

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 ступицы катка электротележки

Обучающийся	<u>Р.Р. Казак</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 рассматривает вопросы, направленные на решение задач проектирования технологического процесса изготовления ступицы катка электротележки. Цель работы заключается в проектировании такого 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. В первую очередь производится анализ имеющихся исходных данных, таких как, назначение и условия эксплуатации детали, технологичность детали, характеристики типа производства. По результатам данного анализа формулируются задачи работы, решение которых позволяет достигнуть поставленной цели. Далее разрабатывается технология изготовления детали. Для этого решаются следующие задачи. Производится выбор и проектирование заготовки на основе экономического сравнения наиболее приемлемых методов получения. Разрабатывается план изготовления детали с учетом характеристик и требований типа производства. Выбираются средства технологического оснащения с учетом современных достижений техники и технологии. Рассчитываются операции технологического процесса исходя из требуемой точности определения режимов резания и применяемых средств технологического оснащения техпроцесса. Затем решаются задачи совершенствования полученного техпроцесса путем проектирования соответствующих средств технологического оснащения для операций, имеющих неудовлетворительные технические показатели. В заключительной части работы выполняется анализ безопасности выполнения спроектированной технологии и определяются показатели ее экономической эффективности.

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

Содержание

Введение.....	4
1 Результаты анализа исходных данных.....	5
1.1 Назначение и условия эксплуатации детали	5
1.2 Технологичность детали.....	6
1.3 Характеристики типа производства	8
1.4 Основные задачи работы.....	10
2 Разработка технологии изготовления	12
2.1 Выбор и проектирование заготовки	12
2.2 Разработка плана изготовления детали.....	21
2.3 Выбор средств технологического оснащения	22
2.4 Расчет операций технологического процесса	25
3 Расчет и проектирование специальных средств оснащения	30
3.1 Расчет и проектирование гидропластовой оправки.....	30
3.2 Расчет и проектирование шлифовального круга	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта	37
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	40
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	43
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта	44
5 Экономическая эффективность работы	46
Заключение	50
Список используемых источников.....	51
Приложение А Технологическая документация.....	55
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	64

Введение

Автоматизация современного массового и крупносерийного производства предполагает обеспечение его гибкости. Это позволит обеспечить быструю переналадку производства на выпуск однотипной новой продукции, сократить издержки на перенастройку оборудования и технологическую подготовку. Один из путей повышения гибкости производства заключается в создании автоматизированных транспортных систем. Решение данной задачи имеет несколько эффективных путей. Наиболее эффективным на данный момент является применение для осуществления транспортных операций автоматических тележек с электрическим приводом, что обеспечивает требуемую мобильность, скорость перемещения и требования безопасности. Данные тележки достаточно простые по конструкции, надежные и грузоподъемные при относительно незначительных габаритах. Одним из ключевых показателей эффективности функционирования электротележки является ее надежность, обеспечение которой зависит от показателей надежности каждого входящего в конструкцию элемента. Основные показатели надежности детали, такие как, безотказность, ремонтпригодность, долговечность, определяются на стадии ее изготовления. Также от принятой технологии изготовления детали зависит ее стоимость, а также возможность обеспечения выпуска всей производственной программы с применением минимального количества оборудования. В данной выпускной квалификационной работе рассматривается технология изготовления ступицы катка, которая является одним из ключевых элементов электротележки.

Следовательно, цель данной выпускной квалификационной работы заключается в проектировании такого технологического процесса изготовления ступицы, который позволит при минимальных экономических затратах обеспечить выпуск 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 ступицы является установка на ней опорного катка, предназначенного для перемещения электротележки по поверхности. Ступица входит в конструкцию подвески и устанавливается на ось при помощи подшипников, установленных по внутренним поверхностям детали.

Эксплуатационные нагрузки, оказывающие влияние на деталь, зависят от множества разнообразных факторов. Рассмотрим основные из них.

Существенное влияние оказывают нагрузки, возникающие при перемещении грузов. Величина данных нагрузок зависит от веса транспортируемых грузов, а также состояния покрытия, по которому производится перемещение. В случае наличия на поверхности покрытия значительных неровностей, стыков, выбоин и других дефектов возникают дополнительные ударные циклические нагрузки, воздействие которых может привести к повреждению ступицы.

Негативное влияние также оказывает рабочая среда, что обусловлено использованием в ходе технологического процесса различных химически активных жидкостей в основном для системы смазки оборудования и охлаждения зоны резания. В процессе транспортировки данных жидкостей, а также их эксплуатации неизбежно их попадание на напольное покрытие производственного помещения, а также на поверхности электротележки. В дальнейшем эти вещества могут попасть на поверхности ступицы, что приведет к их ускоренному износу. Еще одним фактором, оказывающим влияние на работоспособность детали и всего механизма, является наличие стружки. Попадание стружки на поверхности ступицы приводит к их повреждению, а в случае попадания на поверхности подшипников может привести к быстрому выходу из строя всего узла и возникновению

аварийных ситуаций. 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 [12].

Ступица изготавливается из стали 40ХН ГОСТ 4543-71, которая имеет следующий химический состав: «углерод 0,36-0,44%, хром 0,45-0,75%, никель 1-1,4%, сера 0,035%, фосфор 0,035%, кремний 0,17-0,37%, марганец 0,5-0,8%, медь 0,3%» [26]. «Механические характеристики из стали 40ХН ГОСТ 4543-71: предел текучести 780 МПа, предел прочности 960 МПа, относительное удлинение 18%, относительное сужение 58%, твердость по шкале Бринелля 325 единиц» [26].

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 0,8 и 0,72 соответственно. Данные значения являются хорошим показателем для легированной стали и указывают на возможность обеспечения хорошей производительности механической обработки.

Термическая обработка стали включает закалку и отпуск, что обеспечивает твердость поверхности до 56 единиц по шкале Роквелла. Это

обеспечивает хорошие эксплуатационные свойства детали. 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.

Конструктивно деталь можно отнести типовым деталям класса ступиц. Однако в конструкции имеется ряд особенностей. Во-первых, контур детали достаточно сложный и состоит из большого количества простейших цилиндрических и плоских поверхностей. Во-вторых, размеры поверхностей детали их точность соответствуют нормальному ряду чисел. Для проведения более детального анализа точности поверхностей детали необходимо произвести их классификацию и выявить наиболее ответственные [2]. На рисунке 1 приведен эскиз детали и нумерация ее поверхностей.

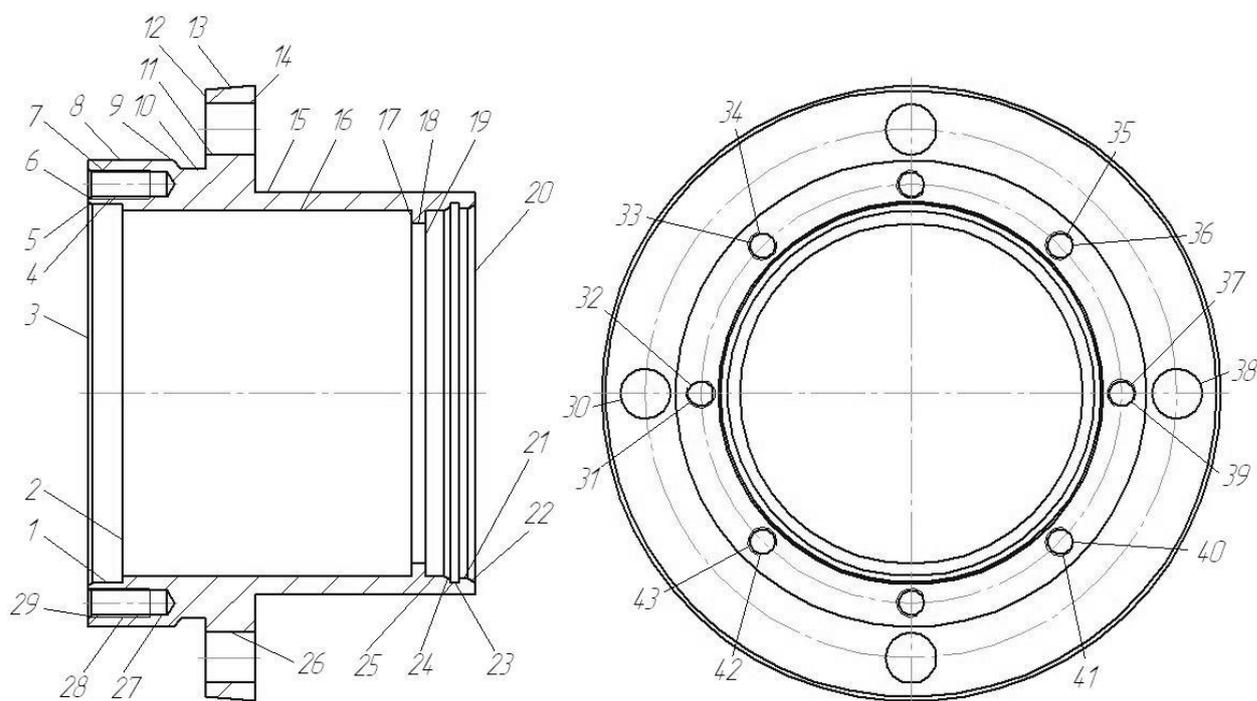


Рисунок 1 – Эскиз ступицы

Приведем полученную классификацию поверхностей. «Основные

конструкторские базы 16, 17; вспомогательные конструкторские базы 1, 23, 25; исполнительные поверхности 11, 14, 15, 30, 38, 33, 35, 37, 41, 43» [2].

Проанализировав полученные данные по конструкции детали, делаем 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.

Определим массу ступицы:

$$\langle M_d = V \cdot \rho, \quad (1)$$

где V – объем детали, см^3 ;

ρ – масса заготовки, кг/см^3 » [13].

