

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 опоры катка поворотной
каретки

Студент	<u>Е.А. Спиридонов</u> (И.О. Фамилия)	_____	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.А. Козлов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____		
Консультанты	<u>к.э.н. Н.В. Зубкова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____		
	<u>к.т.н., доцент А.В. Краснов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____		

Тольятти 2020

Аннотация

Спиридонов Евгений Александрович. Технологический процесс изготовления опоры катка поворотной каретки. Оборудование и технологии машиностроительного производства. ТГУ Тольятти, 2020 г.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления опоры катка поворотной каретки, который обеспечит выпуск годовой программы деталей соответствующих техническим требованиям при условии обеспечения минимальных экономических затрат.

Работа состоит из введения, пяти основных разделов, заключения, приложений и графической части.

Введение обосновывает актуальность разработки выбранной темы и ставится цель работы. Первый раздел посвящен анализу назначения, условий эксплуатации и технологичности детали. Результатом выполнения первого раздела является формулировка задач работы. Второй раздел посвящен решению следующих задач: выбор метод получения и проектирование заготовки, проектирование маршрута обработки поверхностей, расчет припусков на обработку, выбор средства технологического оснащения, разработка плана изготовления, расчет режимов резания, нормирование технологических операций. Третий раздел посвящен решению задач по совершенствованию технологического процесса путем проектирования станочного приспособления и металлорежущего инструмента. Четвертый раздел посвящен анализу безопасности и экологичности технологического процесса и мероприятиям по их совершенствованию. Пятый раздел посвящен расчетам экономической эффективности спроектированного технологического процесса.

Данная выпускная работа содержит пояснительную записку в объеме 64 страниц и графическую часть в объеме 6,75 листов формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации.....	5
1.2 Технологические характеристики детали.....	6
1.3 Анализ параметров техпроцесса.....	9
1.4 Формулировка задач работы.....	10
2 Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Проектирование заготовки.....	11
2.2 Проектирование плана изготовления.....	19
2.3 Определение средств оснащения техпроцесса.....	20
2.4 Разработка технологических операций.....	22
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	26
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	26
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	33
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	35
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	35
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	36
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	38
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	41
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	43
5 Экономическая эффективность работы.....	45
Заключение.....	49
Список используемых источников.....	50
Приложение А Технологическая документация.....	54
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	62

Введение

Силовые трансформаторы широко используются для преобразования напряжения электрической энергии поступающей от линий электропередач в напряжение, используемое на производстве при работе электрических машин.

В ходе проведения монтажных, ремонтных или планово-предупредительных работ в процесс эксплуатации силового трансформаторного оборудования требуется его перемещение. Для этого используются поворотные каретки, которые позволяют выполнять продольные и поперечные перемещения по прямолинейному пути. Каретки отличаются количеством используемых катков.

Корпус каретки выполняется в виде жесткого каркаса из листового металла. В боковых поверхностях корпуса выполняются отверстия, в которые устанавливаются опоры катков. Бак трансформатора устанавливается на каретку путем сварки. Изменение направления перемещения каретки осуществляется при помощи специального поворотного механизма.

Ключевым элементом кареток являются опоры катка, которые передают нагрузку от рамы на каток. В связи с этим к опоре предъявляются жесткие требования по физико-механическим характеристикам. Это приводит к необходимости выполнения данного элемента конструкции тележки из высокоуглеродистых легированных сталей, что существенно повышает его стоимость. Получение брака в ходе изготовления в данном случае недопустимо.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса изготовления опоры катка поворотной каретки, который обеспечит выпуск годовой программы деталей соответствующих техническим требованиям при условии обеспечения минимальных экономических затрат.

1 Анализ исходных данных

1.1 Назначение детали и условия ее эксплуатации

Назначение опоры катка заключается в установке на ней вращающегося катка и фиксации его перемещения в осевом направлении. Опора устанавливается в корпус каретки и фиксируется там при помощи стопорных пластин и винта. В результате чего опора становится неподвижной.

Конструкция опоры типичная для такого рода деталей. Основным отличием от типовых деталей является наличие системы каналов для подвода смазки и канавок для подвода смазки в рабочую зону.

Характеристики рабочих нагрузок зависят от весовых характеристик перемещаемого силового трансформаторного оборудования. При этом нагрузка между опорами поворотной каретки может распределяться неравномерно, что обусловлено особенностями конструкции транспортируемого оборудования. Неровности опорной поверхности, по которой происходит транспортировка, могут создавать знакопеременные нагрузки.

Условия эксплуатации зависят от условий, в которых используется силовое трансформаторное оборудование. Возможно использование такого оборудования как в производственных помещениях, так и вне их. В связи с этим велика вероятность влияния внешних климатических факторов. Опора имеет открытое расположение, поэтому на нее влияют повышенная запыленность окружающей среды, температурный режим и влажность окружающей среды. Возможные существенные колебания температур могут привести к ухудшению свойств используемых для смазки трущихся поверхностей смазочных материалов, что может привести к увеличению износа исполнительных поверхностей детали. В целом условия эксплуатации детали можно охарактеризовать как умеренно тяжелые.

1.2 Технологические характеристики детали

Характеристики технологичности детали оцениваются с использованием данных [7]. В первую очередь данные характеристики зависят от материала, способа получения заготовки, конструкции детали, характеристики механической обработки.

Материал опоры сталь 40Х ГОСТ 4543-71. «Определяем химический состав (таблица 1) и механические характеристики материала (таблица 2)» [28].

Таблица 1 – Химический состав стали 40Х

Элемент	Углерод	Сера	Фосфор	Медь	Хром	Марганец	Никель	Кремний
Содержание, %	0,36 – 0,44	0,35	0,35	0,3	0,8 – 1,1	0,5 – 0,8	0,3	0,17 – 0,37

Таблица 2 – Механические характеристики материала

Предел текучести, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение после разрыва, %	Относительное сужение, %	Твердость по Бринеллю, НВ
245	470	15	30	143 – 179

Представленные характеристики стали позволяют обеспечить необходимые рабочие показатели опоры и показатели обрабатываемости резанием при обработке твердосплавным инструментом 0,95 и быстрорежущим инструментом 0,85.

Приемлемыми методами получения заготовки определяются, прежде всего, материалом детали. Для деталей из стали 40Х наиболее приемлемы методы получения заготовки обработкой давлением [3]. Форма детали и годовая программа выпуска ограничивают выбор метода получения заготовки методами штамповки на кривошипном горячештамповочном

прессе и штамповки в открытых штампах. Данные методы обладают хорошими технологическими показателями, производительностью и позволяют получать заготовки с хорошими показателями точности и характеристик поверхностей, что уменьшает количество требуемых операций механической обработки и снижает требуемые припуски на обработку.

Конструкция детали оценивается на основе выявления наиболее значимых для выполнения служебного назначения поверхностей детали с использованием данных [13]. «Все поверхности детали классифицируем на основные конструкторские базы, вспомогательные конструкторские базы, исполнительные и свободные поверхности. Номера поверхностей представлены на эскизе детали (рисунок 1)» [13].

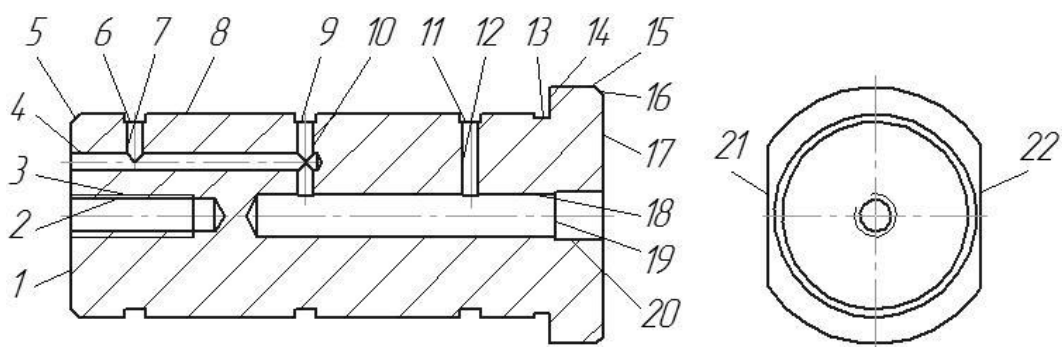


Рисунок 1 – Эскиз детали

Основными конструкторскими базами данной детали являются поверхности 8, 14. При обработке детали данным поверхностям необходимо уделить особое внимание, так как от них зависит работоспособность детали и всего узла в целом. Вспомогательными конструкторскими базами данной детали являются поверхности 1, 4, 20. Эти поверхности отвечают за ориентацию других деталей относительно данной и, как правило, имеют ориентацию относительно основных конструкторских баз, что обуславливает необходимость их точной обработки и четкого соблюдения принципов базирования. Исполнительными поверхностями данной детали являются

поверхности 3, 8. От данных поверхностей зависит качество выполнения детали своего служебного назначения, поэтому их обработка достаточно трудоемка и требует высокой точности.

Характеристики механической обработки детали определяются годовой программой выпуска, необходимой точностью обработки, допусками формы и расположения поверхностей, а также характеристиками поверхностного слоя.

Исходя из данных параметров детали, механической обработке необходимо подвергнуть все ее поверхности. Применения при этом специальных методов обработки не требуется, так как определяющие выбор метода обработки параметры точности обработки и шероховатости достижимы стандартными методами.

Исходя из годовой программы, вероятнее всего, будет применен метод достижения точности путем предварительной настройки оборудования, что потребует предварительной проработки схем базирования. В данном случае реализация схем базирования возможна использованием как уже имеющихся поверхностей детали, так и специально созданных центровых отверстий.

