

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения  
(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления гильзы гидропривода

Обучающийся

Д.В. Кочанов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.А. Козлов

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

Консультанты

д-р. экон. наук, доцент А.А. Курилова

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

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

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

Тольятти 2024

## Аннотация

Работа посвящена проектированию одного из вариантов технологии изготовления гильзы гидропривода.

Структура работы: пояснительная записка в объеме 51 страниц и графическая часть в объеме 7 листов формата А1.

«Цель выпускной квалификационной работы разработать такую технологию изготовления гильзы гидропривода, которая обеспечит минимальную стоимость в заданных производственных условиях» [1] и требуемое качество изготовления.

«Пояснительная записка содержит введение, пять основных разделов, заключение и приложения. Во введении обосновывается необходимость выполнения работы и формулируется ее цель. В основных разделах рассматриваются основные вопросы проектирования. В первом разделе анализируются имеющиеся данные по детали и особенностям производства. Результатом его выполнения являются задачи работы. Во втором разделе проектируется технология изготовления детали. Данная задача решается путем выбора и проектирования заготовки, разработки плана изготовления, определения требуемых технических средств оснащения, определения режимов и нормирования. В третьем разделе решаются задачи по совершенствованию технологии. Для решения данной задачи производится проектирование гидропластовой оправки и ступенчатой развертки. В четвертом разделе принятые проектные решения проверяются на соответствие требованиям по безопасности и экологичности их выполнения. В пятом разделе оцениваются экономические показатели» [1] технологии и результатов ее совершенствования. В заключении делаются общие выводы по результатам работы и заключение о достижении ее цели. Приложения содержат всю необходимую конструкторско-технологическую документацию, в соответствии с требованиями проектирования единой системы технологической подготовки производства.

## **Abstract**

The work is devoted to the design one variants manufacturing technology hydraulic drive sleeve.

The work structure: an 51 pages explanatory note in the volume and a graphic part in the 7 A1 format sheets volume.

«The final qualification work purpose is to develop such a technology for manufacturing a hydraulic drive sleeve that will ensure minimum cost under specified production conditions and the required manufacturing quality» [1].

«The explanatory note contains an introduction, five main sections, conclusion and appendices. The introduction substantiates the need to perform the work and formulates its purpose. The main sections cover the main design issues. The first section analyzes the available data on the details and features of production. The results of its execution are the tasks of the work. In the second section, the part manufacturing technology is developed. This task is solved by selecting and designing the workpiece, developing a production plan, determining the necessary technical equipment, determining modes and rationing. In the third section, the tasks of improving the technology are solved. To solve this problem, a hydroplastic mandrel and a multidiameter reamer are being developed. In the fourth section, the accepted design decisions are checked for compliance with the requirements for safety and environmental friendliness of their implementation. The fifth section evaluates the technology economic indicators and its improvement results. In conclusion, general conclusions are drawn based on the work results and a conclusion on the set goal achievement» [1]. The applications contain all the necessary design and technological documentation, in accordance with the designing a unified system of production requirements technological preparation.

## Содержание

Введение.....	5
1 Исходные данные и их анализ .....	6
1.1 Назначение и условия работы детали .....	6
1.2 Оценка технологичности детали .....	7
1.3 Анализ параметров типа производства.....	9
1.4 Постановка задач работы .....	11
2 Технологическая часть .....	12
2.1 Проектирование заготовки.....	12
2.2 Разработка плана изготовления .....	17
2.3 Технические средства оснащения .....	18
2.4 Определение режимов резания и нормирование .....	21
3 Разработка специальных технических средств оснащения .....	24
3.1 Разработка гидропластовой оправки.....	24
3.2 Разработка ступенчатой развертки.....	28
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	30
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	30
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	30
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	32
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	35
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта .....	36
5 Экономическая эффективность работы .....	38
Заключение .....	42
Список используемых источников.....	43
Приложение А Технологическая документация.....	47
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам .....	50

## Введение

В промышленности для приведения в движение различных узлов машин и механизмов нашли широкое применение гидравлические приводы. «Данный тип приводов отличается компактностью, возможностью создания значительных величин усилий, простотой управления процессом и возможностью его автоматизации, эксплуатационной надежностью, возможностью обеспечить бесступенчатое регулирование скоростей исполнительного механизма, простотой компоновки» [1].