Выполняем расчет массы ступицы.

$$\begin{aligned} M_d &= \frac{\pi}{4} \cdot (0,253^2 \cdot 0,020 + 0,192^2 \cdot 0,048 + 0,165^2 \cdot 0,090 - 0,156^2 \cdot \\ &x 0,014 - 0,150^2 \cdot 0,118 - 0,140^2 \cdot 0,006 - 0,156^2 \cdot 0,020) \cdot 7850 = \\ &= 11,71 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Заданием годовая программа выпуска определена в размере 5000 штук в год. Исходя из этих данных тип производства соответствует среднесерийному [10].

Проведем анализ характеристик данного типа производства [10].

Технологический процесс выстраивается в соответствии с групповой формой организации. В случае значительного подобия деталей группы допускается переменнo-поточная форма организации. При этом выпуск изделий производится периодически повторяющимися партиями на заранее настроенном оборудовании, что обеспечивает требуемую производительность.

Метод получения заготовки определяется технологическими возможностями производства и свойствами материала. В данном случае лучше всего подходят методы пластического деформирования. Прежде всего, штамповки. В ходе проектирования заготовки для расчета припусков на обработку используются расчетно-аналитический метод для ответственных поверхностей и статистический для всех остальных.

Проектирование технологии изготовления производится на основании типовых технологических процессов, что обеспечивает необходимую

скорость проектирования и качество проработки. Следует учитывать, что размерная точность обеспечивается путем настройки оборудования на заданные размеры с применением средств активного контроля.

Проектирование технологических операций производится с соблюдением основных принципов базирования. Расчет режимов выполнения технологических операций и их нормирование выполняются с применением статистических и расчетно-аналитических методов.

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.

Результаты проектирования технологии изготовления оформляются в виде маршрутной карты и операционных карт с картами эскизов в соответствии с требованиями стандартов технологического проектирования.

1.4 Основные задачи работы

Результаты анализа исходных данных и цели работы, сформулированной во введении, позволяют сделать вывод о том, что для достижения данной цели необходимо разработать ряд мероприятий.

Проектирование технологии изготовления детали предусматривает решение следующих задач. Во-первых, производится выбор и проектирование заготовки на основе экономического сравнения наиболее приемлемых методов получения. При этом следует учесть результаты проведения анализа технологичности материала детали и характеристики типа производства. Далее разрабатывается план изготовления детали с учетом характеристик и требований типа производства на основе анализа типовых технологических процессов. Затем выбираются средства технологического оснащения с учетом современных достижений техники и

технологии, а также характеристик типа производства и конструктивных особенностей детали. В заключении 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 молоте в закрытых штампах [13].

Выбор конкретного метода обработки производится на основе анализа общих экономических затрат на получение деталей из данных заготовок по формуле:

$$\langle C_i = C_{zi} + C_{обри}, \quad (2)$$

где C_{zi} – стоимость получения заготовки, руб.;

$C_{обри}$ – стоимость механической обработки, руб.;

i – индекс варианта получения заготовки» [18].

«Стоимость получения заготовки рассчитывается по формуле:

$$C_{zi} = \frac{C_{mi} \cdot M_{zi}}{1000} \cdot K_{сп} \cdot K_T \cdot K_{сл}, \quad (3)$$

где C_{mi} – цена материала за тонну, руб.;

M_{zi} – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$ – коэффициент, определяемый способом получения заготовки;
 K_T – коэффициент, определяемый необходимой точностью заготовки;
 $K_{сл}$ – коэффициент, определяемый сложностью получения заготовки» [18].

«Расчет массы заготовки выполняется по формуле:

$$M_{zi} = M_d \cdot K_p, \quad (4)$$

где M_d – масса детали, кг;

K_p – коэффициент формы заготовки и способа ее получения» [18].

При выполнении расчетов принимаем индекс 1 для штамповки на горизонтально-ковочной машине, индекс 2 для штамповки на молоте в открытых штампах.

«Получаем следующие результаты.

$$M_{з1} = 11,71 \cdot 1,5 = 17,57 \text{ кг.}$$

$$M_{з2} = 11,71 \cdot 1,7 = 19,91 \text{ кг}» [18].$$

$$C_{з1} = \frac{30000 \cdot 17,57}{1000} \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 569,29 \text{ р.}$$

$$C_{з2} = \frac{30000 \cdot 19,91}{1000} \cdot 1,3 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 698,85 \text{ р}» [18].$$

«Стоимость механической обработки:

$$C_{обри} = \frac{C_{уд} \cdot \left(\frac{1}{K_{имi}} - 1\right) \cdot M_d}{K_o}, \quad (5)$$

где $C_{уд}$ – удельная стоимость обработки, руб./кг;

$K_{имi}$ – коэффициент использования материала;

K_o – коэффициент обрабатываемости материала» [18].

«Коэффициент использования материала:

$$K_{имi} = \frac{M_d}{M_3}. \quad (6) \gg [18].$$

«Выполняем расчеты.

$$K_{им1} = \frac{11,71}{17,57} = 0,67.$$

$$K_{им2} = \frac{11,71}{19,91} = 0,59.$$

$$C_{обр1} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,67} - 1\right) \cdot 11,71}{0,85} = 271,42 \text{ р.}$$

$$C_{обр2} = \frac{40 \cdot \left(\frac{1}{0,59} - 1\right) \cdot 11,71}{0,85} = 382,94 \text{ р} \gg [18].$$

Тогда общие затраты, определенные по формуле (2) составят.

$$C_1 = 569,29 + 271,42 = 840,71 \text{ р.}$$

$$C_2 = 698,85 + 382,94 = 1081,79 \text{ р.}$$

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 маршрута обработки поверхности. Разработаем соответствующие маршруты обработки поверхностей. 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 [17]. 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	цилиндрическая	0,32	8	«т-тч-то-ш-шч-х» [17]
2	плоская	12,5	12	«т-то» [17]
3	плоская	12,5	12	«т-тч-то-ш» [17]
4	винтовая	12,5	10	«рн-то» [17]
5	коническая	12,5	12	«тч-то» [17]
6	коническая	12,5	12	«с-то» [17]
7	цилиндрическая	12,5	10	«с-то» [17]
8	цилиндрическая	12,5	12	«т-то» [17]
9	коническая	12,5	12	«т-то» [17]
10	цилиндрическая	12,5	12	«т-то» [17]
11	цилиндрическая	1,25	7	«с-з-рв-то» [17]
12	плоская	12,5	12	«т-то» [17]
13	коническая	12,5	12	«т-то» [17]
14	плоская	6,3	12	«т-тч-то» [17]
15	цилиндрическая	2,5	8	«т-тч-то-ш» [17]
16	цилиндрическая	0,63	7	«т-тч-то-ш-шч» [17]
17	плоская	1,25	12	«т-тч-то-ш-шч» [17]
18	цилиндрическая	12,5	12	«т-то» [17]
19	плоская	12,5	12	«т-то» [17]
20	плоская	12,5	12	«т-тч-то-ш» [17]
21	цилиндрическая	12,5	12	«тч-то» [17]
22	коническая	12,5	12	«тч-то» [17]
23	цилиндрическая	12,5	12	«тч-то» [17]
24	коническая	12,5	12	«тч-то» [17]
25	цилиндрическая	0,32	8	«т-тч-то-ш-шч-х» [17]
26	цилиндрическая	1,25	7	«с-з-рв-то» [17]
27	цилиндрическая	12,5	10	«с-то» [17]
28	винтовая	12,5	10	«рн-то» [17]
29	коническая	12,5	12	«с-то» [17]
30	цилиндрическая	1,25	7	«с-з-рв-то» [17]
31	винтовая	12,5	10	«рн-то» [17]
32	цилиндрическая	12,5	10	«с-то» [17]
33	винтовая	12,5	10	«рн-то» [17]
34	цилиндрическая	12,5	10	«с-то» [17]
35	винтовая	12,5	10	«рн-то» [17]
36	цилиндрическая	12,5	10	«с-то» [17]
37	винтовая	12,5	10	«рн-то» [17]
38	цилиндрическая	1,25	7	«с-з-рв-то» [17]
39	цилиндрическая	12,5	10	«с-то» [17]
40	цилиндрическая	12,5	10	«с-то» [17]
41	винтовая	12,5	10	«рн-то» [17]
42	цилиндрическая	12,5	10	«с-то» [17]
43	винтовая	12,5	10	«рн-то» [17]

«Сокращения в таблице 1: т – черновое точение; тч – чистовое точение; то – термическая обработка; ш – шлифование черновое; шч – шлифование чистовое; с – сверление; рн – резбонарезание; з – зенкерование; рв – развертывание; х – хонингование» [17].

Далее, зная маршруты обработки поверхностей, определяем припуски на их обработку. При этом следует учесть результаты анализа исходных данных и характеристики типа производства. Согласно им, в ходе проектирования заготовки, для расчета припусков на обработку используются расчетно-аналитический метод для ответственных поверхностей и статистический для всех остальных.

Следовательно, для определения припусков на обработку отверстия диаметром 150 мм с точностью выполнения размера $H7(^{+0,04})$ мм, расчет производим с применением расчетно-аналитического метода [24].

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

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» [24].