Реализация предполагаемых методов механической обработки не потребует применения специальных средств оснащения и специального технологического оборудования, что существенно сократит стоимость обработки.

Проведенный анализ показал, что в целом опора может считаться технологичной деталью и не требует специальных подходов к проектированию или внесения изменений в конструкцию.

1.3 Анализ параметров техпроцесса

Тип производства является основой для определения параметров проектируемого техпроцесса. Определение типа производства производится по годовой программе выпуска, которая составляет 8000 штук в год и массе

детали, которая составляет 0,88 кг. В соответствии с данными [16] тип производства среднесерийный.

Среднесерийный тип производства согласно данным [21] имеет следующие параметры техпроцесса. Проектирование ведется исходя из линейной последовательной стратегии проектирования. Организация техпроцесса на основе группового метода с применением выпуска деталей периодически повторяющимися сериями.

Методы получения заготовки выбираются по форме и материалу детали и экономических затрат на изготовление. Наиболее приемлемы для рассматриваемой детали методы штамповки. Проектирование заготовки осуществляется на основе определения припусков на обработку расчетно-аналитическим методом для ответственных поверхностей и статистическим для неответственных поверхностей.

Технологические операции разрабатываются с учетом реализации максимальной экстенсивной концентрации переходов. Обязательным условием является применение принципов теории базирования при разработке схем установки. Настройка оборудования на размер с использованием статических и динамических методов настройки. На финишных операциях возможно применение активного контроля. Расчет режимов резания и нормирование операций осуществляется расчетными методами с применением статистических данных. Предпочтительным является использование оборудования с системами числового программного управления и оборудования с полуавтоматическим циклом. Станочные приспособления предпочтительно использовать универсальные, стандартизированные, в случае необходимости при проведении соответствующих экономических расчетов специальные. Режущие инструменты предпочтительно использовать стандартные, допускается применение специальных инструментов. Средства контроля предпочтительно использовать стандартизированные, нормализованные.

Участок формируется по групповому принципу расстановки

оборудования с соблюдением правил и норм технологического проектирования.

1.4 Формулировка задач работы

Формулировка задач работы производится на основе имеющихся данных о служебном назначении детали, условиях ее работы и анализе технологических характеристик детали. Исходя из этого, основными задачами работы являются:

- выбор метод получения и проектирование заготовки;
- проектирование маршрута обработки поверхностей;
- расчет припусков на обработку;
- выбор средства технологического оснащения;
- разработка плана изготовления;
- расчет режимов резания;
- нормирование технологических операций;
- совершенствование технологического процесса путем проектирования станочного приспособления;
- совершенствование технологического процесса путем проектирования металлорежущего инструмента;
- анализ безопасности и экологичности технологического процесса и разработка мероприятий по их совершенствованию;
- расчет экономической эффективности технологического процесса.

Результатом выполнения данного раздела стала формулировка задач работы на основе анализа служебного назначения детали, ее технологических характеристик и выбора параметров проектируемого технологического процесса на основе типа производства. Комплексному решению данных задач посвящены следующие разделы работы.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Проектирование заготовки

Заготовка рассматриваемой детали проектируется согласно алгоритму, предложенному в литературе [6]:

- «выбор метода получения заготовки;
- определение маршрутов обработки поверхностей;
- расчет припусков на обработку;
- определение параметров заготовки;
- выполнение рабочего чертежа заготовки» [6].

Выбор метода получения производится исходя из возможных методов получения путем сравнения экономической эффективности получения деталей из данных заготовок [26]. В данном случае необходимо сравнить методы штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе и штамповки в открытых штампах.

Затраты на получение детали для каждого из методов рассчитываются с использованием выражения:

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

где $C_{ЗАГ}$ – стоимость получения заготовки анализируемым методом, руб.;

$C_{МЕХ}$ – стоимость снятия стружки, руб.;

$C_{ОТХ}$ – стоимость одного кг стружки, руб.;

Q – масса заготовки, кг;

q – масса детали, кг.

Стоимость получения заготовки анализируемым методом определяется с использованием выражения:

$$C_{\text{ЗАГ}} = C_{\text{ШТ}} \cdot h_{\text{T}} \cdot h_{\text{С}} \cdot h_{\text{В}} \cdot h_{\text{М}} \cdot h_{\text{П}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{ШТ}}$ – цена за 1 кг заготовки, анализируемым методом, руб.;

h_{T} – коэффициент метода получения заготовки;

$h_{\text{С}}$ – коэффициент сложности метода получения заготовки;

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

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

$h_{\text{П}}$ – коэффициент годовой программы производства.

В обоих случаях составляющие выражения (2) равны, поэтому стоимости получения заготовки также равны.

$$C_{\text{ЗАГ}} = 29,96 \cdot 0,90 \cdot 1,15 \cdot 0,80 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 29,27 \text{ р.}$$

«Стоимость снятия стружки определяется с использованием выражения:

$$C_{\text{МЕХ}} = C_{\text{С}} + E_{\text{Н}} \cdot C_{\text{К}}, \quad (3)$$

где $C_{\text{С}}$ – текущие затраты на удаление одного кг стружки, руб.;

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

$E_{\text{Н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений» [26].

В выражении (3) составляющие также равны, поэтому стоимости снятия стружки также равны.

$$C_{\text{МЕХ}} = 4,95 + 0,1 \cdot 10,85 = 6,04 \text{ р.}$$

Масса детали определяется с использованием выражения:

$$q = V \cdot \rho, \quad (4)$$

где V – объем детали, мм³;

ρ – плотность материала, кг/мм³.

После расчетов получаем массу детали равную 0,88 кг.

Определение массы заготовки основано на использовании метода укрупненного расчета [11], согласно которому расчет производится для каждого из анализируемых методов с использованием выражения:

$$Q = q \cdot K_p, \quad (5)$$

где K_p – коэффициент, который учитывает характеристики метода получения заготовки.

Для метода получения заготовки методом штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе:

$$Q = 0,88 \cdot 1,4 = 1,21 \text{ кг.}$$

Для метода получения заготовки методом штамповки в открытых штампах получаем:

$$Q = 0,88 \cdot 1,5 = 1,32 \text{ кг.}$$

Выполняем расчет затрат на получение детали для каждого из методов по формуле (1).

Для метода получения заготовки методом штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе:

$$C_{T1} = 29,27 \cdot 1,21 + 6,04 \cdot (1,21 - 0,88) - 1,4 \cdot (1,21 - 0,88) = 36,95 \text{ р.}$$

Для метода получения заготовки методом штамповки в открытых штампах получаем:

$$C_{T2} = 29,27 \cdot 1,32 + 6,04 \cdot (1,35 - 0,88) - 1,4 \cdot (1,35 - 0,88) = 40,82 \text{ р.}$$

В результате экономического сравнения сопоставляемых методов получения заготовки получаемый экономический эффект определяется с использованием выражения:

$$\mathcal{E} = (C_{T2} - C_{T1}) \cdot N, \quad (6)$$

где « N – годовая программа выпуска, шт» [26].

$$\mathcal{E} = (40,82 - 36,95) \cdot 8000 = 30960 \text{ р.}$$

Расчеты показали, что метод получения заготовки методом штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе более эффективен, поэтому он будет принят для проведения дальнейшего проектирования заготовки.

Составление маршрутов обработки поверхностей детали в соответствии с определенными ранее параметрами производства проводится на основе определения суммарных удельных затрат, характеристик точности размера поверхности и параметров ее поверхностного слоя по данным [18, 24]. Результаты составления маршрутов обработки поверхностей представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты составления маршрутов обработки поверхностей

Поверхность	Квалитет точности	Шероховатость Ra , мкм	Маршрут обработки
1	12	6,3	фрезерование, термическая обработка
2	10	6,3	сверление, термическая обработка
3	10	6,3	резьбонарезание, термическая обработка
4	12	6,3	сверление, термическая обработка
5	12	6,3	точение чистовое, термическая обработка
6	12	6,3	точение чистовое, термическая обработка
7	12	6,3	сверление, термическая обработка
8	6	0,8	точение черновое, точение чистовое, термическая обработка, шлифование черновое, шлифование чистовое
9	12	6,3	точение чистовое, термическая обработка
10	12	6,3	сверление, термическая обработка
11	12	6,3	точение чистовое, термическая обработка
12	12	6,3	сверление, термическая обработка
13	12	6,3	точение чистовое, термическая обработка
14	12	1,6	точение черновое, точение чистовое, термическая обработка, шлифование черновое, шлифование чистовое
15	12	6,3	точение черновое, термическая обработка
16	12	6,3	точение чистовое, термическая обработка
17	12	6,3	фрезерование, термическая обработка
18	12	6,3	сверление, термическая обработка
19	12	6,3	зенкование, термическая обработка
20	12	6,3	зенкование, термическая обработка
21	12	6,3	фрезерование, термическая обработка
22	12	6,3	фрезерование, термическая обработка

Основываясь на полученных маршрутах обработки поверхностей, производим расчет припусков на обработку.

Припуски на обработку точных поверхностей диаметром $38k6^{(+0,018)}_{(+0,002)}$ определяются расчетно-аналитическим методом [22].

«Минимальный припуск рассчитывается для каждого перехода по формуле:

$$z_{i\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (7)$$

где a_{i-1} – величина дефектного слоя на предыдущем переходе, мм;

Δ_{i-1} – величина пространственных отклонений поверхностей на предыдущем переходе, мм;

ε_i – величина погрешности установки заготовки на текущем переходе, мм» [22].

«Максимальный припуск рассчитывается для каждого перехода по формуле» [22]:

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

где Td_i – допуск размера на текущем переходе, мм;

Td_{i-1} – допуск размера на предыдущем переходе, мм.