К недостаткам гидравлических приводов относятся утечки рабочей жидкости, нагрев при работе, необходимость обеспечить герметичность системы, высокие требования по чистоте рабочей жидкости. Данные недостатки приводят к необходимости ужесточения требований к конструкции привода. Все детали входящие в гидравлический привод имеют жесткие требования к точности изготовления размеров и качеству поверхностного слоя. Рассматриваемая в работе гильза не является исключением. В процессе проектирования технологии изготовления гильзы особое внимание следует уделить именно обеспечению данных параметров. Выполнение этого требования возможно путем применения соответствующих методов обработки и технических средств их реализующих. При этом следует обратить внимание на тип производства, в условиях которого производится изготовление детали. От этого зависит, какие методы обработки и технические средства их реализующие наиболее эффективны. Оптимальным критерием эффективности спроектированной технологии является минимальная цена полученной детали.

Из приведенных рассуждений следует, что цель выпускной квалификационной работы разработать такую технологию изготовления гильзы гидропривода, которая обеспечит минимальную стоимость в заданных производственных условиях и требуемое качество изготовления.

## **1 Исходные данные и их анализ**

### **1.1 Назначение и условия работы детали**

Гильза входит в конструкцию гидравлического привода в качестве промежуточного звена между корпусом и штоком, на который устанавливается поршень. Такая конструкция позволяет изготавливать корпус из более дешевого материала. Гильза ориентируется в корпусе по цилиндрической поверхности, являющейся направляющей и пазов, фиксирующих гильзу от поворота. Внутренние поверхности детали используются для установки в них штока.

Сложность общей компоновки гидропривода, а также требование по компактности исполнения привели к необходимости применения в конструкции гидравлического привода большого количества поверхностей и повышению их точности.

Эксплуатационные условия определяются служебным назначением детали и конструкцией узла. Внешние климатические факторы не оказывают влияния на условия работы детали, так как гильза устанавливается в закрытом корпусе. Влияние факторов, возникающих под воздействием производственных условий также минимально, так как гильза работает в закрытом корпусе в условиях хорошей смазки. Следовательно, попадание на деталь стружки, смазочно-охлаждающей жидкости, производственной пыли и тому подобных веществ исключено.

Из негативных факторов оказывающих воздействие на гильзу следует отметить повышенную температуру и вибрации. Повышенная или пониженная температура в процессе эксплуатации может привести к изменению геометрии детали и ее разрушению под действием рабочих нагрузок. Вибрации могут возникать как в процессе работы, так и под действием других машин и механизмов, которые эксплуатируются в непосредственной близости. Воздействие вибраций может привести к

повреждению контактирующих с другими деталями поверхностей гильзы. Наиболее опасно влияние вибраций на ответственные точные поверхности.

## 1.2 Оценка технологичности детали

На первом этапе оценим технологичность материала детали. «Материал детали бронза БрАЖ 9-4 ГОСТ 18175-78 имеет следующий химический состав: медь от 84,3% до 90%, алюминий от 8% до 10%, марганец до 0,5%, железо от 2% до 4%, кремний до 0,1%, цинк до 1%, свинец до 0,01%, фосфор до 0,01%» [21]. «Механические характеристики: предел текучести 540 МПа, относительное удлинение после разрыва 15%» [26]. Приведенные характеристики обеспечивают хорошую обрабатываемость резанием стандартными инструментальными материалами, за исключением абразивной обработки. Особенностью материала являются его хорошие литейные свойства, что делает возможным применение для получения заготовки методом литья. Таким образом, материал следует признать технологичным.

На следующем этапе оценим на технологичность конструкцию детали. Конструкция детали обусловлена особенностями выполняемых функций. Технологичность поверхностей детали определяется их формой, параметрами точности, шероховатости, соответствием служебному назначению. Решение задачи определения технологичности поверхностей выполняется на основе их классификации (таблица 1), для проведения которой выполняется нумерация поверхностей (рисунок 1).

По результатам классификации можно сделать вывод, что все поверхности отвечают параметрам формы, точности, шероховатости и служебному назначению. Таким образом, для их получения не требуется применения специальных методов обработки и средств технического оснащения. Таким образом, конструкцию детали следует признать технологичной.