«Величина дефектного слоя определяется по формуле:

$$a = Rz + h, \quad (8)$$

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

h – глубина дефектного слоя, образовавшегося от предыдущей

обработки, мм» [24].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

$$\Delta = 0,25 \cdot Td, \quad (9)$$

где Td – поле допуска выполняемого размера, мм.

$$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{1,000^2 + 0,025^2} = 1,3 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,100^2 + 0,025^2} = 0,763 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{то} + \sqrt{\Delta_{то}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,040^2 + 0,020^2} = 0,295 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,090 + \sqrt{0,016^2 + 0,020^2} = 0,155 \text{ мм} \text{» [24].}$$

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{i \max} = z_{i \min} + 0,5 \cdot (TD_{i-1} + TD_i), \quad (10)$$

где TD_i – поле допуска выполняемого размера, мм;

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

$$z_{1 \max} = z_{1 \min} + 0,5 \cdot (TD_0 + TD_1) = 1,3 + 0,5 \cdot (4,0 + 0,4) = 3,5 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,763 + 0,5 \cdot (0,40 + 0,16) = 1,043 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (TD_{то} + TD_3) = 0,295 + 0,5 \cdot (0,21 + 0,063) = 0,432 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (TD_3 + TD_4) = 0,155 + 0,5 \cdot (0,063 + 0,040) = 0,207 \text{ мм} \text{» [24].}$$

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

$$z_{cpi} = 0,5 \cdot (z_{i \max} + z_{i \min}). \quad (11)$$

$$z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (3,5 + 1,3) = 2,4 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (1,043 + 0,763) = 0,903 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,432 + 0,295) = 0,364 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,207 + 0,155) = 0,259 \text{ мм} \gg [24].$$

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

$$D_{(i-1)\max} = d_{i \max} - 2 \cdot z_{i \min}. \quad (12) \gg [24]$$

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

$$D_{(го-1)\max} = D_{(i-1)\max} \cdot 0,999. \quad (13) \gg [24]$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

$$D_{(i-1)\max} = D_{(i-1)\max} + TD_{i-1}. \quad (14) \gg [24]$$

«Средний диаметр определяется по формуле:

$$D_{i \text{ cp}} = 0,5 \cdot (D_{i \max} + D_{i \min}). \quad (15) \gg [24]$$

«Выполняем расчеты.

$$D_{4 \max} = 150,040 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \min} = 150,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (D_{4 \max} + D_{4 \min}) = 0,5 \cdot (150,04 + 150,0) = 150,02 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \max} = D_{4 \max} - 2 \cdot z_{4 \min} = 150,04 - 2 \cdot 0,155 = 149,73 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \min} = D_{3 \max} - TD_3 = 149,73 - 0,063 = 149,667 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (D_{3 \text{ max}} + D_{3 \text{ min}}) = 0,5(149,73 + 149,667) = 149,699 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{To max}} = D_{3 \text{ max}} - 2 \cdot z_{3 \text{ min}} = 149,73 - 2 \cdot 0,364 = 149,002 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{To min}} = D_{\text{To max}} - TD_3 = 149,002 - 0,21 = 148,792 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{To cp}} = 0,5 \cdot (D_{\text{To max}} + D_{\text{To min}}) = 0,5 \cdot (149,002 + 148,792) = \\ = 148,897 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ max}} = D_{\text{To max}} \cdot 0,999 = 149,002 \cdot 0,999 = 148,853 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ min}} = D_{2 \text{ max}} - TD_2 = 148,853 - 0,16 = 148,693 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ cp}} = 0,5(D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5(148,853 + 148,693) = 148,773 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ max}} = D_{2 \text{ max}} - 2 \cdot z_{2 \text{ min}} = 148,853 - 2 \cdot 0,763 = 147,327 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ min}} = D_{1 \text{ max}} - TD_1 = 147,327 - 0,4 = 146,927 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ cp}} = 0,5(D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5(147,327 + 146,927) = 147,127 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ max}} = D_{1 \text{ max}} - 2 \cdot z_{1 \text{ min}} = 147,327 - 2 \cdot 1,3 = 144,727 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ min}} = D_{0 \text{ max}} - TD_0 = 144,727 - 4,0 = 140,727 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ cp}} = 0,5 \cdot (D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (144,727 + 140,727) = \\ = 142,727 \text{ мм} \gg [24].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{min}} = D_{4 \text{ max}} - D_{0 \text{ min}}. \quad (16) \gg [24]$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{max}} = 2z_{\text{min}} + TD_0 + TD_4. \quad (17) \gg [24]$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{cp}} = 0,5 \cdot (2z_{\text{min}} + 2z_{\text{max}}). \quad (18) \gg [24]$$

$$2z_{\text{min}} = 150,040 - 140,727 = 9,313 \text{ мм.}$$

$$2z_{\text{max}} = 9,313 + 4,0 + 0,04 = 13,353 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (13,353 + 9,313) = 11,333 \text{ мм.}$$

Припуски на обработку остальных поверхностей, как отмечалось ранее, определяем с использованием статистического метода, с применением методики и справочных данных [21], [27]. 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, 25	точение черновое	0,9	3,1
	точение чистовое	0,7	0,98
	шлифование черновое	0,5	0,612
	шлифование чистовое	0,3	0,363
	хонингование	0,06	0,123
3	точение черновое	1,8	4,0
	точение чистовое	0,8	1,08
	шлифование черновое	0,4	0,512
11, 26, 30, 38	сверление	9,85	10,18
	зенкерование	0,5	0,543
	развертывание	0,15	0,187
15	точение черновое	2,3	4,75
	точение чистовое	0,2	0,48
	шлифование черновое	0,15	0,262
17	точение черновое	1,8	3,705
	точение чистовое	0,8	0,947
	шлифование черновое	0,4	0,459
	шлифование чистовое	0,2	0,233
20	точение черновое	1,8	4,0
	точение чистовое	0,8	1,08
	шлифование черновое	0,4	0,512

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 облоя, отклонения

от концентричности и от плоскостности поверхностей заготовки. Для этого используется соответствующий стандарт [6]. Конкретные значения полученных характеристик приведены на листе графической части работы.

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

План изготовления детали формируется на основе маршрута ее изготовления. Формирование маршрута обработки детали производится путем объединения однотипных методов обработки поверхностей, приведенных в таблице 1, в одну технологическую операцию с учетом взаимного расположения данных поверхностей [15].

В ходе определения типа производства было установлено, что проектирование технологии изготовления производится на основании типовых технологических маршрутов, что обеспечивает необходимую скорость проектирования и качество проработки. За типовые примем маршруты, приведенные в литературе [12]. Полученный маршрут обработки представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Маршрута обработки детали

Наименование операции	Содержание операции	Номера обрабатываемых поверхностей
005 Токарная	точить	14, 15, 18, 19, 20, 25
010 Токарная	точить	1, 2, 3, 8, 9, 10, 12, 13
015 Токарная	точить	14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 25
020 Токарная	точить	1, 3, 5, 16, 17
025 Сверлильная	сверлить, зенкеровать, развертывать, нарезать резьбу	4, 6, 7, 11, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43
030 Термическая	закалять, отпускать	все

Продолжение таблицы 3

Операция	Содержание операции	Номера обрабатываемых поверхностей
035 Шлифовальная	шлифовать	3, 20
040 Шлифовальная	шлифовать	1, 16, 17
045 Шлифовальная	шлифовать	25
050 Шлифовальная	шлифовать	15
055 Шлифовальная	шлифовать	1, 16, 17
060 Шлифовальная	шлифовать	25
065 Хонинговальная	хонинговать	1
070 Хонинговальная	хонинговать	25
075 Моечная	мойка	все
080 Контрольная	контроль	все

Приведенный маршрут обработки детали позволяет сформировать план изготовления. В план изготовления также входят наименование используемого оборудования, эскизы операций технологического процесса с операционными размерами и схемами базирования, шероховатости, достигаемые на каждой операции, допуски на получаемые размеры и отклонения формы и расположения поверхностей. Общие принципы формирования плана изготовления, а также определения допусков и отклонений приведены в литературе [20]. Результаты проектирования плана изготовления представлены на листе графической части работы, а также, приведенной в приложении А технологической документации.

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 методы 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 [1], [3], [8], [11], [16], [22], [23], приведены ниже.

Операция 005 Токарная: станок SAMAT 135 NC, станочное приспособление патрон трехкулачковый 7100–0031 ГОСТ 2675–80, металлорежущий инструмент резец контурный ГОСТ18879–73 Т5К10, резец расточной ГОСТ 18879–73 Т5К10, средства контроля нутромер ГОСТ 10–88, штангенциркуль ГОСТ 166–89.

Операция 010 Токарная: станок SAMAT 135 NC, станочное приспособление патрон трехкулачковый 7100–0031 ГОСТ 2675–80, металлорежущий инструмент резец контурный ГОСТ18879–73 Т5К10, резец расточной ГОСТ 18879–73 Т5К10, средства контроля нутромер ГОСТ 10–88, штангенциркуль ГОСТ 166–89.

Операция 015 Токарная: станок SAMAT 135 NC, станочное приспособление оправка цанговая специальная, металлорежущий инструмент

резец расточной ГОСТ 18879–73 Т30К4, резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4, резец расточной канавочный ГОСТ 18879–73 Т5К10, средства контроля нутромер ГОСТ 10–88, микрометр МК–200 ГОСТ 6507–90.

Операция 020 Токарная: станок САМАТ 135 NC, станочное приспособление патрон цанговый специальный, металлорежущий инструмент резец расточной ГОСТ 18879–73 Т30К4, резец контурный ГОСТ 18879–73 Т30К4, резец расточной канавочный ГОСТ 18879–73 Т5К10, средства контроля нутромер ГОСТ 10–88.

Операция 025 Сверлильная: станок 2Н125Ф3, станочное приспособление оправка кулачковая специальная, металлорежущий инструмент сверло 20 ГОСТ 10903–77 Р6М5, сверло 12 ГОСТ 10902–77 Р6М5, зенкер 20 ГОСТ 12489–71 Р6М5, развертка 20 ГОСТ 1672–80 Р6М5, метчик М12 ГОСТ 3266–81 Р18, средства контроля калибр, нутромер ГОСТ 10–88.

Операция 030 Термическая: оборудование установка закалки токами высокой частоты.

Операция 035 Шлифовальная: станок 3П722, станочное приспособление плита магнитная ГОСТ 17519-81, металлорежущий инструмент круг шлифовальный 1– 200х32х100 25А80К6V30м/с1А, средства контроля скоба рычажная ГОСТ 11098–75.

Операция 040 Шлифовальная: станок 3К227, станочное приспособление патрон мембранный, металлорежущий инструмент круг 1–40х13х25 25А80К6V30м/с1А, средства контроля скоба рычажная ГОСТ 11098–75.

Операция 045 Шлифовальная: станок 3К227, станочное приспособление оправка гидропластовая специальная, металлорежущий инструмент круг 1–40х13х25 25А80К6V30м/с1А, средства контроля скоба рычажная ГОСТ 11098–75.

Операция 050 Шлифовальная: станок 3У131, станочное приспособление оправка гидропластовая специальная, металлорежущий

инструмент круг 1–500x305x45 24A60K7V 30 м/с 1А, средства контроля скоба рычажная ГОСТ 11098–75.