Средний припуск рассчитывается для каждого перехода по формуле:

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

Результаты проведения расчетов припусков приведены ниже.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Зная величины припусков для каждого перехода можно провести расчеты операционных размеров.

Минимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{i min} + 2 \cdot z_{i min}. \quad (10)$$

В маршруте обработки поверхности предусмотрено выполнение термической обработки. С учетом этого минимальный диаметр на переходе предшествующем термическому рассчитывается по формуле:

$$d_{(T0-1)min} = d_{(i-1) min} \cdot 0,999. \quad (11)$$

Максимальный диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (12)$$

Средний диаметр рассчитывается по формуле:

$$d_{i \text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{i \text{ max}} + d_{i \text{ min}}). \quad (13)$$

Ниже приведены результаты проведения расчетов.

Результаты проведения расчетов операционных размеров приведены ниже.

$$d_{4 \text{ min}} = 38,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4 \text{ max}} = 38,018 \text{ мм.}$$

$$d_{4 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{4 \text{ max}} + d_{4 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (38,018 + 38,002) = 38,100 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ min}} = d_{4 \text{ min}} + 2 \cdot z_{4 \text{ min}} = 38,018 + 2 \cdot 0,066 = 38,150 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ max}} = d_{3 \text{ min}} + Td_3 = 38,150 + 0,039 = 38,189 \text{ мм.}$$

$$d_{3 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{3 \text{ max}} + d_{3 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (38,189 + 38,150) = 38,170 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{то min}} = d_{3 \text{ min}} + 2 \cdot z_{3 \text{ min}} = 38,189 + 2 \cdot 0,292 = 39,229 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{то max}} = d_{\text{то min}} + Td_{\text{то}} = 39,229 + 0,160 = 39,389 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{то ср}} = 0,5 \cdot (d_{\text{то max}} + d_{\text{то min}}) = 0,5 \cdot (39,389 + 39,229) = \\ = 39,309 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ min}} = d_{\text{то min}} \cdot 0,999 = 39,229 \cdot 0,999 = 39,188 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ max}} = d_{2 \text{ min}} + Td_2 = 39,188 + 0,100 = 39,288 \text{ мм.}$$

$$d_{2 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{2 \text{ max}} + d_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (39,288 + 39,188) = 39,238 \text{ мм}$$

$$d_{1 \text{ min}} = d_{2 \text{ min}} + 2 \cdot z_{2 \text{ min}} = 39,288 + 2 \cdot 0,268 = 39,824 \text{ мм.}$$

$$d_{1 \text{ max}} = d_{1 \text{ min}} + Td_1 = 39,824 + 0,250 = 40,074 \text{ мм.}$$

$$d_{1 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{1 \text{ max}} + d_{1 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (40,074 + 39,824) = 39,949 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ min}} = d_{1 \text{ min}} + 2 \cdot z_{1 \text{ min}} = 40,074 + 2 \cdot 0,801 = 41,676 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ max}} = d_{0 \text{ min}} + Td_0 = 41,676 + 1,600 = 43,276 \text{ мм.}$$

$$d_{0 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (d_{0 \text{ max}} + d_{0 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (43,276 + 41,676) = 42,476 \text{ мм.}$$

Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{min}} = d_{0 \text{ min}} - d_{4 \text{ max}}. \quad (14)$$

Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (15)$$

Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

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

$$2z_{min} = 41,676 - 38,018 = 3,658 \text{ мм.}$$

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

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

Значения припусков на обработку остальных поверхностей по переходам определяются на основе метода и данных, содержащихся в литературе [6]. В таблице 4 приведены результаты определения припусков на обработку поверхностей.

Таблица 4 – Результаты определения припусков на обработку поверхностей

Поверхность	Номер перехода	Минимальное значение припуска, мм	Максимальное значение припуска, мм	Среднее значение припуска, мм
1, 17	1	1,6	2,575	2,088
14	1	1,6	2,375	1,988
	2	0,7	0,804	0,752
	3	0,4	0,458	0,429
	4	0,1	0,158	0,129
15	1	0,9	1,825	1,363

Имея значения припусков на обработку поверхностей, производим проектирование заготовки. Основные параметры заготовки для ее проектирования выбираем по ГОСТ 7505-89: «класс точности получения заготовки Т4, группа материала М2, степень сложности С1, исходный индекс И10. Напуски также определяем по ГОСТ 7505-89: штамповочные уклоны 5°,

радиусы скруглений 2,5 мм, значение максимального остаточного облоя не более 0,7 мм, значение смещения по поверхности разъема штампа не более 0,5 мм» [4]. Результаты проектирования заготовки представлены на листе графической части работы.

2.2 Проектирование плана изготовления

Основой проектирования плана изготовления является технологический маршрут изготовления детали. В соответствии с характеристиками типа производства разработка технологического маршрута изготовления детали ведется на основе типовых маршрутов [27] с учетом обеспечения принципа максимальной концентрации переходов. Получаем следующий маршрут изготовления детали.

005 Фрезерноцентровальная операция содержит переходы фрезерования поверхностей 1, 17 и сверления поверхностей 23, 24.

010 Токарная операция содержит переходы точения поверхностей 8, 14.

015 Токарная операция содержит переходы точения поверхностей 15, 16.

020 Токарная операция содержит переходы точения поверхностей 5, 6, 8, 9, 11, 13, 14.

025 Фрезерная операция содержит переходы фрезерования поверхностей 21, 22.

030 Сверлильная операция содержит переходы сверления и резбонарезания поверхностей 2, 3, 4.

035 Сверлильная операция содержит переходы сверления и зенкования поверхностей 18, 19, 20.

040 Сверлильная операция содержит переходы сверления и резбонарезания поверхностей 7, 10, 12.

045 Термическая операция содержит термическую обработку всех поверхностей детали.

050 Центрошлифовальная операция содержит переходы шлифования поверхностей 23, 24.

055 Круглошлифовальная операция содержит переходы шлифования поверхностей 8, 14.

060 Круглошлифовальная операция содержит переходы шлифования поверхностей 8, 14.

065 Моечная операция содержит мойку и сушку всех поверхностей.

070 Контрольная операция содержит контроль параметров детали по ее чертежу.

Основываясь на маршруте изготовления детали, разрабатывается план изготовления. «Для этого необходимо: определить состав операций, разработать операционные эскизы, разработать схемы базирования на операциях, определить технические требования на выполнение операций» [19]. Результаты проектирования плана изготовления представляются в виде маршрутной карты, которая содержится в приложении А данной работы, а так же в виде графического отображения на листе графической части работы, сформированного по рекомендациям [19].

2.3 Определение средств оснащения техпроцесса

«В состав средств технологического оснащения входят технологическое оборудование, станочные приспособления, режущий инструмент, контрольные приспособления» [13].

Выбор средств технологического оснащения зависит от типа производства, схемы базирования на операции, метода обработки, точности обработки, геометрических параметров детали, требуемой точности контроля, и ряда других требований [13]. В таблице 5 представлены результаты выбора технологического оборудования с использованием данных [1, 5, 8, 9, 14, 17, 23].

Таблица 5 – Результаты выбора средств технологического оснащения

Операция	Оборудование	Станочное приспособление	Металлорежущий инструмент	Средство контроля
005 Фрезерно-центровальная	фрезерно-центровальный МР-78	тиски самоцентрирующие ГОСТ 21167-75	фреза торцовая Т5К10 ГОСТ 26595-85, сверло центровочное А4 Р6М5 ГОСТ14952-75	штангенциркуль ШЦ-I-ГОСТ 166-80, калибры
010 Токарная	токарный 16К20Ф3	патрон трехкулачковый специальный, центр вращающийся ГОСТ 8742-75	резец контурный ВОК-60 специальный	штангенциркуль ШЦ-I-ГОСТ 166-80
015 Токарная	токарный 16К20Ф3	патрон трехкулачковый специальный, центр вращающийся ГОСТ 8742-75	резец контурный ВОК-60 специальный	штангенциркуль ШЦ-I-ГОСТ 166-80
020 Токарная	токарный 16К20Ф3	патрон трехкулачковый специальный, центра вращающиеся ГОСТ 8742-75	резец токарный канавочный Т15К6 ГОСТ 188874-73, резец контурный Т15К6 ГОСТ 18879-73	штангенциркуль ШЦ-I-ГОСТ 166-80
025 Фрезерная	вертикально-фрезерный 6Т12	универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89, центр вращающийся ГОСТ 8742-75	фреза торцовая Т5К10 ГОСТ 26595-85	штангенциркуль ШЦ-I-ГОСТ 166-80
030 Сверлильная	вертикально-сверлильный 2Н135Ф2	тиски призматические самоцентрирующие специальные, опора постоянная ГОСТ 13440-68	сверло спиральное Р6М5 ГОСТ 4010-77, метчик М8 Р6М5 ГОСТ 3266-81, сверло спиральное Р6М5 ГОСТ 4010-77	штангенциркуль ШЦ-I-ГОСТ 166-80, калибры
035 Сверлильная	вертикально-сверлильный 2Н135Ф2	тиски призматические самоцентрирующие специальные, опора постоянная	сверло спиральное Р6М5 ГОСТ 4010-77	штангенциркуль ШЦ-I-ГОСТ 166-80, калибры

Продолжение таблицы 5

Операция	Оборудование	Станочное приспособление	Металлорежущий инструмент	Средство контроля
		ГОСТ 13440-68		
040 Сверлильная	вертикально-сверлильный 2Н125	приспособление специальное	сверло спиральное Р6М5 ГОСТ 4010-77	калибры
050 Центрошлифовальная	центрошлифовальный 3922	тиски самоцентрирующие ГОСТ 21167-75	алмазная головка АГК	калибры
055 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3М151	патрон поводковый, центр упорный ГОСТ 13214-79	круг шлифовальный 1-500×45×305 23А46N8V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007	скоба рычажная СР 75 ГОСТ 11098-75
060 Круглошлифовальная	круглошлифовальный 3М151	патрон поводковый, центр упорный ГОСТ 13214-79	круг шлифовальный 1-500×45×305 24А60М5V 30м/с1А ГОСТ 52781-2007	скоба рычажная СР 75 ГОСТ 11098-75
075 Моечная	моечная машина			

Выбранные средства технологического оснащения заносятся в маршрутную карту и операционные карты приложения А. Кроме того, технологическое оборудование заносится в соответствующую графу плана изготовления графической части работы.

