрический ток» [3]	«внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [3]	«изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [3]

Предлагаемые мероприятия по улучшению условий и охраны труда, а также методы и средства снижения профессиональных рисков позволят исключить или существенно снизить влияние на работников производства возможных опасностей и рисков, возникающих в ходе изготовления детали.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

С целью обеспечения пожарной безопасности изготовления детали определим основные характеристики пожароопасности производственного участка, на котором она изготавливается (таблица 8).

Таблица 8 – Характеристика производственного участка

Характеристика	Показатель
категория по взрыво и пожаробезопасности	пожароопасное
степень огнестойкости зданий и сооружений	из негорючих
класс помещения в зависимости от окружающей среды	сухое
класс помещения по степени опасности поражения электрическим током	с повышенной опасностью

Также следует учесть класс возможного пожара по виду горючего материала. В данном случае это класс D – пожары, связанные с

воспламенением и горением металлов.

«К основным опасным факторам возможного пожара в данном случае относятся: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах)» [3].

Исходя из имеющейся информации, определим технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность (таблица 9).

Таблица 9 – Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
огнетушители: ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100	мотопомпа пожарная	пожарный извещатель	пожарный щит ЩП-А	оповещатель охранно-пожарный звуковой

Кроме технических средств для обеспечения пожарной безопасности на производственном участке разрабатываются следующие мероприятия: «разрабатываются инструкции по действиям персонала в случае возникновения аварийной и чрезвычайной ситуации; проводится инструктаж по пожарной безопасности» [3].

Предлагаемые технические средства и организационные мероприятия позволят организовать эффективную систему противопожарной безопасности на производственном участке.

4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

Экологическая безопасность определяется воздействием технологического процесса на водные ресурсы, литосферу и атмосферу.

Основными отходами, возникающими в ходе данного технологического процесса, являются: отработанные технические масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, металлическая стружка, частицы абразива, промышленный мусор.

Наиболее незначительными в данном случае являются выбросы в атмосферу, так как количество их крайне мало, а концентрация опасных и вредных веществ в них минимальна и не превышает предельно допустимых значений.

В сточные воды в результате выполнения технологического процесса, могут попасть отработанные масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и мелкой стружки.

В литосферу возможно попадание металлической стружки, отработанных масел, смазочно-охлаждающих жидкостей и промышленного мусора.

Устранение и минимизация влияния описанных выше отходов на соответствующие экологические составляющие обеспечиваются сбором, обезвреживанием, транспортировкой, размещением, утилизацией опасных промышленных отходов. Основные этапы данной процедуры регламентируются ГОСТ Р 53692–2009.

Выполнение данного раздела позволило разработать эффективную систему безопасности выполнения технологического процесса с учетом возникающих профессиональных рисков, особенностей обеспечения пожарной безопасности и воздействия на окружающую среду.

5 Экономическая эффективность работы

Основной задачей данного раздела является экономическое обоснование предложенного совершенствования технологического процесса.

Для выполнения данной задачи необходимо проанализировать только отличия между совершенствованиями технического решения. Основываясь на подробном описании технологического процесса из предыдущих разделов бакалаврской работы, на рисунке 6, представлены отличительные особенности сравниваемых вариантов.



Рисунок 6 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов выполнения операции

На рисунке 6 представлены предлагаемые изменения на токарной операции. Слева, описано выбранное оборудование, использованная оснастка и применяемый на операции инструмент, по исходному технологическому процессу, а справа – по измененному.

Чтобы дать компетентное заключение по предложенному совершенствованию, необходимо воспользоваться определенными материалами и информацией, которые позволят сделать необходимый вывод. Более детальное описание материалов и информации представлено на рисунке 7.