Операция 055 Шлифовальная: станок 3К227В, станочное приспособление патрон мембранный специальный, металлорежущий инструмент круг 1–40x13x25 24A90K7V30м/с1А, средства контроля скоба рычажная ГОСТ 11098–75.

Операция 060 Шлифовальная: станок 3К227В, станочное приспособление оправка гидропластовая специальная, металлорежущий инструмент круг 1–40x13x25 24A90K7V30м/с1А, средства контроля скоба рычажная ГОСТ 11098–75.

Операция 065 Хонинговальная: станок 3Б833, станочное приспособление патрон мембранный специальный, металлорежущий инструмент хон 24A90N4V, средства контроля скоба рычажная ГОСТ 11098–75.

Операция 070 Хонинговальная: станок 3Б833, станочное приспособление оправка гидропластовая специальная, металлорежущий инструмент хон 24A90N4V, средства контроля скоба рычажная ГОСТ 11098–75.

Операция 075 Моечная: оборудование моечная машина.

Операция 080 Контрольная: средства контроля согласно карте контроля.

Выбранные средства технологического оснащения заносятся в технологическую документацию, приведенную в приложении А.

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 [19].

Расчет режимов выполнения технологических операций и их нормирование, как было выяснено при определении характеристик типа производства, выполняются с применением статистических и расчетно-аналитических методов [4], [7], [23]. Ниже приведем основные формулы для проведения соответствующих расчетов.

«Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (19)$$

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» [7].

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

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (20)$$

где d – диаметр обработки, мм» [7].

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

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (21)» [7]$$

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

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n_3}, \quad (22)$$

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» [7].

«Штучное время операции рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{п}} \quad (23)$$

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» [7].

«Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (24)$$

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

S – подача, мм/об» [7].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (25)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

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

l_2 – длина перебега, мм» [7].

Полученные результаты для удобства их дальнейшего использования представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Режимы выполнения операций и их нормирование

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Величина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005	1	0,3	166	320	145	1,51
	2	0,3	150	320	95	0,99
	3	0,4	150	320	10	0,08
010	1	0,3	254	320	90	0,94
	2	0,3	225	320	150	1,56
	3	0,4	225	320	15	0,12
015	1	0,1	327	630	145	2,3
	2	0,1	297	630	25	0,4
	3	0,05	309	630	5	0,16
020	1	0,1	380	630	20	0,32
	2	0,1	297	630	150	2,38
025	1	0,4	25	400	88	0,55
	2	0,14	37	1000	272	1,94
	3	0,6	20	320	88	0,46
	4	0,7	12	200	88	0,63
	5	1,5	7	160	448	1,87
035	1	1,0	20	–	242	3,25
	2	1,0	20	–	242	3,25
040	1	0,005	51	300	16	0,27
	2	0,014	50	300	120	0,29
045	1	0,005	50	300	20	0,27
050	1	0,017	52	300	92	0,68
055	1	0,003	51	300	16	0,36
	2	0,011	50	300	120	0,38
060	1	0,003	50	300	20	0,36
065	1	5	25	–	14	0,5
070	1	5	25	–	20	0,55

Данные, приведенные в таблице 4, используются при разработке технологических наладок, представленных в графической части работы, а также маршрутной карты и операционных карт с картами эскизов, представленных в приложении А.

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 получения. При этом учтены результаты проведения 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 и конструктивных особенностей детали. Выполнена размерная настройка операций технологического процесса путем определения режимов выполнения операций и их нормирования. При этом учтена требуемая точность определения режимов резания и применяемые средства технологического оснащения техпроцесса.

3 Расчет и проектирование специальных средств оснащения

3.1 Расчет и проектирование гидропластовой оправки

Проанализировав полученный технологический процесс, приходим к выводу, что одной из его основных проблем являются операции наружного шлифования (рисунок 2). На данных операциях наблюдаются значительные затраты времени на снятие и установку детали, а также увеличенный процент брака по допуску на биение обработанных поверхностей. Причина этого заключается в применяемом станочном приспособлении. Данное приспособление имеет механизм зажима с ручным приводом, что объясняет значительное увеличение вспомогательного времени операций, а также зажимные элементы в виде кулачков. Данное конструктивное решение негативно сказывается на биении обработанных поверхностей, так как деталь тонкостенная и легко подвергается деформации даже при незначительном силовом воздействии на нее. Кулачки воздействуют на определенные участки детали, тем самым деформируя ее неравномерно, что и приводит к появлению дополнительной погрешности.

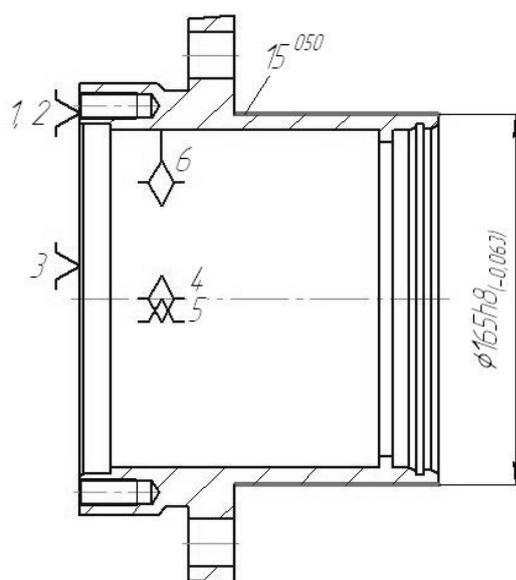
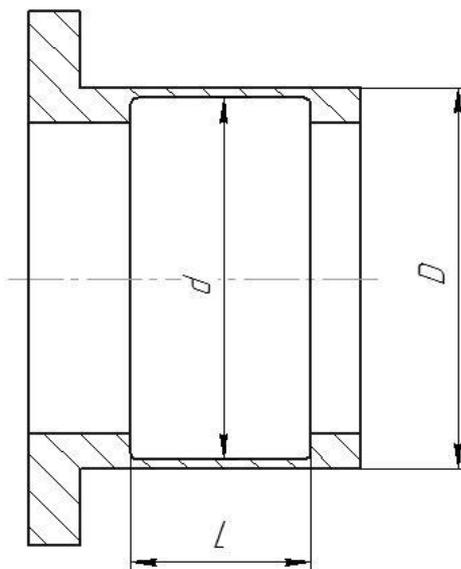


Рисунок 2 – Эскиз операции наружного шлифования

Анализ литературы показал, что наилучшим решением для устранения указанных выше проблем с учетом применяемой на операции теоретической схемы базирования будет применение гидропластовой оправки с механизированным приводом. Расчет и проектирование данной оправки будем производить с использованием методики и данных [9].

Основным элементом проектируемой оправки является тонкостенная втулка, эскиз которой представлен на рисунке 3.



L – длина рабочей поверхности, мм; D – наружный диаметр рабочей поверхности, мм; d – внутренний диаметр рабочей поверхности, мм.

Рисунок 3 – Эскиз тонкостенной втулки

Геометрические параметры рабочей поверхности втулки выбираются исходя из размеров закрепляемой детали. Получаем следующие значения: длина рабочей поверхности 70 мм; наружный диаметр рабочей поверхности 149,972 мм, отклонение по $h4$; внутренний диаметр рабочей поверхности 144,675 мм, отклонение по $H7$.

Гарантированный крутящий момент, который передает данная втулка, определяется из выражения:

$$\llcorner M_{\text{кр.гар.}} = \pi \cdot D_{\text{заг}}^2 \cdot f \cdot [Q + 0,5 \cdot P_{\text{к}} \cdot (L - 2 \cdot l)], \quad (26)$$

где D – диаметр базовой поверхности заготовки, мм;

f – коэффициент трения базовой поверхности и поверхности втулки;

Q – окружная сила, возникающая в контакте гильзы с заготовкой, Н/мм;

$P_{\text{к}}$ – давление, возникающее в контакте гильзы с заготовкой, МПа;

l – длина базовой поверхности заготовки, мм» [9].

$$M_{\text{кр.гар.}} = \pi \cdot 150^2 \cdot 0,16 [60 + 0,5 \cdot 6,2 \cdot (70 - 2 \cdot 20)] = 1051272 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Условие надежного закрепления заготовки:

$$\llcorner M_{\text{кр.гар.}} \geq K \cdot M_{\text{кр}}, \quad (27)$$

где K – гарантированный коэффициент запаса;

$M_{\text{кр}}$ – крутящий момент в процессе обработки, Н·мм» [9].

«Правая часть выражения (27) составляет:

$$K \cdot M_{\text{кр}} = 2,5 \cdot 8000 = 20000 \text{ Н}\cdot\text{мм} \llcorner [9].$$

Условие выражения (27) выполнено.

«Диаметр плунжера для создания необходимого давления гидропластмассы в системе рассчитывается по формуле:

$$d_{\text{п}} = D_{\text{ц}} \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{ц}}}{P_{\text{г}}}}, \quad (28)$$

где $D_{\text{ц}}$ – диаметр цилиндра силового привода, мм;

$P_{\text{ц}}$ – рабочее давление в цилиндре силового привода, МПа;

$P_{\text{г}}$ – рабочее давление в полости с гидропластмассой, МПа» [9].

С целью снижения стоимости приспособления и упрощения его

конструкции в качестве силового привода принимаем гидроцилиндр с поршнем диаметром 90 мм и давлением масла в системе 1,0 МПа

$$d_{\text{п}} = 90 \cdot \sqrt{\frac{1,0}{25}} = 18 \text{ мм.}$$

Из конструктивных соображений округляем диаметр плунжера до стандартного значения равного 20 мм.

С целью выяснения возможности использования приспособления на операциях технологического процесса необходимо оценить его точность. Для этого составим его размерную схему (рисунок 4).