2.4 Разработка технологических операций

Основой для разработки технологических операций является определение режимов резания и их нормирование. «К режимам резания относят подачу инструмента, скорость резания и частоту вращения шпинделя. Нормирование операций заключается в определении времени на их выполнение» [15].

Определение режимов резания проводится в соответствии с типом

производства расчетно-аналитическим методом [15].

Скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (17)$$

где V_T – статистическая скорость резания, м/мин;

K_1 – коэффициент материала детали;

K_2 – коэффициент материала инструмента;

K_3 – коэффициент метода обработки.

Частота вращения рассчитывается по формуле:

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

где d – диаметр поверхности обработки при точении или инструмента при сверлении и фрезеровании, мм.

Действительная скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (19)$$

где n_d – действительная частота вращения шпинделя, об/мин.

Нормирование операций согласно типу производства выполняется по методике [27].

«Сначала определяется длина резания по формуле:

$$L_{px} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (20)$$

где l_1 – длина врезания инструмента, мм;

$l_{рез}$ – длина обработки, мм;

l_2 – длина перебега инструмента, мм» [27].

«Затем определяется основное время выполнения операции по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S_0 \cdot n_{\text{д}}}, \quad (21)$$

где S_0 – подача инструмента, мм/об» [27].

«Для операций фрезерования основное время выполнения операции определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S_z \cdot z \cdot n_{\text{д}}}, \quad (22)$$

где S_z – подача на зуб фрезы, мм/зуб;

z – количество зубьев фрезы, шт» [27].

В таблице 6 представлены результаты определения режимов резания и нормирования.

Таблица 6 – Результаты определения режимов резания и нормирования

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005 Фрезерно-центровальная					
1	0,04	58	250	72	0,72
2	0,01	24	1900	20	1,05
010 Токарная					
1	0,4	189	1250	97	0,2
015 Токарная					
1	0,4	189	1250	14	0,03
020 Токарная					
1	0,25	241	1600	97	0,25
2	0,08	69	630	7,5	0,15
3	0,08	70	630	2,5	0,05
025 Фрезерная					
1	0,05	158	630	50	0,16
2	0,05	158	630	50	0,16
030 Сверлильная					
1	0,06	35	1600	30	0,31
2	1,0	3,2	125	48	0,39

Продолжение таблицы 6

Переход	Подача, мм/об	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
3	0,04	15	1600	93	1,45
035 Сверлильная					
1	0,08	32	1600	134	1,05
2	0,04	18	630	9	0,36
040 Сверлильная					
1	0,04	33	1250	45	0,1
050 Центрошлифовальная					
1	25	0,005		3	0,86
055 Круглошлифовальная					
1	30	0,017	120	92	1,15
060 Круглошлифовальная					
1	35	0,011	160	92	1,96

Режимы резания и нормирование операций заносятся в маршрутную карту и операционные карты приложения А, а также в технологические наладки графической части работы.

«Результаты разработки технологических операций должны отражать метод обработки, структуру операции, схемы базирования, оборудование для осуществления операции, станочные приспособления, металлорежущий инструмент, результаты определения режимов резания и нормирования операций» [7].

Результатом выполнения данного раздела стала технология изготовления детали, которая основана на типовом технологическом процессе, проектировании достаточно точной заготовки, определении средств оснащения исходя из типа производства и проектировании технологических операций с использованием расчетно-аналитического метода.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование станочного приспособления

В базовом технологическом процессе на операции 005 Токарной черновой используется приспособление, не обеспечивающее принятую схему базирования. Также данное приспособление не обладает механизированным приводом закрепления, что приводит к нестабильности сил закрепления и, как следствие, снижению точности обработки. Эскиз данной операции представлен на рисунке 2.

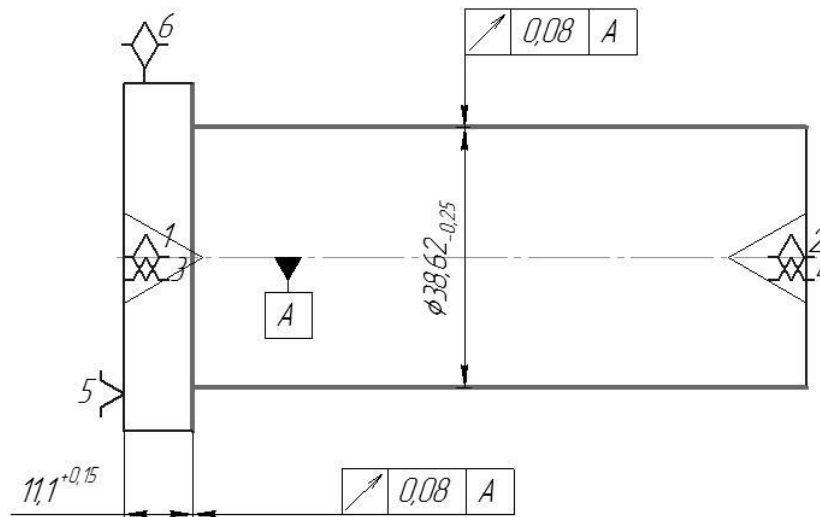


Рисунок 2 – Эскиз операции

Устранение выявленных недостатков возможно путем проектирования станочного приспособления по методике и данным [25].

«Согласно принятой методике составляющие силы резания рассчитываются по формуле:

$$P_{Y,Z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (23)$$

где C_p , x , y , n – коэффициент и показатели степеней, зависящие от

конкретных условий обработки;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

V – фактическая скорость резания, м/мин;

K_p – коэффициент характеристик обрабатываемого материала»

[25].

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 3,5^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 189^{-0,3} \cdot 0,9 = 809 \text{ Н.}$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 3,5^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 189^{-0,15} \cdot 0,9 = 2165 \text{ Н.}$$

Для расчета силы закрепления составим схему закрепления заготовки (рисунок 3).

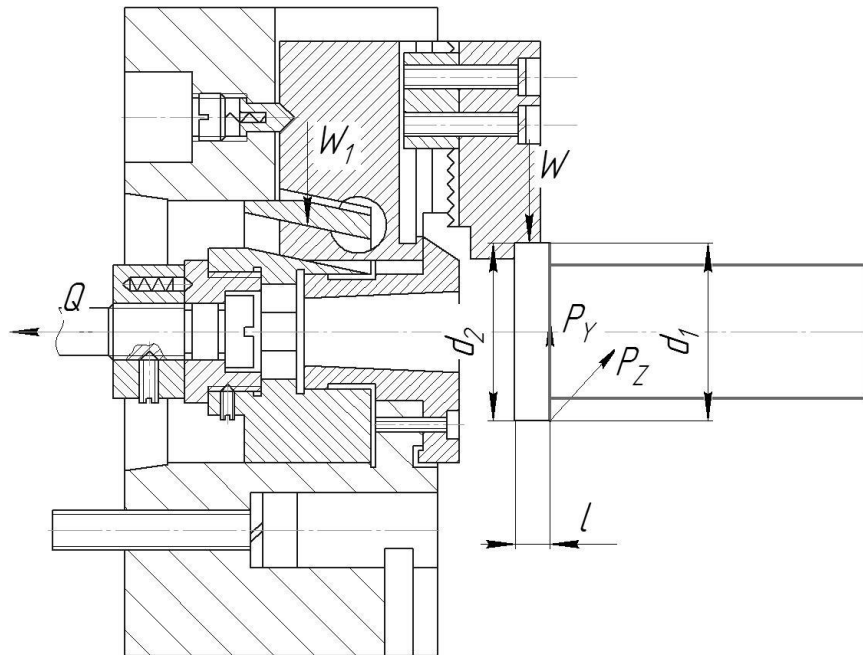


Рисунок 3 – Схема закрепления заготовки

Составляющая силы резания P_Z создает момент равный:

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_1}{2}, \quad (24)$$

где d_1 – обрабатываемый диаметр, мм.

Уравновешивающий его момент силы зажима равен:

$$M_{3PZ} = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}, \quad (25)$$

где « W – сила зажима, Н;

f – коэффициент трения поверхностей заготовки и сменного кулачка;

d_2 – диаметр закрепления, мм» [25].

Из условия необходимости обеспечения равенства данных моментов определяем силу зажима:

$$W = \frac{P_Z \cdot d_1}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K, \quad (26)$$

где « K – коэффициент запаса» [25].

«Коэффициент запаса учитывает особенности выполнения операции и рассчитывается по формуле:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (27)$$

где: K_0 – гарантированный коэффициент запаса;

K_1 – коэффициент состояния обрабатываемой поверхности;

K_2 – коэффициент увеличения сил резания вследствие затупления режущего инструмента;

K_3 – коэффициент прерывистости процесса резания;

K_4 – коэффициент стабильности усилия зажима;

K_5 – коэффициент эргономических показателей привода» [25].

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

В соответствии с принятой методикой коэффициент запаса не может составлять менее 2,5.

По формуле (26) определяем силу зажима.

$$W = \frac{2165 \cdot 48}{2 \cdot 0,2 \cdot 48} \cdot 2,5 = 9021 \text{ Н.}$$

Составляющая силы резания P_Y создает момент равный:

$$M_{P_{P_Y}} = P_Y \cdot l, \quad (28)$$

где l – плечо приложения силы, мм.