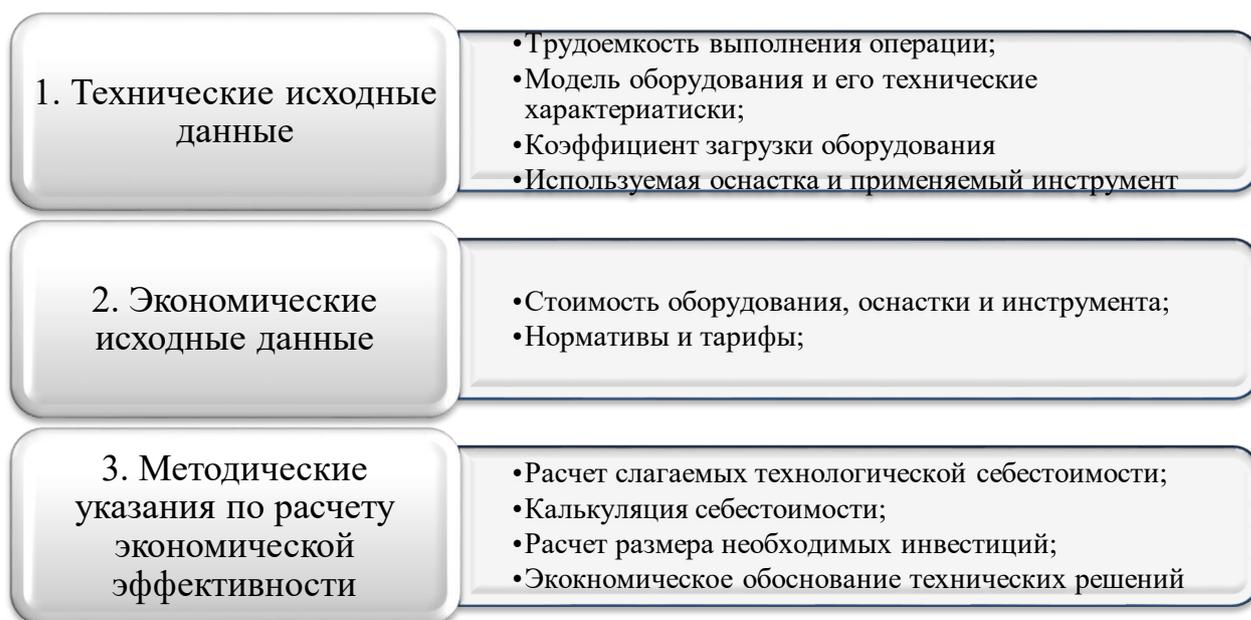


Рисунок 7 – Детальное описание материалов и информации, необходимых для проведения соответствующих экономических расчетов

Информация и материалы, представленные на рисунке 6, описывают совокупность необходимых данных для проведения всех соответствующих расчетов, а также показывают направление на источник для этой информации.

Технические исходные данные – это тот материал, который можно найти в технической части бакалаврской работы. При разработке технологического процесса описывают используемое оборудование, оснастка и инструмент, рассчитывается трудоемкость выполнения предложенных операций и коэффициент загрузки этих операций. Естественно оборудование подбираю исходя из серийности производства, которые напрямую зависят от программы выпуска изделия. Что касается технических параметров используемого оборудования, то это общедоступная информация из справочной литературы.

Экономические исходные данные – это стоимостные значения оборудования, оснастки и инструмента, то есть его цена, тарифы на энергоносители, тарифные ставки по оплате труда и всевозможные

экономические коэффициенты. Эти данные, как правило, предоставляются предприятиями, соответствующими министерствами и регулируются правительством РФ.

Методические указания по расчету экономической эффективности – это методики по расчету всех необходимых экономических показателей [8]. По их значениям можно сделать вывод о необходимости внедрения или, наоборот, об отказе вкладывать денежные средства в данный проект. Зная методику и используя соответствующее программное обеспечение, например такое, как Microsoft Excel, можно рассчитать все итоговые показатели и сделать заключение.