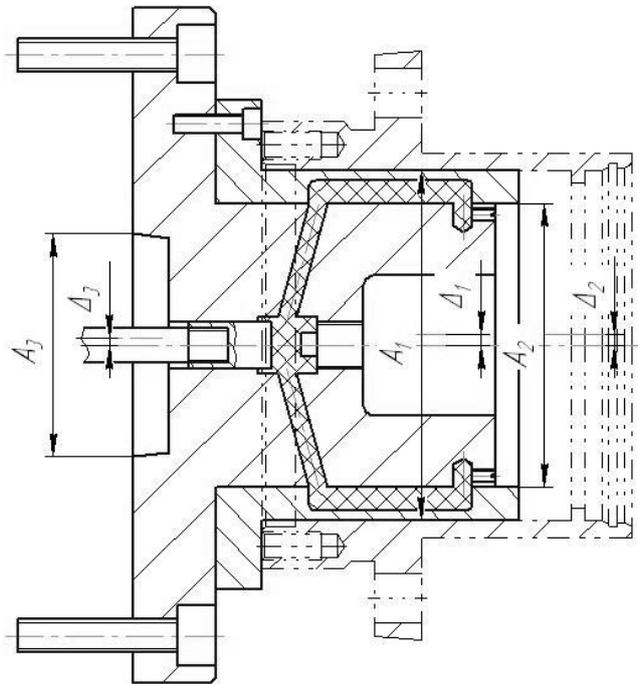


Рисунок 4 – Размерная схема приспособления

«Согласно данной схеме составляем уравнение для расчета точности оправки:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (29)$$

где Δ_1 – погрешность изготовления базовой поверхности втулки, мм;

Δ_2 – погрешность сопряжения втулки и корпуса, мм;

Δ_3 – погрешность изготовления посадочного диаметра, мм» [9].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,012^2 + 0,030^2 + 0,028^2} = 0,017 \text{ мм.}$$

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

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot Td, \quad (30)$$

где Td – допуск на выполняемый размер, мм» [9].

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,03 = 0,019 \text{ мм.}$$

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

Сконструированная гидропластовая оправка приведена на листе графической части работы, а также в приложении Б спецификации.

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 [25].

На первом этапе необходимо определить характеристики

шлифовального круга. Структура и твердость круга выбирается в зависимости от характеристик обрабатываемого материала и параметров поверхности после обработки. В данном случае всем необходимым параметрам отвечает структура с номером 5 и твердость 6.

«Объем связующего материала определяется по формуле:

$$V_{\text{св}} = -11,5 + 1,5 \cdot N + 2,0 \cdot n, \quad (31)$$

где N – номер твердости;

n – номер структуры» [25].

$$V_{\text{св}} = -11,5 + 1,5 \cdot 6 + 2,0 \cdot 5 = 7,5 \text{ \%}.$$

«Объем пор определяется по формуле:

$$V_{\text{св}} = 49,5 - 1,5 \cdot N. \quad (32)$$

$$V_{\text{св}} = 49,5 - 1,5 \cdot 6 = 40,5 \text{ \%}.$$

Исходя из полученных значений, выбираем шлифовальный круг со следующими характеристиками 24А60К7V 30 м/с 1А.

С целью снижения температуры в зоне резания в конструкцию круга предлагается внести ряд изменений [25]. Во-первых, предлагается реализовать концепцию прерывистого резания. Для этого круг предлагается выполнить из абразивных сегментов, между которыми будет воздушный зазор. Для предотвращения возникновения ударов при врезании сегмента предлагается расположить их под наклоном относительно зоны резания, что позволит вводить абразивный сегмент без удара об обрабатываемую поверхность, тем самым предотвратив разрушение сегмента и появление царапин на обрабатываемой поверхности. Во-вторых, предлагается обеспечить подвод смазочно-охлаждающей жидкости непосредственно в зону резания. Для этого предлагается выполнить в крепежных винтах сегментов отверстия, через которые и будет подаваться смазочно-охлаждающая

жидкость. Данные решения позволят 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 биение обработанных поверхностей, а также появлением прижогов на обработанных поверхностях. Первые две проблемы были решены путем проектирования гидропластовой оправки с механизированным приводом, а последняя проблема решена путем проектирования сборного шлифовального круга с подводом смазочно-охлаждающей жидкости в зону обработки.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

Рассмотрим конструктивно–технологическую характеристику технологического процесса изготовления ступицы катка электротележки.

Технологический процесс изготовления детали состоит из следующих операций механической обработки: токарные, сверлильная, шлифовальные, хонинговальные.

Используемое технологическое оборудование: SAMAT 135 NC, 2Н125Ф3, 3П722, 3К227, 3У131, 3К227В, 3Б833.

Используемые станочные приспособления: патрон трехкулачковый 7100–0031 ГОСТ 2675–80, оправка цанговая специальная, патрон цанговый специальный, оправка кулачковая специальная, плита магнитная ГОСТ 17519–81, патрон мембранный, оправка гидропластовая специальная.

Используемый режущий инструмент: резец контурный ГОСТ18879–73 Т5К10, резец расточной ГОСТ 18879–73 Т5К10, резец расточной ГОСТ 18879–73 Т30К4, резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4, резец расточной канавочный ГОСТ 18879–73 Т5К10, сверло 20 ГОСТ 10903–77 Р6М5, сверло 12 ГОСТ 10902–77 Р6М5, зенкер 20 ГОСТ 12489–71 Р6М5, развертка 20 ГОСТ 1672–80 Р6М5, метчик М12 ГОСТ 3266–81 Р18, круг шлифовальный 1– 200х32х100 25А80К6V30м/с1А, инструмент круг 1–40х13х25 25А80К6V30м/с1А, круг 1–500х305х45 24А60К7V 30 м/с 1А, круг 1–40х13х25 24А90К7V30м/с1А, хон 24А90N4V.

В технологическом процессе участвуют следующие работники: операторы станков с числовым программным управлением, шлифовщики.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификацию профессиональных рисков для операторов станков с числовым программным управлением и шлифовщиков проведем согласно положениям ГОСТ 12.0.003–2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», а также Приказа Минтруда № 776н «Об утверждении примерного положения о системе управления охраной труда» [5]. Решение данной задачи позволит четко определить степень опасности спроектированного технологического процесса для исполнителей. Результаты представим в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Профессиональные риски

Перечень источников опасностей	Опасные и вредные производственные факторы	Опасности/ риски
станки: SAMAT 135 NC, 2Н125Ф3, 3П722, 3К227, 3У131, 3К227В, 3В833	«действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [5]	«падение с высоты, падение предметов» [5]
	«движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [5]	«разрыв сосудов под давлением, разрушение механизмов и сооружений, наезд транспортных средств, опасность ранения, опасность затягивания или попадания в ловушку, опасность удара, опасность быть уколотым или проткнутым, опасности, обусловленные трением или абразивным воздействием, опасности, обусловленные выбросом жидкости, неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от неполадок или повреждения систем управления» [5]
	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [5]	«опасности от контакта или вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма» [5]

Продолжение таблицы 5

Перечень источников опасностей	Опасные и вредные производственные факторы	Опасности/ риски
	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [5]	«ожог или ошпаривание или другое повреждение от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за воспламенения а также теплового излучения» [5]
	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [5]	«опасность потери слуха (глухота), других физиологических расстройств (например потеря равновесия, ослаблении внимания)» [5]
	«производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации» [5]	«использование ручных механизмов, приводящих к различным неврологическим или сосудистым расстройствам» [5]
	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [5]	«физические перегрузки» [5]
	«производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [5]	«контакт с токоведущими частями (прямой контакт), контакта с токоведущими частями, которые в неисправном состоянии, находясь под напряжением (косвенный контакт), неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от возобновления энергоснабжения после его прерывания» [5]

Исходя из выявленных профессиональных рисков можно сделать вывод, что большая часть из них является типовыми рисками для рассматриваемых специальностей. Следовательно, данные риски могут быть устранены, с применением стандартных методов и средств.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Методы и средства снижения профессиональных рисков для операторов станков с числовым программным управлением и шлифовщиков проведем согласно положениям Приказа 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» [5].

Результаты представим в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«падение с высоты, падение предметов» [5]	«издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда» [5]	использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места; обеспечение безопасных условий труда
«разрыв сосудов под давлением, разрушение механизмов и сооружений, наезд транспортных средств, опасность ранения, опасность затягивания или попадания в ловушку, опасность удара, опасность быть уколотым или проткнутым, опасности, обусловленные трением или абразивным воздействием, опасности, обусловленные выбросом жидкости, неожиданные пуски, повороты, прокручивания от неполадок или повреждения систем управления» [5]	«устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников» [5], «устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [5]	«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» [5], «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание » [5]

Продолжение таблицы 6

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
		«свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования; допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [5]
«опасности от контакта или вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма» [5]	«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» [5]	«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» [5]
«ожог или ошпаривание или другое повреждение от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за воспламенения а также теплового излучения» [5]	«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» [5]	«применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [5]
«опасность потери слуха (глухота), других физиологических расстройств» [5]	«обеспечение работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, производимых» [5]	«применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим» [5]

Продолжение таблицы 6

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
	«в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, дерматологическими средствами индивидуальной защиты» [5]	«процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [5]
«использование ручных механизмов, приводящих к различным неврологическим или сосудистым расстройствам» [5]	«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» [5]	«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» [5]
физические перегрузки	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [5]	«проведение инструктажа на рабочем месте; соблюдение основных требований эргономики, соблюдение режимов труда и отдыха; организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [5]
«контакт с токоведущими частями (прямой контакт), контакта с токоведущими частями, которые в неисправном состоянии, находясь под напряжением	«внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от» [5]	«изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований» [5]

Продолжение таблицы 6

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
(косвенный контакт), неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от возобновления энергоснабжения после его прерывания» [5]	«поражения электрическим током» [5]	«охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [5]

Исходя из описанных в таблице 6 мероприятий, методов и средств, можно сделать вывод о том, что возможно эффективное снижение влияния профессиональных рисков на работников без применения специальных устройств и приспособлений.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Обеспечение пожарной безопасности в ходе выполнения технологического процесса определяется классификацией возможного пожара в зависимости от вида применяемых горючих материалов. В данном случае класс пожара D. Данный класс пожара связан с воспламенением и горением металлов. Для данного класса пожара характерны следующие опасные факторы: «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)» [5].