Уравновешивающий его момент силы зажима равен:

$$M_{3_{P_Y}} = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot d_2}{3}. \quad (29)$$

Из условия необходимости обеспечения равенства данных моментов определяем силу зажима:

$$W = \frac{3 \cdot P_Y \cdot l}{2 \cdot f \cdot d_2} \cdot K. \quad (30)$$

По формуле (30) определяем силу зажима.

$$W = \frac{2 \cdot 809 \cdot 11,1}{3 \cdot 0,3 \cdot 48} \cdot 2,5 = 2339 \text{ Н.}$$

Дальнейшие расчеты выполняем по наибольшей силе зажима, которая составляет 9021 Н.

Усилие зажима на постоянных кулачках рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{1 - \frac{3 \cdot l}{H} \cdot f_1}, \quad (31)$$

где « l – вылет кулачка, мм;

H – длина направляющей постоянного кулачка, мм;

f_1 – коэффициент трения в направляющих» [25].

$$W_1 = \frac{9021}{1 - \frac{3,62}{80} \cdot 0,1} = 11754 \text{ Н.}$$

Усилие, которое необходимо развить силовому приводу определяется по уравнению:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}, \quad (32)$$

где i_c – передаточное отношение зажимного механизма.

В конструкции приспособления предлагается применять клиновой зажимной механизм, передаточное отношение которого рассчитывается по формуле:

$$i_c = \frac{1}{\text{tg}(\alpha + \varphi) + \text{tg}\varphi_1}, \quad (33)$$

где α – угол клина, град;

φ – угол трения наклонной поверхности клина, град;

φ_1 – угол трения плоской поверхности клина, град

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

По формуле (32) определяем усилие, которое необходимо развить силовому приводу.

$$Q = \frac{11754}{1,1} = 10686 \text{ Н.}$$

Для создания данного усилия в конструкции приспособления предусмотрено применение гидроцилиндра, диаметр поршня которого рассчитывается по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot Q}{P} + d^2}, \quad (34)$$

где d – диаметр штока поршня, мм;

P – давление в гидросистеме, МПа.

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 10686}{2,5} + 30^2} = 84 \text{ мм.}$$

Принимаем ближайший стандартный диаметр поршня 90 мм.

Проведение расчета приспособления на точность производим на основе схемы для определения погрешностей приспособления, представленной на рисунке 4.

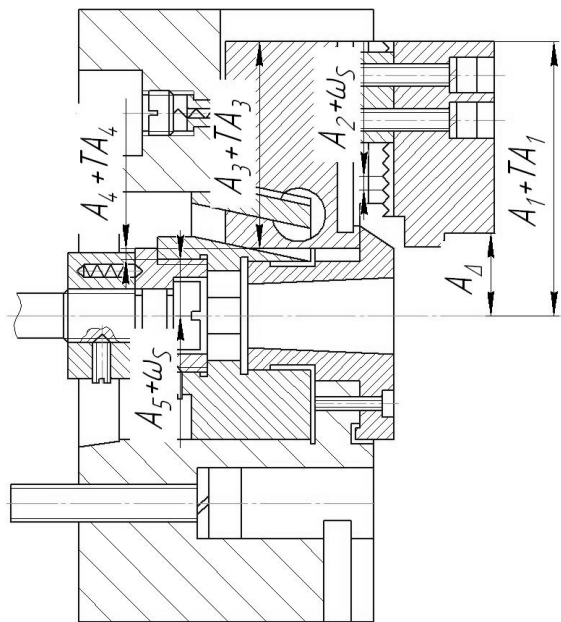


Рисунок 4 – Схема для определения погрешностей приспособления

Исходя из представленной схемы, погрешность установки в приспособлении составит:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (35)$$

где Δ_1 – погрешность изготовления размера A_1 , мм;

Δ_2 – колебание зазора в сопряжении A_2 , мм;

Δ_3 – погрешность изготовления размера A_3 , мм;

Δ_4 – погрешность изготовления размера A_4 , мм;

Δ_5 –колебание зазора в сопряжении A_5 , мм.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,025^2 + 0,01^2 + 0,025^2 + 0,012^2 + 0,010^2} = 0,022 \text{ мм.}$$

Расчетное значение погрешности установки должно быть меньше, чем допускаемое, которое в данном случае составляет 0,045 мм. Условие выполняется, следовательно, приспособление отвечает заданной точности установки и может быть использовано на токарной черновой операции.

Базовым элементом патрона является корпуса, в который устанавливается клиновой зажимной механизм. В свою очередь к клиновому механизму крепятся постоянные кулачки. Нижний конец клинового механизма прикрепляется к тяге, которая соединена с силовым приводом. Корпус прикрепляется при помощи винтов к шпинделю. Силовой привод состоит из неподвижного корпуса, в котором расположен поршень со штоком. Подвод рабочей жидкости обеспечивается через вращающуюся муфту.

Для закрепления заготовки рабочая жидкость подается в штоковую полость гидроцилиндра. Под действием давления шток и прикрепленная к ней тяга перемещаются влево. Тяга тянет за собой клин. Кулачки соединенные с клином скользят по ответным наклонным поверхностям, тем самым обеспечивая закрепление и центрирование заготовки. Для раскрепления заготовки рабочая жидкость подается в бесштоковую полость гидроцилиндра. Движение поршня через шток и тягу передается на клин, который скользит в обратном направлении возвращая тем самым систему в исходное положение.

Конструкция станочного приспособления представлена на листе графической части работы. Спецификация на приспособление представлена в приложении Б.

3.2 Проектирование режущего инструмента

Одна из ключевых проблем при выполнении токарной обработки используемого для изготовления детали материала заключается в возникновении сливной стружки. Такая стружка может привести к повреждению обработанных поверхностей, а также требует значительных временных затрат на ее удаление. В связи с этим возникновение сливной стружки в процессе обработки нежелательно. Другой недостаток применяемых в базовой технологии резцов заключается в относительно небольшой стойкости режущих пластин, что объясняется физико-механическими свойствами обрабатываемого материала. С целью устранения данных недостатков был проведен анализ существующих технических решений и предложена конструкция, исключающая выявленные недостатки. Проектирование осуществляем по методике [20].

«Конструктивные размеры резца зависят от площади сечения срезаемого слоя, который определяется по формуле:

$$F = t \cdot S, \quad (36)$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об» [20].

$$F = 3,5 \cdot 0,4 = 1,4 \text{ мм}^2.$$

«При данной площади сечения резец должен иметь следующие конструктивные параметры:

- рабочая высота резца 20 мм;
- сечение державки 20×20 мм;
- длина державки 125 мм» [20].

С целью обеспечения необходимой стойкости инструмента в качестве материала режущей пластины принимаем минералокерамику ВОК-60 [8].

В предлагаемой конструкции крепление пластины к державке производится при помощи прихвата и винта. Минимально допустимый диаметр винта определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (37)$$

где Q_1 – сила, действующая на винт при резании, Н;

σ_d – допустимое напряжение, МПа.

Сила, действующая на винт при резании, определяется по формуле:

$$Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (38)$$

где P_{Zmax} – максимальное значение составляющей силы резания, Н.

Выполняем расчеты.

$$Q_1 = \frac{2165}{0,7} = 3092 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3092}{\pi \cdot 650}} = 6,1 \text{ мм.}$$

Благодаря выбору в качестве материала режущей пластины керамики ВО-13, подвергнутой предварительному азотированию, стойкость инструмента повысится в 1,5-2 раза, что существенно скажется на экономических показателях [8]. Решение проблемы возникновения сливной стружки предполагается решить при помощи применения в конструкции накладного стружколома профильной конструкции, спроектированного по рекомендациям [10]. Конструкция спроектированного резца представлена на листе графической части работы и приложении Б.

Спроектированные в данном разделе средства оснащения позволили решить основные технические проблемы базового техпроцесса и повысить его эффективность без кардинального перестроения его структуры и применения дорогостоящих методов обработки.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

В данном разделе проведем анализ проектируемого технологического процесса изготовления опоры катка поворотной каретки на предмет безопасности и экологичности его выполнения. Для этого будем использовать методику и данные [2].

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта

Приведем характеристику анализируемого технологического процесса исходя из используемого оборудования, средств технологического оснащения, материалов и веществ, необходимых для его осуществления. Большинство операций являются типовыми, поэтому рассматривать будем только изменяющиеся операции. Необходимые характеристики приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Технологический паспорт технического объекта

«Технологический процесс» [2]	«Технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию» [2]	«Оборудование, техническое устройство, приспособление» [2]	«Материалы, вещества» [2]
технологический процесс изготовления опоры катка поворотной каретки	токарная операция	оператор станков с числовым управлением	токарно-винторезный станок 16К20Ф3, патрон трехкулачковый, центр вращающийся, резец контурный ВОК-60 специальный	сталь 40Х ГОСТ 4543-71, обтирочная ветошь, синтетическая смазочно-охлаждающая жидкость

Данные приведенные в таблице 7 используем для оценки профессиональных рисков, возникающих на изменяемых операциях технологического процесса и разработки мероприятий по их устранению, оценки пожарной безопасности производственного участка, а также для оценки экологического влияния производственного процесса и разработки мероприятий по снижению данного влияния.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 8 представлены основные результаты выявления наиболее значимых профессиональных рисков, возникающих при выполнении модернизируемых операций технологического процесса изготовления опоры катка поворотной каретки.