Если первые два пункта: технические и экономические исходные данные, это только источники информации, а вот третий – является объектом пристального внимания. Поэтому, далее будут представлены результаты расчетов всех необходимых экономических показателей, по результатам которых будут сделаны выводы, на которые и нацелен данный раздел.

На рисунке 8 представлены значения всех слагаемых технологической себестоимости, которая является основой для всех дальнейших расчетов.

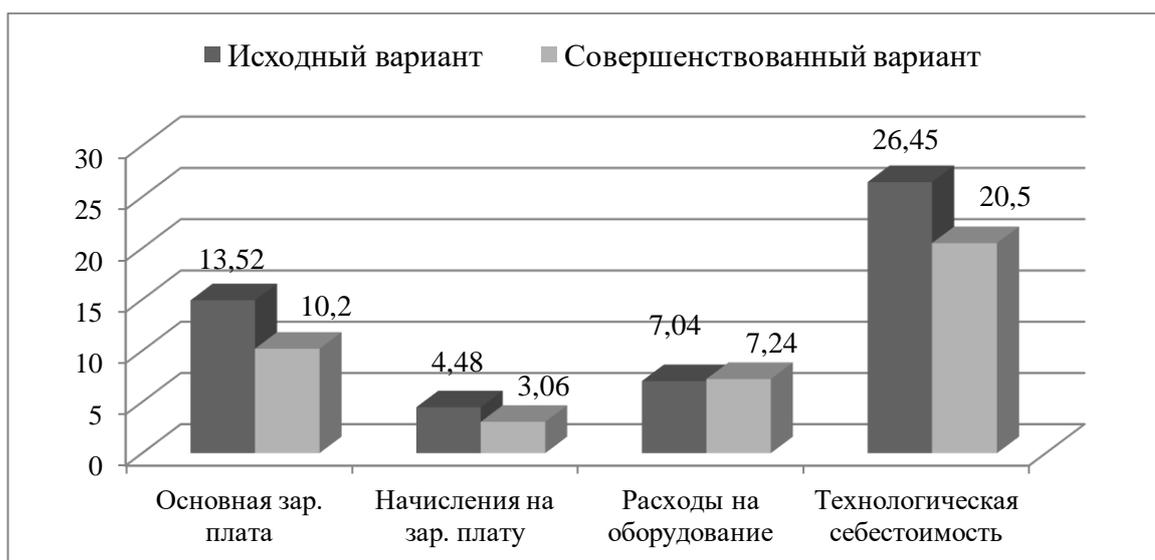


Рисунок 8 – Величина технологической себестоимости выполнения операции и значения ее слагаемых

Из рисунка 8 видно, что все значения совершенствованного варианта значительно меньше исходного. Такое изменение привело к итоговой разнице между вариантами значения величины технологической себестоимости в размере 4,73 рублей, что составило 31,68%. Максимальное влияние на такой результат оказал такой показатель, как основная заработная плата работников. Его доля в величине технологической себестоимости составляет 56,44% в исходном варианте, и 49,75% – в совершенствованном. Следующий весомый вклад в результат оказала величина – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Доля этого показателя составила 26,63% и 35,33% соответственно. На рисунке 9 представлены значения итоговых показателей, по которым формируется вывод об эффективности предложенных совершенствований.

И = 182289,33 руб.	• размер инвестиций в совершенствование
Пчист = 74496 руб.	• чистая прибыль
Эинт = 21159,25 руб.	• интегральный экономический эффект
Т = 3 года	• срок окупаемости
ИД = 1,12 руб./руб.	• индекс доходности

Рисунок 9 – Значения итоговых показателей

Учитывая, представленные на рисунке 9 данные, можно сделать вывод об эффективности предлагаемых совершенствований, так как экономический эффект в результате расчетов получился положительным.

В данном разделе соответствующими расчетами подтверждена экономическая эффективность спроектированной технологии и мероприятий, направленных на ее совершенствование.