С целью определения технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность, а также состава мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами на производственном участке, по выполнению рассматриваемого технологического процесса, необходимо определить категорию пожаропасности помещения. В данном

случае категория пожароопасности помещения ВЗ. Данные помещения характеризуются тем, что в них находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б.

В соответствии с категорией пожароопасности помещения для обеспечения пожарной безопасности используются следующие технические: первичные средства пожаротушения (огнетушители), мобильные средства пожаротушения (мотопомпа пожарная), средства пожарной автоматики (пожарные извещатели), пожарное оборудование (пожарный щит), пожарная сигнализация, связь и оповещение (оповещатель охранно-пожарный звуковой). Применение индивидуальных средств защиты в данном случае в соответствии с нормативными документами не предусмотрено.

В соответствии с категорией пожароопасности помещения по предотвращению чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами необходимо разработать следующие основные мероприятия: разработка инструкций по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации, проведение инструктажа по пожарной безопасности. Кроме того, работники участка, в случае возникновения ситуации, которая потенциально может привести пожару, уведомляет об этом своего непосредственного руководителя работ.

4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

Обеспечение экологической безопасности технологического процесса основано на определении негативных экологических факторов. Разделяют три разных типа загрязнений: загрязнения гидросферы, загрязнения литосферы и загрязнения атмосферы.

К загрязняющим гидросферу факторам в данном случае относят: смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, отходы механической обработки (частицы абразивных материалов и мелкой стружки). К загрязняющим литосферу факторам относят: металлическую стружку, мусор, отработанные смазочные материалы и смазочно-охлаждающие жидкости. К загрязняющим атмосферу факторам относят: абразивную пыль и пары смазочно-охлаждающей жидкости.

С целью снижения выявленных негативных антропогенных факторов на окружающую среду в соответствии с ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» [5] разрабатываются соответствующие организационно-технические мероприятия, а также процедуры в соответствии с которыми производится сбор, обезвреживание, транспортировка, размещение и утилизация отходов, возникающих в ходе рассматриваемого технологического процесса. Кроме этого, для устранения загрязнений гидросферы применяются технические средства по очистке сточных вод, соответствующие ГОСТ 31952–2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения» [5].

В ходе выполнения данного раздела проведена идентификация и разработаны мероприятия по снижению профессиональных рисков, возникающих при выполнении спроектированного технологического процесса. Также проведен анализ пожарной и экологической безопасности, с учетом действующего законодательства в данных областях.

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 5, представлены отличительные особенности сравниваемых вариантов.



Рисунок 5 – Отличительные особенности сравниваемых вариантов выполнения операции

На рисунке 5 представлены предлагаемые изменения на токарной операции. Слева, описана используемая 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 6.

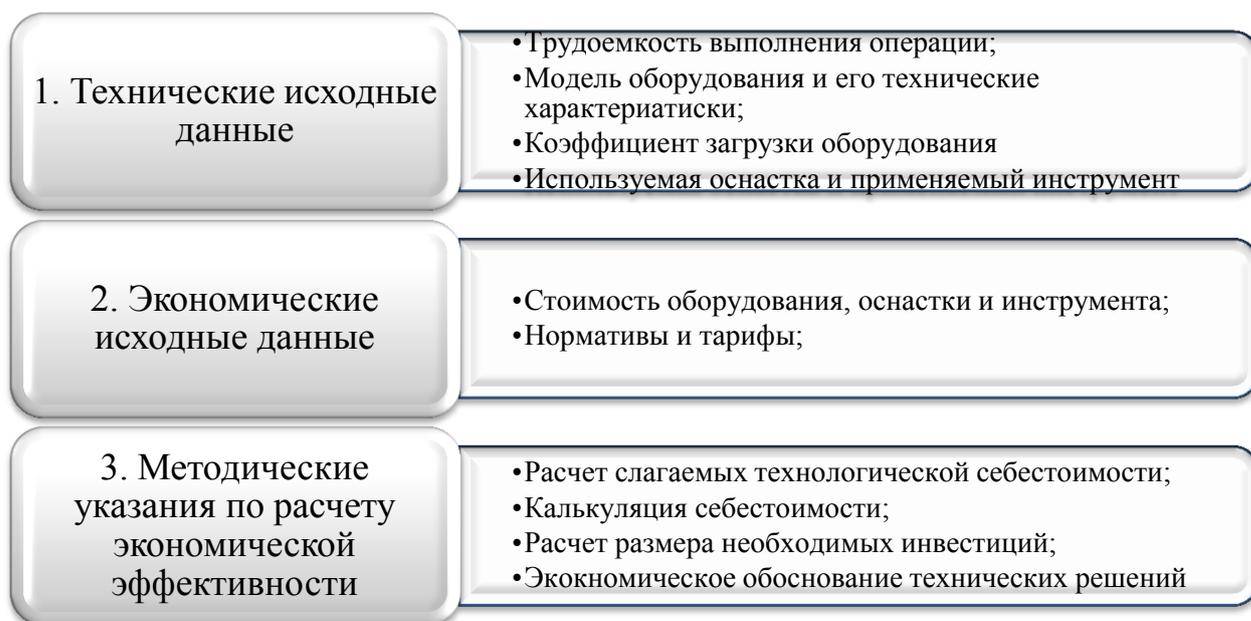


Рисунок 6 – Детальное описание материалов и информации, необходимых для проведения соответствующих экономических расчетов

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 зависит 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 [14]. 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 7 представлены значения всех слагаемых технологической себестоимости, которая является основой для всех дальнейших расчетов.

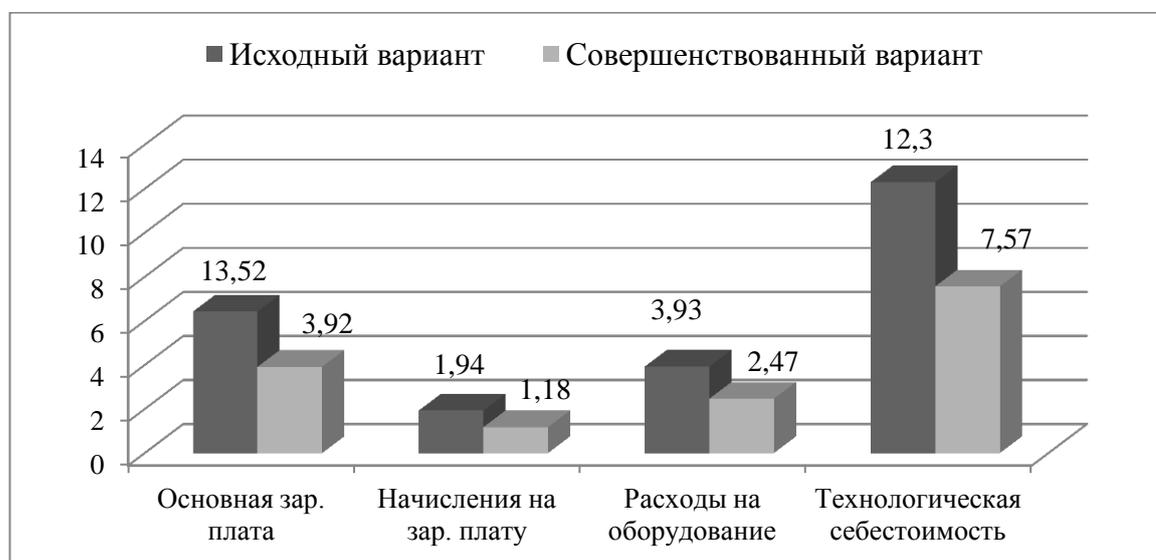


Рисунок 7 – Величина технологической себестоимости выполнения операции и значения ее слагаемых

Из рисунка 7 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 38,4%. Максимальное влияние на такой результат оказал такой показатель, как основная заработная плата работников. Его доля в величине технологической себестоимости составляет 52,3% в исходном варианте, и 51,73% – в совершенствованном. Следующий весомый вклад в результат оказала величина – расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. Доля этого показателя составила 31,9% и 32,65% соответственно.

На рисунке 8 представлены значения итоговых показателей, по которым формируется вывод об эффективности предложенных совершенствований.

И = 91893,47 руб.	• размер инвестиций в совершенствование
Пчист = 55680 руб.	• чистая прибыль
Эинт = 16793,89 руб.	• интегральный экономический эффект
Т = 3 года	• срок окупаемости
ИД = 1,18 руб./руб.	• индекс доходности

Рисунок 8 – Значения итоговых показателей

Учитывая, представленные на рисунке 8 данные, можно сделать вывод об эффективности предлагаемых совершенствований, так как экономический эффект в результате расчетов получился положительным.

В данном разделе определены показатели экономической эффективности спроектированной технологии, которые подтвердили ее эффективность.

Заключение

Результатом выполнения данной выпускной квалификационной работы стал технологический процесс изготовления ступицы катка электротележки.

В ходе выполнения работы были проведены следующие мероприятия. Произведен анализ имеющихся исходных данных, таких как, назначение и условия эксплуатации детали, технологичность детали, характеристики типа производства. По результатам данного анализа сформулированы задачи работы, решение которых позволяло достигнуть намеченных результатов. Далее разработана технология изготовления детали. Для этого решены следующие задачи. Произведен выбор и проектирование заготовки на основе экономического сравнения наиболее приемлемых методов получения. Разработан план изготовления детали с учетом характеристик и требований типа производства. Выбраны средства технологического оснащения с учетом современных достижений техники и технологии. Рассчитаны операции технологического процесса исходя из требуемой точности определения режимов резания и применяемых средств технологического оснащения техпроцесса.

Затем решены задачи совершенствования полученного техпроцесса путем проектирования соответствующих средств технологического оснащения для операций, имеющих неудовлетворительные технические показатели.

В заключительной части работы выполнен анализ безопасности выполнения спроектированной технологии и определены показатели ее экономической эффективности.

Следовательно, цель работы, которая заключается в проектировании такого технологического процесса изготовления, который позволит при минимальных экономических затратах обеспечить выпуск заданного количества деталей при условии обеспечения требуемого качества их изготовления, можно считать достигнутой.