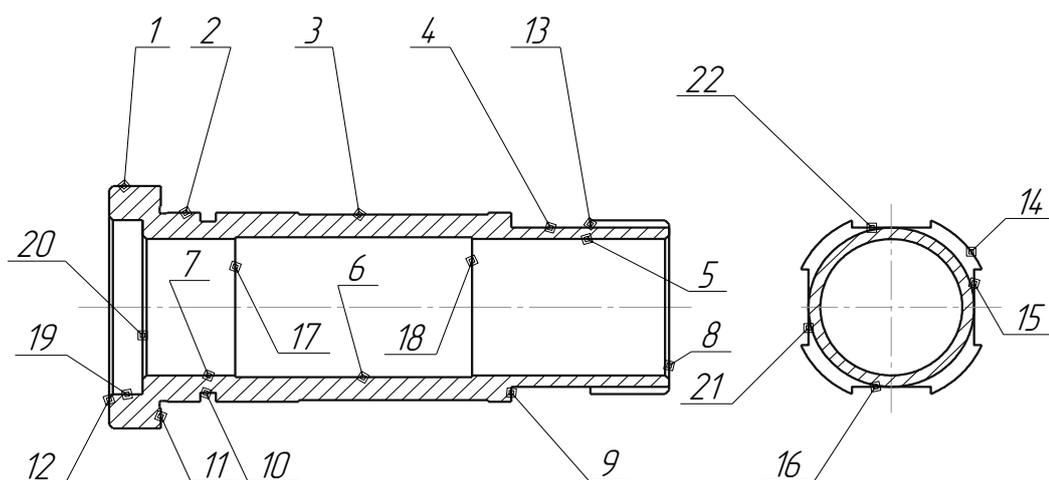


Рисунок 1 – Нумерация поверхностей

Таблица 1 – Классификация поверхностей

Вид поверхности	Номер поверхности
Основные конструкторские базы	5, 7, 12
Вспомогательные конструкторские базы	2, 11, 19, 20
Исполнительные поверхности	15, 16, 21, 22
Свободные поверхности	все оставшиеся

«Далее анализируем технологичность изготовления» [7]. В качестве технологического оборудования в данном случае возможно применение современных станков с числовым программным управлением. Применение стандартизированной и универсальной технологической оснастки позволит для закрепления заготовок на технологических операциях применить и реализовать типовые схемы базирования с соблюдением основных принципов базирования. При этом в качестве баз будут использованы исключительно естественные базы, то есть реальные поверхности детали. Все это позволит существенно упростить организацию производства, обеспечить его гибкость и удешевить сам процесс. Таким образом, процесс изготовления детали следует признать технологичным.

Анализ показал, что рассматриваемая деталь обладает хорошими показателями технологичности. Следовательно, при разработке технологии

ее изготовления следует использовать типовые технологические решения с учетом выявленных в ходе проведения анализа технологичности особенностей.

### **1.3 Анализ параметров типа производства**

«Определяем тип производства. Годовая программа выпуска деталей составляет 6000 штук в год, масса детали 1,74 кг, следовательно, тип производства среднесерийный» [7].

«Среднесерийный тип производства имеет следующие параметры» [7].

Детали должны изготавливаться партиями в условиях непоточной организации производственного процесса на специализированных рабочих местах.

Метод получения заготовки должен обеспечить наименьшие затраты на механическую обработку. Для этого необходимо, чтобы заготовка была максимально приближена по форме к готовой детали и имела оптимальные припуски и напуски. Выполнение данного требования необходимо, чтобы маршруты обработки обеспечивали минимальные приведенных затрат на получение поверхностей.

Проектирование операций технологического процесса основано на обеспечении максимальной концентрации переходов. Предпочтение следует отдавать экстенсивной концентрации, но возможно и применение интенсивной концентрации. Точность обработки достигается путем применения различных методов. «Выбор метода выполняется в зависимости от требуемой точности обработки» [22]. В связи с этим при проектировании операций особое внимание следует уделять соблюдению принципов теории базирования, что позволит исключить дополнительные погрешности при обработке и как следствие этого снизить припуски на обработку. «Определение режимов выполнения операций и их нормирование производится на основе расчетно-аналитического метода» [4] с применением

упрощенных методик и статистических данных.

«Тип технологического оборудования определяется исходя из требуемого метода обработки, характеристик заготовки, режимов резания и необходимой производительности процесса» [4]. «Рекомендуется отдавать предпочтение универсальному оборудованию, а также оснащённому устройствами программного управления» [4]. В случае необходимости реализации методов обработки со сложными формообразующими движениями возможно применение специализированного оборудования.

Станочные приспособления выбираются исходя из схемы базирования принятой на операции, формы и размеров базовых поверхностей. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальным станочным приспособлениям, имеющим возможность быстрой переналадки на выпуск новой детали и механизированный привод закрепления. В случае невозможности реализации требуемой схемы базирования стандартными приспособлениями допускается применение специальных приспособлений.