Заключение

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы были достигнуты следующие результаты. Проведен анализ имеющихся данных, что позволило выявить требования, предъявляемые к детали и ее конструктивные особенности, а также технологические особенности типа производства. На основе полученных данных сформулированы задачи работы.

Решены технологические задачи, результатом чего является технология изготовления детали. В состав данных задач входили: выбор и проектирования заготовки на основе маршрутов обработки поверхностей и припусков на их обработку, проектирование плана изготовления детали на основе типовых маршрутов обработки, выбор средств технологического оснащения, проектирование операций технологического процесса.

Произведено совершенствование полученной технологии изготовления путем проектирования эффективных средств технологического оснащения. В частности, спроектированы клино–плунжерная оправка и шлифовальный круг специальной конструкции.

Технологический процесс оценен с точки зрения безопасности его выполнения. Выявлены проблемы и предложены технические и организационные мероприятия по их устранению.

Соответствующими расчетами подтверждена экономическая эффективность спроектированной технологии и мероприятий, направленных на ее совершенствование.

Решение вышеперечисленных задач позволило добиться поставленной цели, которая заключается в проектировании такого технологического процесса изготовления нажимного диска, который позволит при минимальных экономических затратах обеспечить выпуск заданного количества деталей при условии обеспечения требуемого качества их изготовления.

Список используемых источников

1. Афонькин М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2 –е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380 с.
2. Вереина Л. И. Абразивная обработка: справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е.И. Фрадкин; под общ. ред. Л.И. Вереиной. – Москва: ИНФРА – М, 2021. – 304 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1282222> (дата обращения: 30.09.2022).
3. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учеб. –метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти.: Изд –во ТГУ, 2021. – 22 с.
4. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во стандартов, 1990. – 83 с.
5. Иванов И. С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении: Учебное пособие / Иванов И.С. – М.: НИЦ ИНФРА –М, 2018. – 198 с.: – URL: <https://znanium.com/catalog/product/959399> (дата обращения: 21.09.2022).
6. Иванов И. С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие / И.С. Иванов. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 224 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1723512> (дата обращения: 02.09.2022).
7. Клепиков В. В. Технология машиностроения: курсовое проектирование: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – Москва: ИНФРА –М, 2020. – 229 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1081966> (дата обращения: 25.08.2022).
8. 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: 10.10.2022).

9. 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: 11.09.2022).

10. Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан –заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. – Москва: ИНФРА – М, 2019. – 295 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1037766> (дата обращения: 08.09.2022).

11. Пелевин В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва.: ИНФРА –М, 2017. – 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 20.09.2022).

12. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб. –метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин –т машиностроения ; каф. «Оборудование и технологии машиностроит. пр –ва». – Тольятти : ТГУ, 2015. – 140 с.

13. 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: 12.09.2022).

14. 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.

15. Сибикин М. Ю. Технологическое оборудование. Металлорежущие станки: учебник / М.Ю. Сибикин. – 2–е изд., перераб. и доп. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА–М, 2021. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1288990> (дата обращения: 21.09.2022).

16. Солоненко В.Г. Резание металлов и режущие инструменты: учеб. пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. – Москва.: ИНФРА –М, 2016. – 416 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/549074> (дата обращения: 22.09.2022).

17. Справочник конструктора –инструментальщика / В. И. Баранчиков [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гречишникова, С. В. Кирсанова. – 2 –е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2006. – 541 с.

18. 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.

19. 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.

20. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 1 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1984. – 592 с.

21. Станочные приспособления: справочник. В 2 т. Т. 2 / редсовет: Б. Н. Вардашкин (пред.) [и др.] ; ред. тома Б. Н. Вардашкин [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1984. – 655 с.

22. Тарабарин О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. – 2 –е изд., испр. и доп. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 304 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211214> (дата обращения: 20.09.2022).

23. Технология машиностроения. Специальная часть: учебник для вузов / А. С. Ямников, М. Н. Бобков, Г. В. Малахов [и др.]; под ред. А. А. Маликова, А. С. Ямникова. – Москва; Вологда: Инфра –Инженерия, 2020. – 344 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168626> (дата обращения: 23.08.2022).

24. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан –заде, В.Ф. Солдатов [и др.]. – М.: ИНФРА –М, 2019. – 387 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Текст: электронный. – URL:

<https://znanium.com/catalog/product/1010080> (дата обращения: 21.08.2022).

25. Харламов Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. [Электронный ресурс] / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – Электрон. дан. – М. : Машиностроение, 2013. – 256 с.

26. Харченко А. О. Металлообрабатывающие станки и оборудование машиностроительных производств: учебное пособие / А.О. Харченко. – 2 –е изд. – Москва: Вузовский учебник: ИНФРА –М, 2023. – 260 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1895652> (дата обращения: 28.09.2022).

27. Химический состав и физико–механические свойства стали 45 [Электронный ресурс]. – URL: https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/45?ysclid=18xffdnqvi864692614 (дата обращения: 15.08.2022).

28. Ямников А. С. Расчет припусков и проектирование заготовок / А.С. Ямников, Е.Ю. Кузнецов, М.Н. Бобков; под редакцией А.С. Ямникова. – Вологда: Инфра –Инженерия, 2020. – 328 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148337> (дата обращения: 15.09.2022).

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит
Т 19	396190 Оправка клиноплинжерная специальная; 392190 Резец контурный ГОСТ18879-73 Т5К10; 393311														
Т 20	Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89, 394418 Угломер ГОСТ5378-88.														
21															
А 22	XX XX XX 015 4110 Токарная														
Б 23	381101 Токарный с ЧПУ 16К20Ф3 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1 138														
О 24	Точить поверхности 3, 4, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 в размеры $\phi 98,147^{+0,14}$, $\phi 129,4^{+0,16}$, $58_{0,12}$, $4,5_{0,01}$,														
О 25	$31,2_{0,08}$, $1^{+0,1}$ x45°.														
Т 26	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ2675-80; 392190 Резец расточной ГОСТ18879-73 Т15К6; 392190														
Т 27	Резец расточной канавочный ГОСТ18879-73 Т15К6; 392190 Резец подрезной ГОСТ18879-73 Т15К6;														
Т 28	393311 Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89, 393450 Нутромер НМ-150 ГОСТ10-88.														
29															
А 30	XX XX XX 020 4110 Токарная														
Б 31	381101 Токарный с ЧПУ 16К20Ф3 3 18217 422 1Р 1 1 1 1200 1 3,97														
О 32	Точить поверхности 1, 8 в размеры $\phi 250_{0,185}$, $57_{0,12}$.														
Т 33	396190 Оправка клиноплинжерная специальная; 392190 Резец контурный ГОСТ18879-73 Т15К6; 393311														
Т 34	Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166-89, 394418 Угломер ГОСТ5378-88.														
35															
А 36	XX XX XX 025 4120 Сверлильная														
Б 37	381210 Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2С125Ф2 3 17335 422 1Р 1 1 1 1200 1 1,73														
О 38	Сверлить, зенковать, нарезать резьбу пов-ти 28, 26 в размер М5: $46,5_{0,1}$, $48,5_{0,1}$, $1^{+0,1}$ x45°.														
Т 39	39613 Тиски призматические самоцентрирующие ГОСТ21168-75; 391213 Сверла $\phi 4,5$ ГОСТ10902-77														
Т 40	Р6М5, 391311 Метчик М5 ГОСТ1604-71 Р6М5; 391633 Зенковка $\phi 8$ ГОСТ14953-80 Р6М5; 393400 Калибр.														
41															
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
А 42	XX	XX	XX	030	4120 Сверлильная											
Б 43	381210 Вертикально-сверлильный с ЧПУ 2С125Ф2 3 17335 422 1Р					1	1	1	1200	1						3,1
О 44	Сверлить, зенковать, нарезать резьбу пов-ти 5 в размер М8, $1^{+0,1} \times 45^\circ$.															
Т 45	396190 Оправка клиноплунжерная; 391213 Сверло $\phi 6,7$ ГОСТ10902-77 Р6М5; 391311 Метчик М8															
Т 46	ГОСТ1604-71 Р6М5; 391633 Зенковка $\phi 10$ ГОСТ14953-80 Р6М5; 393400 Калибр.															
47																
А 48	XX	XX	XX	035	Термическая											
49																
А 50	XX	XX	XX	040	4133 Плоскошлифовальная											
Б 51	381313 Плоскошлифовальный 3Б722 3 18873 422 1Р					1	1	1	1200	1						7,25
О 52	Шлифовать поверхности 1, 19 в размер $56_{-0,12}$.															
Т 53	396161 Плита магнитная ГОСТ16528-87; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба индикаторная															
Т 54	СИ-200 ГОСТ 11098-75.															
55																
А 56	XX	XX	XX	045	4132 Внутришлифовальная											
Б 57	381312 Внутришлифовальный 3К228Б 3 18873 422 1Р					1	1	1	1200	1						3,25
О 58	Шлифовать поверхности 18, 21, 22 в размер $\phi 99,023^{+0,054}$; $\phi 129,8^{+0,063}$; $29,1_{-0,084}$.															
Т 59	396190 Патрон мембранный ГОСТ16157-70; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-150															
Т 60	ГОСТ 10-88.															
61																
А 62	XX	XX	XX	050	4131 Круглошлифовальная											
Б 63	381311 Круглошлифовальный 3М151Е 3 18873 422 1Р					1	1	1	1200	1						1,5
О 64	Шлифовать поверхность 8 в размер $\phi 250_{-0,072}$.															
МК																