Список используемых источников

1. Балла О.М. Технологии и оборудование современного машиностроения: учебник / О.М. Балла. – Санкт –Петербург: Лань, 2020. – 392 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143241> (дата обращения: 10.09.2022).
2. Безъязычный В.Ф. Технология машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, С.В. Сафонов. – Вологда : Инфра –Инженерия, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148334> (дата обращения: 10.09.2022).
3. Богомолова С. А. Метрология и измерительная техника: технические требования к средствам измерений: учебник / С. А. Богомолова, И. В. Муравьева. – Москва: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. – 172 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1248043> (дата обращения: 23.09.2022).
4. 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: 28.09.2022).
5. 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.
6. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во стандартов, 1990. – 83 с.
7. Грубый С. В. Расчет режимов резания для операций механической обработки: учебное пособие / С. В. Грубый. – Москва; Вологда : Инфра – Инженерия, 2021. – 200 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833110> (дата обращения: 24.09.2022).
8. Зубарев Ю. М. Режущий инструмент: учебник для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Вебер, М. А. Афанасенков; Под общей редакцией Ю. М.

Зубарева. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 432 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/254675> (дата обращения: 20.09.2022).

9. 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: 15.09.2022).

10.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: 28.09.2022).

11.Клепиков В. В. Технологическая оснастка. Станочные приспособления: учебное пособие / В. В. Клепиков. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 345 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836736> (дата обращения: 08.09.2022).

12.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: 11.09.2022).

13.Клименков С. С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА –М, 2019. – 269 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1008022> (дата обращения: 18.09.2022).

14. 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: 11.10.2022).

15. 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: 16.09.2022).

16. Мещерякова В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учебное пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. – Москва: ИНФРА –М, 2020. – 336 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1062069> (дата обращения: 19.09.2022).

17. Погонин А.А. Технология машиностроения : учебник / А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3 –е изд., доп. – Москва : ИНФРА –М, 2022. – 530 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1045711> (дата обращения: 08.09.2022).

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: 19.09.2022).

19. 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.

20. 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: 19.09.2022).

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

22. 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: 09.09.2022).

23. 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.

24. 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.

25. Фельдштейн Е. Э. Режущий инструмент. Эксплуатация: Учебное пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Москва: НИЦ ИНФРА –М; Минск: Нов. знание, 2014. – 256 с.: ил.; – URL: <https://znanium.com/catalog/product/424209> (дата обращения: 28.09.2022).

26. Химический состав и физико –механические свойства стали 40ХН [Электронный ресурс]. – URL: https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40XH?ysclid=18bkgeoba5806022846 (дата обращения: 02.09.2022).

27. 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: 11.09.2022).

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	Обозначение документа									
Б	Код наименования оборудования				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоэ	Тшт
0 19	$\phi 14,7,684^{+0,4}$	$160,4^{+0,4}$	$14,5,2^{+0,4}$	$12,5,2^{+0,4}$	$11,1,2^{+0,35}$	$28,4^{+0,21}$									
T 20	396190 Патрон цанговый специальный; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т5К10;														
T 21	392190 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ 166-89; 393450														
T 22	Нутромер НМ-200 ГОСТ10-88.														
23															
A 24	XX XX XX 015 4110 Токарная														
Б 25	381101 Токарный SAMAT 135 NC				3	18217	422	1P	1	1	1	1200	1		3,3
0 26	Точить поверхности 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 25 в размер $\phi 165,3^{+0,16}$, $\phi 148,6^{+0,16}$, $\phi 156^{+0,16}$, $\phi 152^{+0,12}$														
0 27	$159,6^{+0,16}$, $14,9,2^{+0,16}$, $6,9,2^{+0,12}$														
T 28	396190 Оправка цанговая; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392190 Резец контурный														
T 29	ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т5К10; 394300 Микрометр МК-200														
T 30	ГОСТ6507-90; 393450 Нутромер НМ-200 ГОСТ10-88.														
31															
A 32	XX XX XX 020 4110 Токарная														
Б 33	381101 Токарный SAMAT 135 NC				3	18217	422	1P	1	1	1	1200	1		3,14
0 34	Точить поверхности 1, 3, 5, 16, 17 в размер $\phi 154,28^{+0,16}$, $\phi 14,9,55^{+0,16}$, $158,8^{+0,16}$, $26,4^{+0,084}$														
T 35	396190 Патрон цанговый; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392190 Резец контурный														
T 36	ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т5К10; 393450 Нутромер НМ-200														
T 37	ГОСТ10-88.														
38															
A 39	XX XX XX 025 4120 Сверлильная														
Б 40	381210 Вертикально-сверлильный 2Н125Ф3				3	17335	312	1P	1	1	1	1200	1		6,18
0 41	Сверлить, зенкеровать, развертывать поверхности 11, сверлить поверхность 7, нарезать резьбу														
МК															

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	Кшт	Тпоэ	Тшт					
0 42					поверхность 4 в размер $\phi 21_{-0,014}^{+0,017}$; $\phi 115_{-0,025}^{+0,017}$; M12.																	
T 43					396190 Оправка кулачковая; 391213 Сверло $\phi 20$ ГОСТ10903-77 Р6М5; 391213Сверло $\phi 12$ ГОСТ10903-77																	
T 44					Р6М5; 391603 Зенкавер $\phi 21$ ГОСТ12489-71 Р6М5; 391703 Развертка $\phi 21$ ГОСТ1672-80; 391311Метчик																	
0 45					M12 ГОСТ3266-81; 393450 Нутромер НМ-25 ГОСТ10-88; 393400 Калибр.																	
46																						
A 47					XX XX XX 030 Термическая																	
48																						
A 49					XX XX XX 035 4133 Плоскошлифовальная																	
B 50					381313 Плоскошлифовальный ЗП722 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 6,82																	
0 51					Шлифовать поверхности 3, 20 в размер $158_{+0,063}$.																	
T 52					396190 Плита магнитная; 396161 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.																	
53																						
A 54					XX XX XX 040 4132 Внутришлифовальная																	
B 55					381312 Внутришлифовальный ЗК227 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 1,31																	
0 56					Шлифовать поверхности 1, 16, 17 в размер $\phi 155,34_{+0,063}$; $\phi 149,287_{+0,063}$.																	
T 57					396190 Патрон мембранный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.																	
58																						
A 59					XX XX XX 045 4132 Внутришлифовальная																	
B 60					381312 Внутришлифовальный ЗК227 3 18873 312 1Р 1 1 1 1200 1 0,82																	
0 61					Шлифовать поверхность 25 в размер $\phi 149,34_{+0,063}$.																	
T 62					396190 Оправка гидропластовая; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.																	
63																						
A 64					XX XX XX 050 4130 Круглошлифовальная																	
МК																						

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	PM	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа								
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
Б 65	381311	Круглошлифовальный	34131	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1	145	
О 66	Шлифовать поверхность 15 в размер $\phi 165^{+0,063}$													
Т 67	396190 Оправка гидропластовая; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.													
68														
А 69	XX XX XX	055	4132	Внутришлифовальная										
Б 70	381312	Внутришлифовальный	3К227В	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1	152	
О 71	Шлифовать поверхности 1, 16, 17 в размер $\phi 155,88^{+0,063}$ $\phi 150^{+0,04}$													
Т 72	396190 Патрон мембранный; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.													
73														
А 74	XX XX XX	060	4132	Внутришлифовальная										
Б 75	381312	Внутришлифовальный	3К227В	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1	102	
О 76	Шлифовать поверхность 25 в размер $\phi 149,88^{+0,063}$													
Т 77	396190 Оправка гидропластовая; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.													
78														
А 79	XX XX XX	065	4191	Хонинговальная										
Б 80	381337	Хонинговальный	3Б833	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1	116	
О 81	Хонинговать поверхность 1 в размер $\phi 156^{+0,063}$													
Т 82	396190 Патрон мембранный; 39810 Хон; 394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.													
83														
А 84	XX XX XX	070	4191	Хонинговальная										
Б 85	381337	Хонинговальный	3Б833	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1	121	
О 86	Хонинговать поверхность 25 в размер $\phi 150^{+0,063}$													
Т 87	396190 Патрон мембранный; 39810 Хон; 394300 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.													
МК														