«Режущий инструмент выбирается исходя из требуемого метода обработки, характеристик заготовки, режимов резания и особенностей формы обрабатываемых поверхностей» [4]. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальному и стандартизированному режущему инструменту. Возможность применение специального режущего инструмента следует рассматривать только в случае невозможности получения требуемых характеристик обработки стандартным режущим инструментом или в случае получения ощутимого экономического эффекта от применения специального инструмента.

«Средства контроля выбираются исходя из особенностей формы контролируемых поверхностей, их расположения, точности и требований к визуализации результатов контроля» [4]. «Рекомендуется отдавать предпочтение универсальным и стандартизированным средствам контроля с получением информации о результатах контроля в абсолютных величинах, желательно в цифровом виде» [4].

## 1.4 Постановка задач работы

«По результатам анализа назначения и условий работы детали, оценки технологичности детали и анализа параметров типа производства сформулируем основные задачи данной работы» [1].

«В первую очередь необходимо спроектировать технологию изготовления детали» [1].

Далее необходимо решить задачи по совершенствованию технологии. Для решения данной задачи необходимо произвести проектирование специального станочного приспособления и режущего инструмента.

Затем принятые проектные решения необходимо проверить на соответствие требованиям по безопасности и экологичности их выполнения.

В заключении необходимо оценить экономические показатели технологии и результатов ее совершенствования.

В данном разделе анализируются имеющиеся данные по детали, ее технологичности и особенностям типа производства, в условиях которого предполагается изготавливать деталь. Результатом выполнения данного раздела являются задачи работы.

## 2 Технологическая часть

### 2.1 Проектирование заготовки

«В ходе анализа детали на технологичность было установлено, что особенностью материала являются его хорошие литейные свойства, что делает возможным применение для получения заготовки методов литья. Наиболее подходящими в данном случае являются методы литья в землю и в кокиль» [4]. «Выбор метода получения заготовки производится по методике» [8].

«Полная стоимость изготовления детали:

$$S_{\text{заг}i} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot m \cdot K \right) - (m - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000}, \quad (1)$$

где  $C_i$  – базовая стоимость 1 тонны заготовок, руб.;

$i$  – номер варианта получения заготовки;

$m$  – масса заготовки, кг;

$K$  – коэффициент, учитывающий технологию получения заготовки;

$q$  – масса детали, кг;

$S_{\text{отх}}$  – стоимость тонны стружки, руб.» [8].

«Масса заготовки:

$$m_i = q \cdot K_p, \quad (2)$$

где  $K_p$  – коэффициент формы и способа получения заготовки» [8].

«Номер варианта получения заготовки 1 принимаем для метода литья в землю, номер варианта 2 для метода получения литьем в кокиль» [8].

$$m_1 = 1,74 \cdot 1,16 = 2,02 \text{ кг.}$$

$$m_2 = 1,74 \cdot 1,09 = 1,9 \text{ кг.}$$

$$S_{\text{заг1}} = \left( \frac{38000}{1000} \cdot 2,02 \cdot 1,1 \right) - (2,02 - 1,74) \cdot \frac{400}{1000} = 84,318 \text{ руб.}$$

$$S_{\text{заг2}} = \left( \frac{38000}{1000} \cdot 1,9 \cdot 0,47 \right) - (1,9 - 1,74) \cdot \frac{400}{1000} = 33,87 \text{ руб.}$$

«Метод получения заготовки литьем в кокиль имеет меньшую полную стоимость изготовления детали, поэтому дальнейшее проектирование заготовки ведем для данного метода» [8].

В условиях среднесерийного типа производства необходимо, чтобы заготовка была максимально приближена по форме к готовой детали и имела оптимальные припуски и напуски. Для выполнения данного требования маршруты обработки должны обеспечивать минимальные приведенных затрат на получение поверхностей [11]. При этом принятые маршруты обработки должны соответствовать требуемой точности, шероховатости и форме поверхностей. «В таблице 2 приведены результаты определения маршрутов обработки поверхностей» [1].