Таблица 8 – Идентификация профессиональных рисков

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
токарная операция	«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [2]	оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	«обрабатываемая заготовка, металлорежущий инструмент» [2]
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей	оборудование, средства технологического

Продолжение таблицы 8

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ» [2]	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
	и характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации	оснащения, транспортно-погрузочные устройства
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	«оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства» [2]
	опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги	оборудование
	отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	оборудование, средства технологического оснащения, транспортно-погрузочные устройства
	вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	смазочно-охлаждающая жидкость
	физическая динамическая нагрузка	оборудование, средства технологического оснащения
	стереотипные рабочие движения	оборудование, средства технологического оснащения

Представленные в таблице 8 опасные и вредные факторы практически

все в значительной степени влияют на безопасность выполнения модернизируемых операций технологического процесса. В связи с этим необходимо разработать меры по снижению или устранению влияния данных факторов на работников производства.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Разработка мер по снижению и устранению влияния опасных и вредных факторов, возникающих в ходе выполнения технологического процесса, заключается в разработке соответствующих организационных мер, применении специальных технических средств коллективной и индивидуальной защиты. Результаты разработки представлены в таблице 9.

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

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
«неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним» [2]	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройства, ограждающие опасные зоны, зачистка заусенцев	«фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием, очки защитные» [2]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройства, ограждающие опасные зоны	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, » [2]

Продолжение таблицы 9

«Опасный и/или вредный производственный фактор» [2]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора» [2]	«Средства индивидуальной защиты работника» [2]
ожоги (обморожения) тканей организма человека		«халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, перчатки с полимерным покрытием, перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием» [2]
опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации	«инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройства и приспособления, гасящие вибрации» [2]	ботинки кожаные с защитным подноском
опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	«инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройства и приспособления, поглощающие и снижающие уровень шума до предельно допустимых значений» [2]	наушники противозумные или вкладыши противозумные
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройства, ограждающие опасные зоны, устройства заземления оборудования, изоляции токоведущих частей, системы аварийного отключения оборудования, диэлектрические коврики	спецодежда
отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной	

Продолжение таблицы 9

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
	документации, устройства местного освещения	
вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм (ядовитые вещества/химикаты/химическая продукция)	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, устройств ограждающие опасные зоны	«костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, нарукавники, респиратор, фартук для защиты от общих производственных загрязнений» [2]
физическая динамическая нагрузка	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	
стереотипные рабочие движения	инструктажи по охране труда в соответствии с требованиями нормативной документации, соблюдение периодичности и продолжительности регламентированных перерывов	

Приведенные в таблице 9 мероприятия позволяют полностью устранить, либо значительно снизить негативное влияние опасных и вредных факторов, выявленных ранее. Это позволяет сделать вывод о безопасности

вносимых в технологический процесс технических и организационных изменений.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Пожарная безопасность производственного участка обеспечивается целым комплексом взаимосвязанных мероприятий.

В первую очередь необходимо определить характеристики возможного пожара и его опасность. Результаты идентификации класса пожара и его опасных факторов приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок, подразделение» [2]	«Оборудование» [2]	«Класс пожара» [2]	«Опасные факторы пожара» [2]	«Сопутствующие проявления факторов пожара» [2]
участок изготовления опоры катка поворотной каретки	токарно-винторезный станок 16К20Ф3, патрон трехкулачковый, центр вращающийся, резец контурный ВОК-60 специальный	«пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)» [2]	«пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму» [2]	«осколки, части разрушившихся оборудования, изделий и иного имущества; вынос высокого напряжения на токопроводящие части оборудования, изделий и иного имущества; опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара; воздействие огнетушащих веществ» [2]

Основываясь на знании характеристик возможного пожара, определяем технические средства необходимые на производстве для обеспечения

пожарной безопасности. Результаты представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
огнетушители, гидромомпы, ведра, бочки с водой, лопаты, ящики с песком, асбестовые полотна войлочные маты, кошмы, ломы, пилы, топоры	пожарные автомобили, мотопомпы, передвижные огнетушители	газовая система пожаротушения	извещатели пожарные; приборы приемно-контрольные пожарные; приборы управления пожарные; системы передачи извещений о пожаре	гидранты, колонки, стволы, рукава, соединительные колонки, гидроэлеваторы	противогазы, самоспасатели и	конусные ведра; ломы; багры с деревянной ручкой; ножницы, резиновые коврики и резиновые боты; полотно; лопаты; тележка; экран защитного действия	оповещатели звуковые автоматические, световые оповещатели «Выход»

Далее разрабатываем комплекс необходимых организационных мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности. Результаты представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

«Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта» [2]	«Наименование видов реализуемых организационных мероприятий» [2]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности» [2]
технологический процесс изготовления опоры катка поворотной каретки	«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» [2]	«пожарные инструктажи, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, первичных средств пожаротушения» [2]

Представленный комплекс взаимосвязанных мероприятий позволяет обеспечить необходимый для действующих производственных условий уровень пожарной безопасности.

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Экологическая безопасность производственного процесса обеспечивается на основе идентификации тех негативных факторов, которые возникают в ходе его выполнения. Результаты проведения данной идентификации представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического техпроцесса	Структурные составляющие объекта производственно-технологического процесса	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
технологический процесс изготовления опоры катка поворотной каретки	токарно-винторезный станок 16К20Ф3	аэрозоли смазочно-охлаждающей жидкости и других технических жидкостей, пыль	смазочно-охлаждающая жидкость, частицы стружки, растворенная пыль	металлическая стружка, ветошь, смазочно-охлаждающая жидкость

Снижение влияния выявленных факторов негативно воздействующих на экологию производится путем разработки соответствующих организационно-технических мероприятий (таблица 14).

Таблица 14 – Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	технологический процесс изготовления опоры катка поворотной каретки
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	«система очистки воздуха перед выбросом ее в атмосферу на основе циклонов, электрофильтров и абсорберов» [2]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	«система очистки сточных вод на основе отстойников, пневматических флотомашин, аэротенка» [2]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«сортировка отходов по виду, переработка металлических отходов, утилизация отходов на специальных полигонах» [2]

На основе проведенного анализа проектируемого технологического процесса изготовления на предмет безопасности и экологичности его выполнения выявлены все основные негативные факторы, а также предложен комплекс организационных и технических мероприятий по устранению и снижению их влияния на работников предприятия и окружающую среду.

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.

Основанием для определения экономической эффективности служат предложенные изменения в технологическом процессе изготовления детали «Опора катка». Эти изменения касаются только одной операций, на которой предложено в качестве оснастки использовать 3-хкулачковый специальный патрон механизированный, вместо 3-хкулачкового патрона с ручным зажимом. А в качестве инструмента – резец проходной ВО-13 специальный, вместо резца токарного контурного Т15К6 ГОСТ 28101-89.

Используя данное описание изменений, рассчитаем, необходимые для определения эффективности, параметры, такие как: себестоимость, капитальные вложения, прибыль, срок окупаемости и экономический эффект. Чтобы получить значения указанных параметров воспользуемся соответствующим учебно-методическим пособием [12] и программным обеспечением Microsoft Excel.

Для определения себестоимости, в частности технологической себестоимости, необходимы последовательно определить основную заработную плату, социальные отчисления и расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Значения этих параметров, по сравниваемым вариантам выполнения описанных операций показано на рисунке 5.

Как видно из рисунка 5, все параметры имеют тенденцию к снижению, то есть проектируемый вариант предполагает снижение технологической себестоимости изготовления детали «Опора катка» на 1,04 руб., что составит 27,1 %.

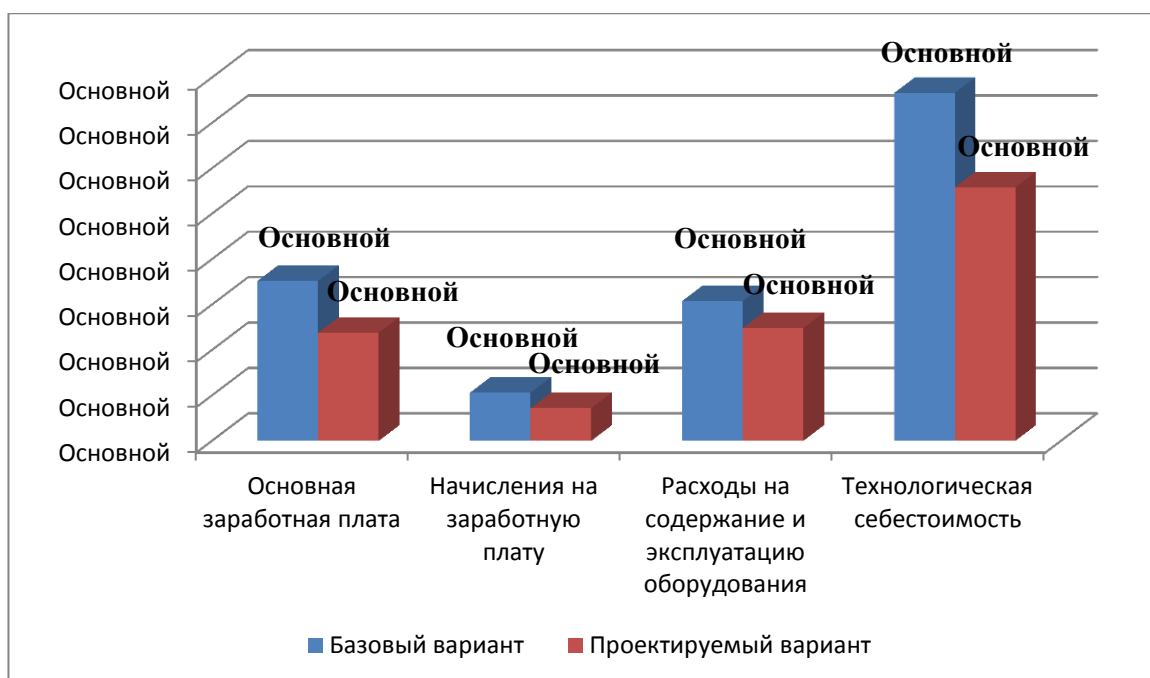


Рисунок 5 – Сравнительная характеристика параметров технологической себестоимости по вариантам, руб.