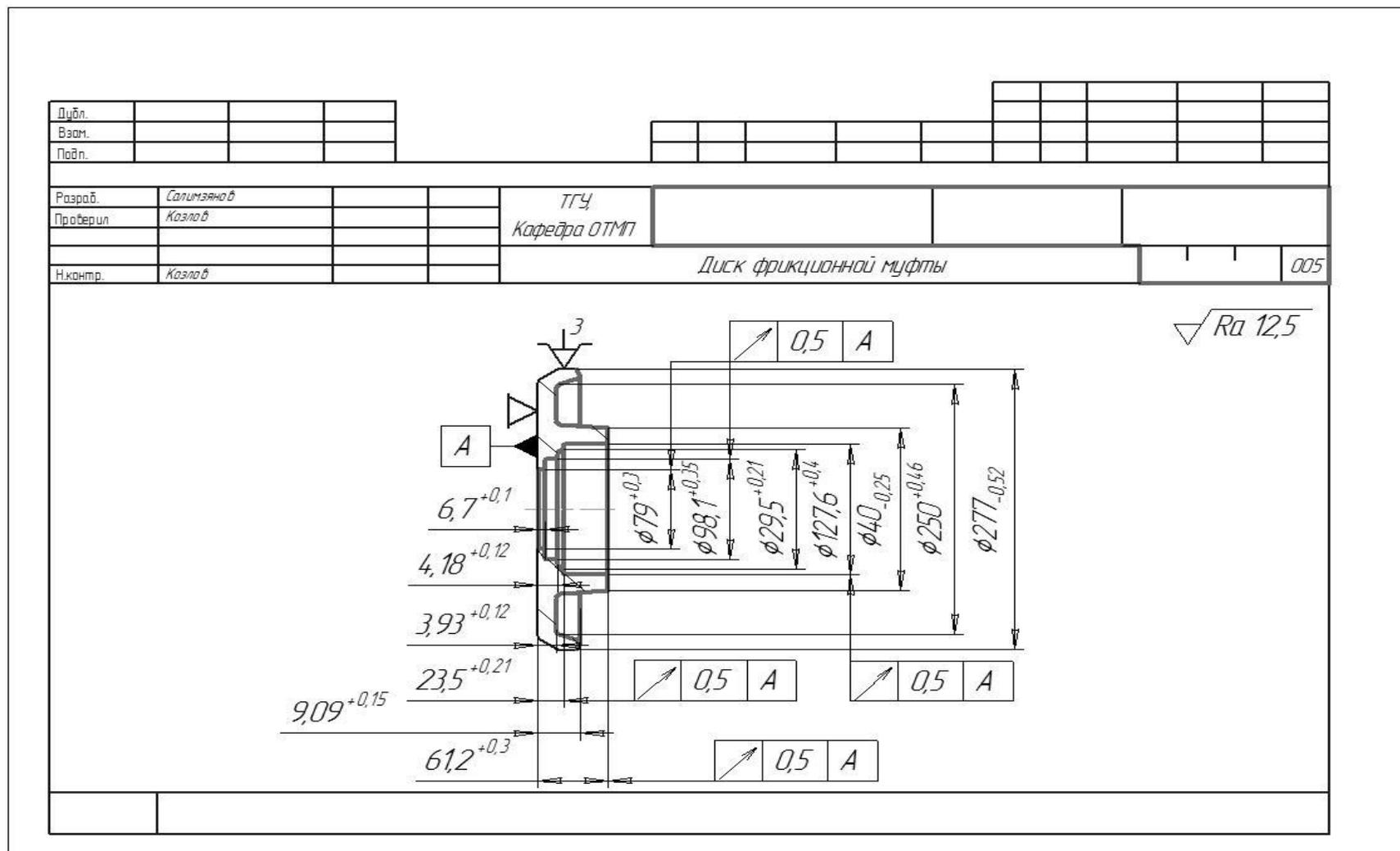
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа															
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт					
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт					
Т 65	396190 Оправка клиноплунжерная специальная; 39810 Круг шлифовальный; 394418 Угломер																				
Т 66	ГОСТ5378-88.																				
67																					
А 68	XX XX XX 055 4132 Внутришлифовальная																				
Б 69	381312 Внутришлифовальный ЗК228Б					3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1			2,63				
О 70	Шлифовать поверхность 18 в размер $\phi 130^{+0,012}_{-0,028}$.																				
Т 71	396190 Патрон мембранный ГОСТ16157-70; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-150																				
Т 72	ГОСТ 10-88.																				
73																					
А 74	XX XX XX 060 4132 Внутришлифовальная																				
Б 75	381312 Внутришлифовальный ЗК228Б					3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1			0,45				
О 76	Шлифовать поверхность 22 в размер $\phi 100^{+0,015}$.																				
Т 77	396190 Патрон мембранный ГОСТ16157-70; 39810 Круг шлифовальный; 393450 Нутромер НМ-150																				
Т 78	ГОСТ 10-88.																				
79																					
А 80	XX XX XX 065 4131 Круглошлифовальная																				
Б 81	381311 Круглошлифовальный ЗМ151Е					3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1			2,69				
О 82	Шлифовать поверхность 8 в размер $\phi 250_{-0,016}$.																				
Т 83	396190 Оправка клиноплунжерная; 39810 Круг шлифовальный; 394418 Угломер ГОСТ5378-88.																				
84																					
А 85	XX XX XX 070 Моечная.																				
86																					
А 87	XX XX XX 075 Контрольная.																				
МК																					