Таблица 2 – Маршруты обработки поверхностей

Номер поверхности	Точность	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1	9	2,5	«точение черновое, точение чистовое» [18]
2	6	1,25	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [18]
3	14	12,5	«точение черновое» [18]
4	14	12,5	«точение черновое» [18]
5	7	0,8	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [18]
6	14	12,5	«точение черновое» [18]
7	7	0,8	«точение черновое, точение чистовое, точение тонкое» [18]
8	12	12,5	«точение черновое» [18]
9	12	12,5	«точение черновое» [18]
10	12	12,5	«точение чистовое» [18]
11	10	2,5	«точение черновое, точение чистовое» [18]
12	12	1,25	«точение черновое, точение чистовое» [18]
15	12	12,5	«фрезерование» [18]
16	12	12,5	«фрезерование» [18]
17	12	12,5	«точение черновое» [18]
18	12	12,5	«точение черновое» [18]
19	11	2,5	«точение черновое, точение чистовое» [18]

Продолжение таблицы 2

Номер поверхности	Точность	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
20	12	12,5	«точение черновое» [18]
21	12	12,5	«фрезерование» [18]
22	12	12,5	«фрезерование» [18]

«Припуски на обработку поверхности диаметром  $36H7(+0.025)$  мм определяем расчетно-аналитическим методом» [15].

«Значения минимальных припусков:

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

где  $a_{i-1}$  – глубина дефектного слоя после выполнения предыдущего перехода, мм;

$\Delta_{i-1}$  – величина суммарных пространственных отклонений поверхности на предыдущем переходе, мм;

$\varepsilon_i$  – величина погрешности установки заготовки на текущем переходе, мм» [15].

$$\ll z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,100 + \sqrt{0,060^2 + 0,020^2} = 0,163 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,250 + \sqrt{0,016^2 + 0,060^2} = 0,421 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_2 + \sqrt{\Delta_2^2 + \varepsilon_3^2} = 0,150 + \sqrt{0,090^2 + 0,020^2} = 0,242 \text{ мм} \gg [15].$$

«Значения максимальных припусков:

$$z_{i max} = z_{i min} + 0,5 \cdot (TD_{i-1} + TD_i), \quad (4)$$

где  $TD_i$  – допуск размера текущего перехода, мм;

$TD_{i-1}$  – допуск размера предыдущего перехода, мм» [15].

$$\ll z_{1max} = z_{1 min} + 0,5 \cdot (TD_0 + TD_1) = 0,163 + 0,5 \cdot (0,250 + 0,025) = 0,226 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,421 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,039) = 0,460 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (TD_2 + TD_3) = 0,242 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,025) = 0,274 \text{ мм} \gg [15].$$

«Значения средних припусков по переходам определяется по формуле:

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

$$\ll z_{\text{ср}1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (0,226 + 0,163) = 0,195 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,460 + 0,421) = 0,441 \text{ мм.}$$

$$z_{\text{ср}3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,274 + 0,242) = 0,258 \text{ мм} \gg [15]$$

«Максимальные операционные размеры:

$$D_{(i-1)\max} = D_{i \max} - 2 \cdot z_{i \min}. \quad (6) \gg [15]$$

«Минимальные операционные размеры:

$$D_{(i-1)\min} = D_{(i-1)\max} - TD_{i-1}. \quad (7) \gg [15]$$

«Средние операционные размеры:

$$D_{i \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{i \max} + D_{i \min}). \quad (8) \gg [15]$$

«Проводим соответствующие расчеты.

$$D_{3 \max} = 36,025 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \min} = 36,000 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{3 \max} + D_{3 \min}) = 0,5 \cdot (36,025 + 36,000) = 36,012 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \max} = D_{3 \max} - 2 \cdot z_{3 \min} = 36,025 - 2 \cdot 0,242 = 35,580 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \min} = D_{\max} - TD_2 = 35,580 - 0,039 = 35,541 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (35,580 + 35,541) = 35,561 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ max}} = D_{2 \text{ max}} - 2 \cdot z_{2 \text{ min}} = 30,738 - 2 \cdot 0,421 = 30,738 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ min}} = D_{1 \text{ max}} - TD_2 = 30,738 - 0,039 = 30,699 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ ср}} = 0,5(D_{1 \text{ max}} + D_{1 \text{ min}}) = 0,5(30,738 + 30,699) = 30,719 \text{ мм} \gg [15].$$

«Значение минимального общего:

$$2z_{\text{min}} = D_{3 \text{ max}} - D_{1 \text{ min}}. \quad (9) \gg [15]$$

$$2z_{\text{min}} = 36,025 - 30,699 = 5,326 \text{ мм.}$$

«Значение максимального общего припуска:

$$2z_{\text{max}} = 2z_{\text{min}} + TD_0 + TD_3. \quad (10) \gg [15]$$

$$2z_{\text{max}} = 5,326 + 0,250 + 0,025 = 5,601 \text{ мм.}$$

«Значение среднего общего припуска:

$$2z_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (2z_{\text{min}} + 2z_{\text{max}}). \quad (11) \gg [15]$$

$$2z_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (5,326 + 5,601) = 5,464 \text{ мм.}$$

Для оставшихся менее ответственных поверхностей с низкими показателями точности используется табличный способ [19]. В соответствии с ним минимальный припуск принимается по справочным данным [19].