Полученные значения основной заработной платы и технологической себестоимости по сравниваемым вариантам служат необходимыми данными для определения такого параметра как полная себестоимость. В результате проведенных расчетов полная себестоимость для базового варианта составит 10,28 рублей, а для проектируемого – 7,16 рублей. По полученным значениям можно сделать вывод о том, что полная себестоимость проектируемом варианте меньше чем в базовом. Эта разница составляет 30,4% или 3,12 рублей.

Используя полученную разницу и годовую программу выпуска детали, определяем сначала ожидаемую прибыль, а затем, с учетом налоговой ставки для юридических лиц, чистую прибыль от внесенных изменений в технологический процесс, которая составит 19968 рублей.

Чтобы определить будут ли эффективны предложенные изменения, необходимо рассчитать инвестиции или капитальные вложение в проект. Учитывая то, что изменения технологического процесса изготовления детали «Опора катка» затрагивают замену инструмента и оснастки, то капитальные

вложения будут складываться из затрат на инструмент, приспособление и затрат на проектирование нового технологического процесса, поэтому общая сумма инвестиций составит 36917,72 рублей. На рисунке 6 представлена структура капитальных вложений в долевом соотношении.



Рисунок 6 – Структура капитальных вложений в долях к общей величине

Анализируя структуру параметров инвестиций, представленную на рисунке 6, видно, что затраты на проектирование составляют большую долю в общей величине капитальных вложений, их величина равна 96,7 %.

Имея все необходимые параметры, можно обосновать эффективность предложенных изменений. Для этого необходимо определить: срок окупаемости, общий дисконтируемый доход, интегральный экономический эффект и в зависимости от величины эффекта либо индекс доходности, либо доход на капитал. Полученные значения всех перечисленных параметров представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Показатели экономической эффективности проекта

Наименование параметра	Величина параметра
Срок окупаемости, года	3
Общий дисконтируемый доход, руб.	42062,22
Интегральный экономический эффект, руб.	5144,51
Индекс доходности, руб. / руб.	1,14

Анализируя, представленные в таблице 15, данные можно сделать вывод о том, что проект является эффективным, так как интегральный экономический эффект является положительной величиной и составляет 5144,51 рублей, что является обязательным условием для экономического обоснования мероприятий. Так как эффект больше нуля, поэтому определяется индекс доходности, а не доход на капитал. Данный показатель дает понимание, какую прибыль может получить производитель с каждого вложенного в проект рубля, в нашем случае эта прибыль составит 0,14 рублей, что может обеспечить рентабельность в размере 14 %.

В результате выполнения данного раздела определены основные экономические показатели проектируемого техпроцесса. Расчеты показали, что предлагаемые технические изменения базового технологического процесса позволят, не только увеличить производительность обработки, но и получить экономический эффект.

Заключение

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы является достижение ее цели, которая заключается в разработке технологического процесса изготовления опоры катка поворотной каретки, обеспечивающего выпуск годовой программы соответствующих техническим требованиям деталей при условии обеспечения минимальных экономических затрат.

Актуальность разработки выбранной темы обоснована широким использованием поворотных кареток для перемещения силовых трансформаторов в ходе проведения монтажных, ремонтных или планово-предупредительных работ в процесс эксплуатации силового трансформаторного оборудования.

В результате выполнения анализа назначения, условий эксплуатации и технологичности детали были сформулированы основные задачи работы, решение которых позволило добиться поставленной цели.

В ходе разработки технологической части работы выбран метод получения и проведено проектирование заготовки, спроектирован маршрут обработки поверхностей, рассчитаны припуски на обработку, выбраны средства технологического оснащения, разработан план изготовления, рассчитаны режимы резания, проведено нормирование технологических операций.

Проектирование специальных средств оснащения техпроцесса позволило решить задачу по совершенствованию технологического процесса путем проектирования станочного приспособления и металлорежущего инструмента. Проведенный анализ безопасности и экологичности технологического процесса позволил разработать мероприятия по их обеспечению. Анализ экономической эффективности спроектированного технологического процесса подтвердил правильность принятых технических решений.

Список используемых источников

1. Боровский Г.В. Справочник инструментальщика / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов ; под общ. ред. А.Р. Маслова. - 2-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение, 2007. – 463 с.
2. 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: 10.05.2020).
3. Горохов В.А. Материалы и их технологии: учеб. для студентов вузов. В 2 ч. Ч. 1 / В.А. Горохов, Н.В. Беляков, А.Г. Схиртладзе ; под ред. В.А. Горохова. - Гриф УМО. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 588 с.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-06-30. – М. : Стандартиформ, 2010. – 36 с.
5. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки : [монография] / Ю.Н. Кузнецов [и др.]. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 476 с.
6. Зубарев Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку: учеб. пособие / Ю.М. Зубарев. - Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 256 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/72581> (дата обращения: 02.04.2020).
7. Иванов И.С. Технология машиностроения: учеб. пособие / И.С. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/504931> (дата обращения: 16.04.2020).
8. Инструментальные материалы: учеб. пособие / Г.А. Воробьева [и др.]. - Санкт-Петербург. : Политехника, 2016. – 267 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/563295> (дата обращения:

26.04.2020).

9. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 18.04.2020).

10. Клименков С.С. Обрабатывающий инструмент в машиностроении: учебник / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 459 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/435685> (дата обращения: 26.04.2020).

11. Константинов И.Л. Технологияковки и горячей объемной штамповки: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению 22.03.02 "Металлургия" / И.Л. Константинов. – Гриф УМО. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 549 с.

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: 03.05.2020).

13. 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.

14. Мещерякова В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/881108> (дата обращения: 16.04.2020).

15. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учеб. пособие / В.М. Кишуров [и др.]. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Санкт-Петербург. : Лань, 2018. – 216 с. [Электронный ресурс]. – URL:

<https://e.lanbook.com/book/102222> (дата обращения: 23.04.2020).

16. Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 295 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545566> (дата обращения: 05.04.2020).

17. 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: 18.04.2020).

18. Пухаренко Ю.В. Механическая обработка конструкционных материалов: курсовое и диплом. проектирование: учеб. пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. – Санкт-Петербург. : Лань, 2018. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/99220> (дата обращения: 11.04.2020).

19. 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: 16.04.2020).

20. Режущий инструмент: учебник для вузов / Д.В. Кожевников [и др.] ; под общ. ред. С.В. Кирсанова. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва. : Машиностроение, 2014. – 520 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/63256> (дата обращения: 26.04.2020).

21. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 330 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://znanium.com/catalog/product/505001> (дата обращения: 02.04.2020).

22. 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.

23. 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.

24. Схиртладзе А.Г. Проектирование и производство заготовок : учеб. для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин, А.В. Макаров. – 3-е изд., перераб. и доп. ; Гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2009. – 447 с.

25. Схиртладзе А.Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 3 / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин. – 3-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 536 с.

26. Сысоев С.К. Технология машиностроения: Проектирование технол. процессов: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки дипломир. специалистов "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 349 с.

27. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 387 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545572> (дата обращения: 11.04.2020).

28. Химический состав и физико–механические свойства стали 20ХГНР [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X (дата обращения: 04.04.2020).

Приложение А

Технологическая документация

Дроб.	Взам.	Подп.												
			ТГУ Кафедра ОТМП											
			<i>Опора катка</i>											
			<i>Сталь 40Х ГОСТ 4543-71</i>											
М01	Разработал Спиридонов Козлов	Проверил	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КММ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ		
М02			12	166	0,88	1		0,73	32	$\phi 50,8 \times 104,2$	1	1,21		
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	ЕН	ОП	Кшт	Тшт
Б	Код, наименование оборудования													
А03	<i>XX XX XX 000 Заготовительная</i>													
Б04	<i>Горизонтально-каточная машина</i>													
05														
А06	<i>XX XX XX 005 4269 Центробально-подрезная</i>													
Б07	<i>381631 Фрезероно-центровальный МР-78 3 17845 312 1Р 1 1 1200 1 2,21</i>													
0 08	<i>Подрезать торцы: пов. 1, 17 в размер 100^{+0,33}, сверлить отверстия: пов. 23, 24 в размер $\phi 4^{+0,04}$</i>													
Т 09	<i>396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ 21167-75; 391801 Фреза торцовая $\phi 80$ ГОСТ 1695-80 Т5К10;</i>													
Т 10	<i>396126 Сверло центровочное А4 ГОСТ 14952-80 Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80;</i>													
11	<i>393141 Калибр.</i>													
А 12														
Б 13	<i>XX XX XX 010 4110 Токарная</i>													
0 14	<i>381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1200 1 0,48</i>													
Т 15	<i>Точить поверхности 8, 14 в размеры $\phi 38,62_{-0,25}^{+0,15}$; 11,2^{+0,15}</i>													
Т 16	<i>396171 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392101 Резец контурный специальный В0-13; 393311</i>													
МК														