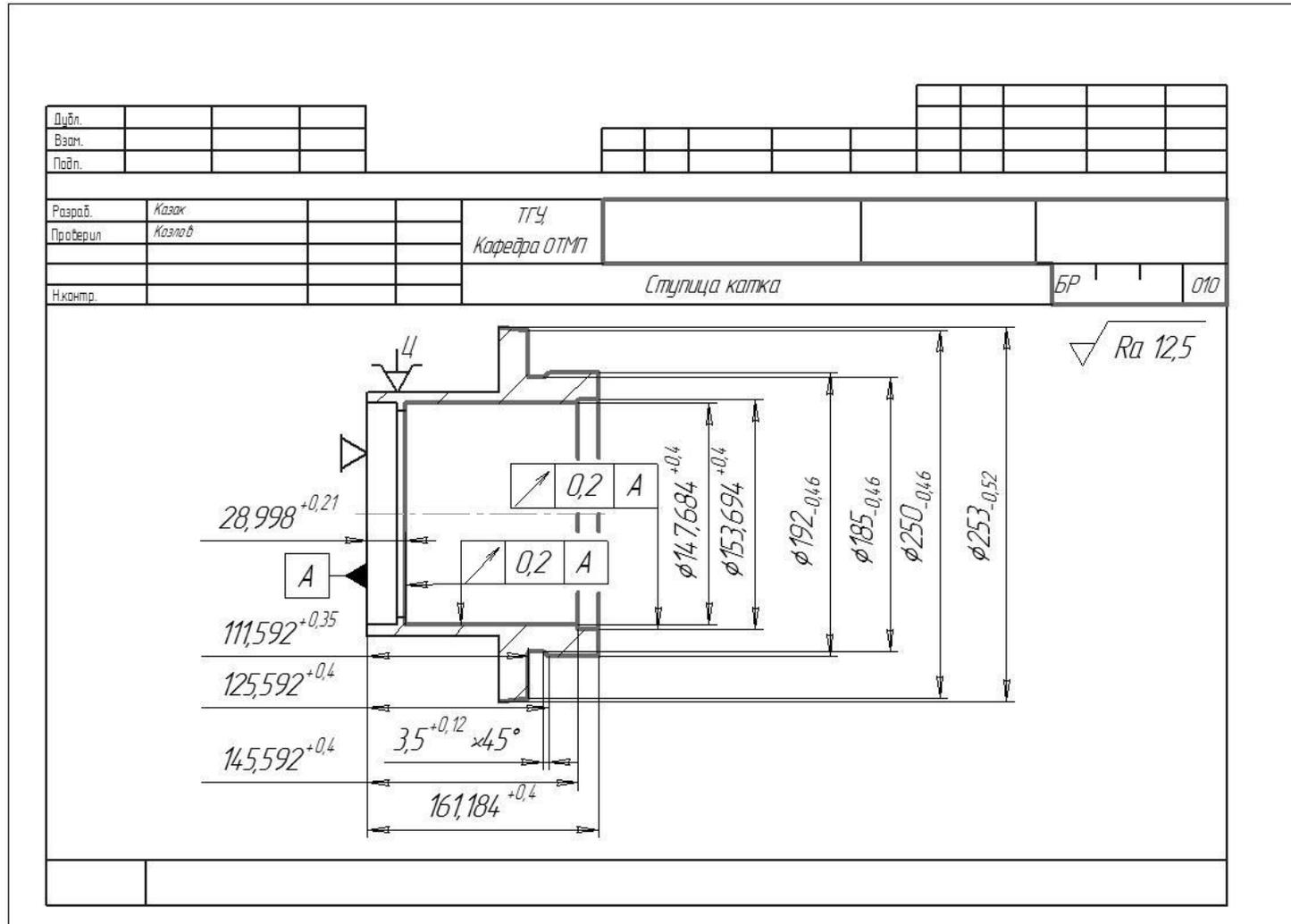
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпаз	Тшт
А 88	XX	XX	XX	075	Моющая.										
89															
А 90	XX	XX	XX	080	Контрольная.										
91															
92															
93															
94															
95															
96															
97															
98															
99															
100															
101															
102															
103															
104															
105															
106															
107															
108															
109															
110															
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



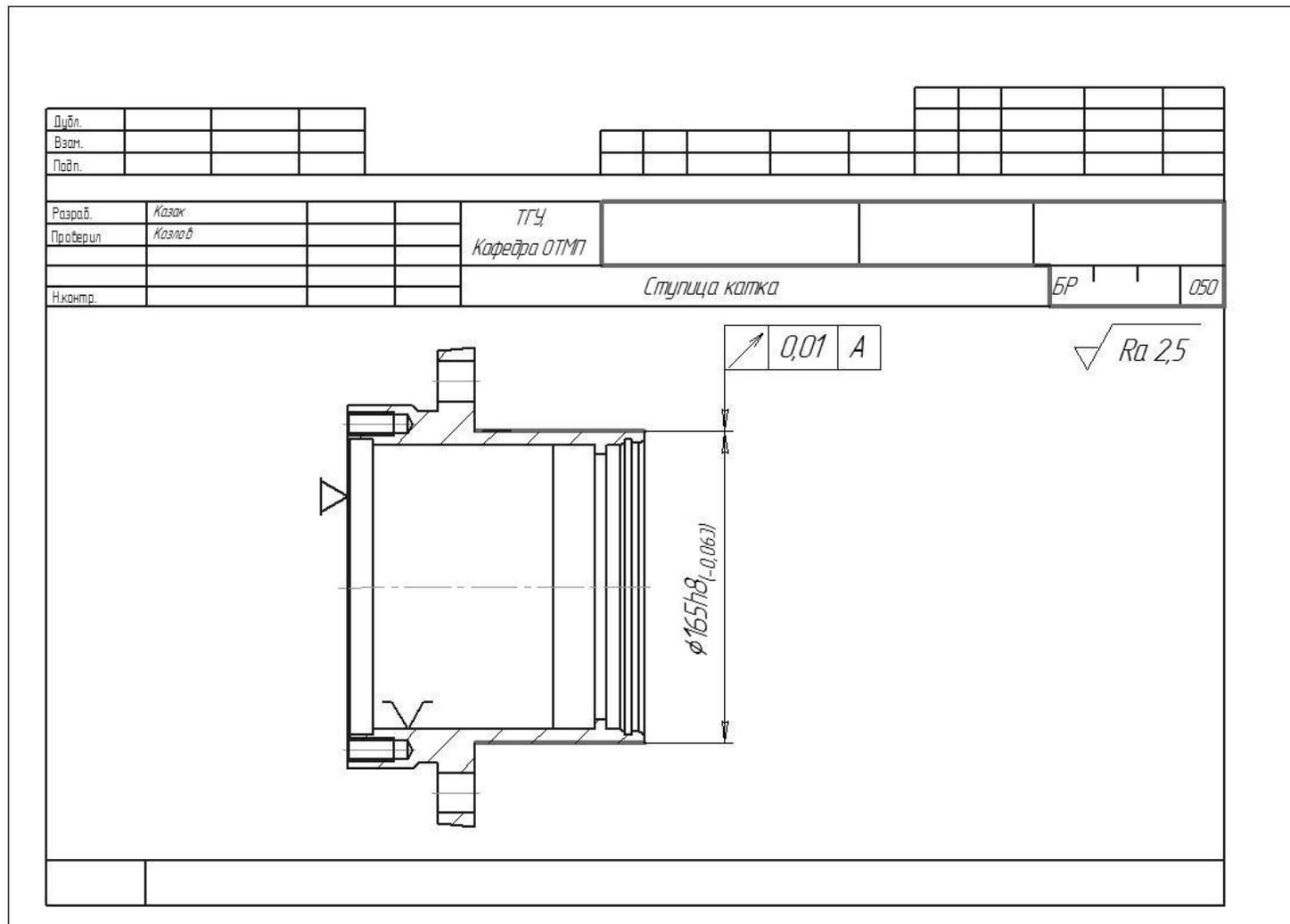
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
Разраб.	Козак			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.				Ступица катка						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МВ	КОИД		
Токарная		Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		НВ 220	166	11,71	#260,2x164,4			17,57	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Тв	Ть	Тгв	Тшт	Сок					
SAMAT 135 NC				2,62			3,06	Украина-1					
		п	и	л	т	и	с	п	у				
01	1. Установить заготовку												
Т ₀₂	396190 Патрон цанговый специальный; 392190 Резец расточной ГОСТ 18879-73 Т5К10;												
Т ₀₃	392190 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10.												
04	2. Точить поверхности 1, 2, 3, 8, 9, 10, 12, 13, 16 выдерживая размеры согласно эскиза.												
Р ₀₅		1				2,3	0,3	320	254				
Р ₀₆		2				2,0	0,3	320	225				
Р ₀₇		3				1,7	0,4	320	225				
08	3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.												
09													
10													
11													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
Разраб.	Козак			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.				Ступица катка						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			MB	КОИД		
Шлифовальная		Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		HB 220	166	11,71	#260,2x164,4			17,57	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		та	тв	тгв	тшт	сож					
34131				0,68			1,45	Укранол-1					
			пи	о или в	l	t	i	s	p	v			
01	1. Установить заготовку												
Т.оп	396190 Оправка гидропластовая; 39810 Круг шлифовальный.												
02	2. Шлифовать поверхность 15 выдерживая размеры согласно эскиза.												
Р.оп			1			0,4	0,017	300	30				
03	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.												
04													
05													
06													
07													
08													
09													
10													

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме- чание
<u>Документация</u>					
A1		22.БР.ОТМП.008.65.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>					
A3	1	22.БР.ОТМП.008.65.00.001	Корпус	1	
A4	2	22.БР.ОТМП.008.65.00.002	Втулка	1	
A4	3	22.БР.ОТМП.008.65.00.003	Регулировочный винт	1	
A4	4	22.БР.ОТМП.008.65.00.004	Тяга	1	
A4	5	22.БР.ОТМП.008.65.00.005	Плунжер	1	
A4	6	22.БР.ОТМП.008.65.00.006	Втулка	1	
A4	7	22.БР.ОТМП.008.65.00.007	Корпус	1	
A4	8	22.БР.ОТМП.008.65.00.008	Корпус гидроцилиндра	1	
A4	9	22.БР.ОТМП.008.65.00.009	Шток	1	
A4	10	22.БР.ОТМП.008.65.00.010	Поршень	1	
A4	11	22.БР.ОТМП.008.65.00.011	Крышка	1	
<u>Стандартные изделия</u>					
	12		Пробка М5 ГОСТ12717-78	2	
	13		Кольцо ГОСТ2833-77	1	
	14		Подшипник 206 ГОСТ8338-75	2	
	15		Кольцо ГОСТ 8752-79	3	
	16		Пробка М8 ГОСТ12717-78	2	
	17		Кольцо ГОСТ 8752-79	3	
	18		Кольцо ГОСТ 8752-79	2	
22.БР.ОТМП.008.65.00.000					
				Станочное приспособление	
				ТГУ, ТМд-1702а	
Копировал Формат А4					

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документация</i>							
A1			22.БР.ОТМП.008.70.00.000СБ	Сборочный чертеж			
<i>Детали</i>							
A3	1		22.БР.ОТМП.008.70.00.001	Абразивный сегмент	12		
A4	2		22.БР.ОТМП.008.70.00.002	План-шайба	1		
A4	3		22.БР.ОТМП.008.70.00.003	Винт специальный	12		
A4	4		22.БР.ОТМП.008.70.00.004	Шайба специальная	12		
<i>Изм. Лист № докум. Подп. Дата</i>							
22.БР.ОТМП.008.70.00.000							
Изм. № подл.	Разраб.	Козак			Лит.	Лист	Листов
	Проб.	Козлов					1
	Н.контр.	Козлов			ТГУ, ТМдд-1702а		
	Утв.	Логинов					
Круг шлифовальный				Формат А4			