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2.118-82										Форма 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Салимзянов			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов			Диск фрикционной муфты						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
Токарная		Сталь 45 ГОСТ 1050-88		HB 200	166	7,56	Ø276,8x63,4			12,65	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		то	тб	тпа	тшт	слож					
16K20Ф3				2,05			2,56	Ужирнал-1					
		пи	о или в	L	t	i	s	n	v				
01	1. Установить заготовку												
T ₀₂	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ2675-80; 392190 Резец расточной ГОСТ18879-73 T5K10; 392190												
T ₀₃	Резец расточной левый ГОСТ18879-73 T5K10; 392190 Резец подрезной ГОСТ18879-73 T5K10.												
0 04	2. Точить поверхности 2, 3, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 29 согласно эскиза												
P ₀₅		1				4,5		1,3	120	95			
P ₀₆		2				2,2		1,3	120	76			
P ₀₇		3				2,2		1,2	120	61			
T ₀₈	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.												
09													
10													
11													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2.116-82										Форма 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	<i>Салимянов</i>			<i>ТГУ</i>									
Проверил	<i>Козлов</i>			<i>Кафедра ОТМП</i>									
Н.контр.	<i>Козлов</i>			<i>Диск фрикционной муфты</i>						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			M3	КОИД		
<i>Круглошлифовальная</i>		<i>Сталь 45 ГОСТ 1050-88</i>		<i>HRC 30</i>	<i>166</i>	<i>7,56</i>	<i>φ276,8x63,4</i>			<i>12,65</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Ta	Tb	Tra	Tшт	СОЖ					
<i>ЗМТ51Е</i>				<i>2,15</i>			<i>2,69</i>	<i>Урашил-1</i>					
		пи	о или в	L	t	i	s	n	v				
01	<i>1. Установить заготовку</i>												
T ₀₂	<i>396190 Оправка клиноплунжерная; 39810 Круг шлифовальный.</i>												
03	<i>2. Шлифовать поверхность в выдерживая размеры согласно эскиза.</i>												
P ₀₄	<i>1</i>												
							<i>0,003</i>	<i>360</i>	<i>35</i>				
T ₀₅	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.</i>												
06													
07													
08													
09													
10													
11													