Продолжение Приложения А

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Кштп	Тпоз	Тштп
Б	Код, наименование оборудования															
Т 19	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.															
20																
А 21	XX XX XX 015 4110 Токарная															
Б 22	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1 1200 1 0,23															
0 23	Точиль поверхность 15, 16 в размер $\phi 48_{-0,25}$, 98,5 ^{+0,05} , 15 ^{+0,1} X45°.															
Т 24	396171 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392101 Резец контурный специальный В0-13; 393311															
Т 25	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.															
26																
А 27	XX XX XX 020 4110 Токарная															
Б 28	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1 1200 1 0,56															
0 29	Точиль поверхность 5, 6, 8, 9, 11, 13, 14 в размеры $\phi 39_{-0,1}$, 188 _{-0,1} ; 8,5 ^{+0,050} ; 84 ^{+0,14} ; 52 ^{+0,12} ; 21 ^{+0,004} ; 4 ^{+0,12} .															
Т 30	396171 Патрон 3-х кулачковый специальный; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т15К6; 392101															
Т 31	Резец канавочный ГОСТ 188874-73 Т15К6; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.															
32																
А 33	XX XX XX 025 4262 Фрезерная															
Б 34	381631 Вертикально-фрезерный 6Т12 3 18632 312 1Р 1 1 1 1200 1 0,4															
0 35	Фрезеровать поверхность 21, 22 в размер 40 _{-0,1} .															
Т 36	396141 Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89; 391801 Фреза торцовая $\phi 80$															
Т 37	ГОСТ 1695-80 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.															
38																
А 39	XX XX XX 030 4223 Сверлильная															
Б 40	381263 Сверлильный с ЧПУ 2Н135Ф2 3 15292 312 1Р 1 1 1 1500 1 2,69															
0 41	Сверлить поверхность 2, 3, 4 в размер $\phi 7_{+0,050}$, $\phi 3_{+0,1}$, М8, 10 ^{+0,15} .															
МК																

Продолжение Приложения А

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код. наименование операции	Обозначение документа						
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН
Б	Код. наименование обработки											
Т 69	396131 Тиски самоцентрирующие специальные: 391290 Сверло $\phi 7$ ГОСТ 4010-77 Р6М5; 391290 Сверло											
Т 70	$\phi 3$ ГОСТ 4010-77 Р6М5; 391311 Метчик М8 ГОСТ 3266-81 Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-I											
Т 71	ГОСТ 166-80; 393400 Калибры.											
72												
А 73	XX XX XX 035 4223 Сверлильная											
Б 74	381263 Сверлильный с ЧПУ 2Н135Ф2 3 15292 312 1Р 1 1 1 1500 1 1,77											
0 75	Сверлить поверхности 18, 19, 20 в размер $\phi 8$ $^{+0,15}_{-0,15}$ $\phi 9$ $^{+0,35}_{-0,35}$ 35											
Т 76	396131 Тиски самоцентрирующие специальные: 391290 Сверло $\phi 8$ ГОСТ 4010-77 Р6М5; 391290 Сверло											
Т 77	$\phi 9$ ГОСТ 4010-77 Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ 166-80; 393400 Калибры.											
78												
А 79	XX XX XX 040 4223 Сверлильная											
Б 80	381263 Сверлильный 2Н125 3 15292 312 1Р 1 1 1 1500 1 0,21											
0 81	Сверлить поверхности 7, 10, 12 в размер $\phi 3$ $^{+0,12}_{-0,12}$ 12 $^{+0,25}_{-0,25}$ 44 $^{+0,75}_{-0,75}$ 75											
Т 82	396131 Приспособление специальное: 391290 Сверло $\phi 3$ ГОСТ 4010-77 Р6М5; 393400 Калибры.											
83												
А 84	XX XX XX 045 Термическая											
85												
А 86	XX XX XX 050 4142 Центрошлифовальная											
Б 87	381317 Центрошлифовальный 3921 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 1,08											
0 88	Шлифовать поверхности 23, 26 в размер $\phi 4$ $^{+0,022}_{-0,022}$											
Т 89	396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ 21167-75; 397120 Алмазная головка АГК ГОСТ 2447-82;											
Т 90	393120 Калибры.											
91												
МК												

Продолжение Приложения А

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код. наименование операции		СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	Обозначение боксента			
					Код. наименование обработки	Кшт								Гвоз	Кшт	Гвоз	Кшт
А 94	XX XX XX	055	4131	Круглошлифовальная													
Б 95	381311	Круглошлифовальный ЗМ151	3	18873	312	1P	1	1	1	1200	1						1,44
0 96	Шлифовать поверхности 8, 14 размеры $\phi 38,150_{-0,039; -0,050}^{+0,050}$																
Т 97	396110 Патрон поводковый; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная CP-75 ГОСТ 11098-75.																
98																	
А 99	XX XX XX	060	4131	Круглошлифовальная													
Б 100	381311	Круглошлифовальный ЗМ151	3	18873	312	1P	1	1	1	1200	1						2,45
0 101	Шлифовать поверхности 8, 14 размеры $\phi 38_{-0,002; -0,050}^{+0,010}$																
Т 102	396110 Патрон поводковый; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная CP-75 ГОСТ 11098-75.																
103																	
А 104	XX XX XX	065	Моечная														
105																	
А 106	XX XX XX	070	Контрольная														
107																	
108																	
109																	
110																	
111																	
112																	
113																	
114																	
115																	
116																	
МК																	

Продолжение Приложения А

Дизл.																						
Взам.																						
Подп.																						
Разраб.		Спирidon																				
Проверил		Казлов																				
Нач-пр.																						
		ТУ, Кафедра ОТМТ		Опора катка																		030

Продолжение Приложения А

Детл.		Взам.		Подп.		Цех		Уч		Р.М.		Опер.			
Разраб.		Проверил		Начинпр.		Наименование операции		Материал		Твердость		Профиль и размеры			
Оборудование, устройство, ЧПУ		Обозначение программы		МД		МЗ		КОИД		СОЖ		Ужирнал-1			
2Н135Ф2															
01	1. Установить заготовку														
T 02	396131 Тиски самоцентрирующие специальные; 391290 Сверло $\phi 7$ ГОСТ 4010-77 Р6М5; 391290 Сверло $\phi 3$ ГОСТ 4010-77 Р6М5; 391311 Метчик М8 ГОСТ 3266-81 Р6М5.														
T 03	2. Сверлить поверхность 2, 3, 4 выдерживая размеры согласно эскиза														
P 05	1	3,5	0,06	1600	35										
06	2	10	10	125	3,2										
07	3	15	0,04	1600	15										
T 08	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.														
09															
10															

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.			
							Изм.	Лист		
				<u>Документация</u>						
A1			20.БР.ОТМП.782.65.00.000СБ	Сборочный чертеж						
				<u>Детали</u>						
A3		1	20.БР.ОТМП.782.65.00.001	Корпус	1					
A4		2	20.БР.ОТМП.782.65.00.002	Стопор	1					
A4		3	20.БР.ОТМП.782.65.00.003	Клин	1					
A4		4	20.БР.ОТМП.782.65.00.004	Постоянный кулачек	3					
A4		5	20.БР.ОТМП.782.65.00.005	Сухарь	3					
A4		6	20.БР.ОТМП.782.65.00.006	Сменный кулачек	3					
A4		7	20.БР.ОТМП.782.65.00.007	Втулка	1					
A4		8	20.БР.ОТМП.782.65.00.008	Заглушка	1					
A4		9	20.БР.ОТМП.782.65.00.009	Тяга	1					
A4		10	20.БР.ОТМП.782.65.00.010	Гайка	1					
A4		11	20.БР.ОТМП.782.65.00.011	Плунжер	1					
A4		12	20.БР.ОТМП.782.65.00.012	Втулка	3					
A4		13	20.БР.ОТМП.782.65.00.013	Шток	3					
A3		14	20.БР.ОТМП.782.65.00.014	Корпус неподвижный	1					
A4		15	20.БР.ОТМП.782.65.00.015	Муфта	1					
A3		16	20.БР.ОТМП.782.65.00.016	Крышка	1					
A3		17	20.БР.ОТМП.782.65.00.017	Корпус гидроцилиндра	1					
A4		18	20.БР.ОТМП.782.65.00.018	Поршень	1					
A4		19	20.БР.ОТМП.782.65.00.019	Шток	1					
A4		20	20.БР.ОТМП.782.65.00.020	Переходная втулка	1					
			20.БР.ОТМП.782.65.00.000							
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
			Разраб.	Спириданов				Лит.	Лист	Листов
			Проб.	Козлов					1	2
			Н.контр.					ТГУ, ИМ, зр. ТМдд-1502б		
			Утв.					Копировал Формат А4		

Продолжение Приложения Б

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Стандартные изделия</i>		
		21		<i>Пружина ГОСТ9379-85</i>	3	
		22		<i>Винт М8х35 ГОСТ11738-84</i>	6	
		23		<i>Шайба ГОСТ6402-70</i>	6	
		24		<i>Винт М5х25 ГОСТ11738-84</i>	3	
		25		<i>Пружина ГОСТ9379-85</i>	1	
		26		<i>Винт стопорный М5х15 ГОСТ1479-93</i>	1	
		27		<i>Винт стопорный М5х10 ГОСТ1479-93</i>	1	
		28		<i>Винт М14х70 ГОСТ11738-84</i>	3	
		29		<i>Пружина ГОСТ9379-85</i>	3	
		30		<i>Подшипник206 ГОСТ2893-82</i>	2	
		31		<i>Кольцо ГОСТ 1567-68</i>	3	
		32		<i>Кольцо ГОСТ 1567-68</i>	1	
		33		<i>Демпфер ГОСТ 8754-79</i>	2	
		34		<i>Кольцо ГОСТ 1567-68</i>	2	
		35		<i>Пробка М5 ГОСТ 12202-66</i>	2	
		36		<i>Винт стопорный М8х15 ГОСТ1479-93</i>	1	
		37		<i>Винт стопорный М8х15 ГОСТ1479-93</i>	2	
		38		<i>Винт М8х25 ГОСТ11738-84</i>	6	
		39		<i>Прокладка ГОСТ 14475-80</i>	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инд. № дубл.	Подп. и дата