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

		Формат Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
Перв. примен.					<u>Документация</u>		
	A1			22.БР.ОТМП.021.65.00.000СБ	Сборочный чертеж		
					<u>Детали</u>		
Склад №	A3	1		22.БР.ОТМП.021.65.00.001	Корпус	1	
	A4	2		22.БР.ОТМП.021.65.00.002	Корпус муфты	1	
	A4	3		22.БР.ОТМП.021.65.00.003	Корпус привода	1	
	A4	4		22.БР.ОТМП.021.65.00.004	Плунжер	1	
	A2	5		22.БР.ОТМП.021.65.00.005	Крышка привода	1	
	A3	6		22.БР.ОТМП.021.65.00.006	Неподвижный корпус	1	
	A3	7		22.БР.ОТМП.021.65.00.007	Поршень	1	
	A4	8		22.БР.ОТМП.021.65.00.008	Стопор	1	
	A3	9		22.БР.ОТМП.021.65.00.009	Шток	1	
	A2	10		22.БР.ОТМП.021.65.00.010	Упор	1	
	A3	11		22.БР.ОТМП.021.65.00.011	Шток	1	
Подп. и дата					<u>Стандартные изделия</u>		
			12		Винт М8х30 ГОСТ 17475-80	6	
			13		Винт М8х20 ГОСТ 17475-80	6	
Взам. инв. №			14		Гайка М14х1,5 ГОСТ 5927-70	2	
Подп. и дата							
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	22.БР.ОТМП.021.65.00.000	
	Разраб.	Салимзянов				Лист	Листов
	Проб.	Козлов				1	2
Инв. № подл.	Н.контр.	Козлов				Оправка клиноплунжерная	
	Утв.	Логинов				ТГУ, ТМд-17028	
						Копировал	Формат А4

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Информация о документе				
												Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
							15		Кольцо ГОСТ 17477-84	2						
							16		Уплотнение ГОСТ 13465-77	2						
							17		Винт М5х25 ГОСТ 17475-80	4						
							18		Прокладка ГОСТ 1567-68	1						
							19		Кольцо ГОСТ 17477-84	1						
<p>22.БР.ОТМП.021.65.00.000</p>																
											Лист					
											2					
											Копировал	Формат А4				