«Максимальный припуск рассчитывается:

$$z_{i \text{ max}} = z_{i \text{ min}} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i). \quad (12) \gg [19]$$

«В таблице 3 приведены результаты определения припусков на обработку поверхностей» [1].

Таблица 3 – Результаты определения припусков

Номер поверхности	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1	2,0	5,8
2	2,0	6,7
7	2,0	6,7
8, 12	6,7	9,8
11	4,8	9,8

«Определяем характеристики заготовки:

- класс точности 8,
- степень коробления 5,
- степень точности поверхности 10,
- степень точности массы 4,
- допуск массы 16%,
- ряд припусков 8» [3].

«По данным характеристикам назначаются допуски на выполнение размеров заготовки, радиусы закруглений на заготовке, допуск неровностей поверхности» [3].

«Спроектированная заготовка и технические требования на ее выполнение представлены в графической части работы» [1].

## 2.2 Разработка плана изготовления

«План изготовления должен содержать сведения об обрабатываемых поверхностях, операционных размерах» [25], допусках на их выполнение и схемы базирования.

Основой для формирования маршрута обработки детали являются типовые технологические процессы изготовления деталей данного класса [5], а также результаты выбора методов обработки поверхностей, рассмотренных при проектировании заготовки на этапе определения припусков на обработку.

В таблице 4 приведен сформированный маршрут обработки.

Таблица 4 – Маршрут обработки

Операция	Метод обработки	Номера поверхностей
005 Токарная	«точение» [5]	1, 7, 12, 19, 20
010 Токарная	«точение» [5]	1, 2, 4, 8, 11, 23, 24
015 Токарная	«точение» [5]	2, 5, 6, 17, 18
020 Токарная	«точение» [5]	5, 19, 20
025 Фрезерная	«фрезерование» [5]	15, 16, 21, 22
030 Токарная	«точение» [5]	2
035 Токарная	«точение» [5]	5
040 Моечная	«мойка» [5]	все
045 Контрольная	–	все

При проектировании операций особое внимание следует уделять соблюдению принципов теории базирования. Желательно использовать типовые схемы базирования [12], так как они ориентированы на применение стандартных станочных приспособлений, погрешности которых достаточно легко определить. Кроме этого от принятых схем базирования зависит простановка операционных размеров.

Определение допусков на операционные размеры и технических требований на выполнение операций основано на статистических данных и вероятностных расчетах [23].

«План изготовления детали, спроектированный в соответствии с приведенными рекомендациями, представлен на листе графической части работы» [1].

### 2.3 Технические средства оснащения

«Технологическое оборудование определяется исходя из требуемого метода обработки, характеристик заготовки, режимов резания и необходимой производительности процесса» [6]. «Рекомендуется отдавать предпочтение универсальному оборудованию, а также оснащённому устройствами

программного управления» [6]. В случае необходимости реализации методов обработки со сложными формообразующими движениями возможно применение специализированного оборудования. Выбор производим по данным [6].

Выбор станочных приспособлений осуществляется исходя из схемы базирования принятой на операции, формы и размеров базовых поверхностей. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальным станочным приспособлениям, имеющим возможность быстрой переналадки на выпуск новой детали и механизированный привод закрепления. В случае невозможности реализации требуемой схемы базирования стандартными приспособлениями допускается применение специальных приспособлений. Выбор производим по данным [20], [24].

«Режущий инструмент выбирается исходя из требуемого метода обработки, характеристик заготовки, режимов резания и особенностей формы обрабатываемых поверхностей» [14]. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальному и стандартизированному режущему инструменту. Возможность применение специального режущего инструмента следует рассматривать только в случае невозможности получения требуемых характеристик обработки стандартным режущим инструментом или в случае получения ощутимого экономического эффекта от применения специального инструмента. Выбор производим по данным [14].

«Средства контроля выбираются исходя из особенностей формы контролируемых поверхностей, их расположения, точности и требований к визуализации результатов контроля» [1]. Рекомендуется отдавать предпочтение универсальным и стандартизированным средствам контроля с получением информации о результатах контроля в абсолютных величинах, желательно в цифровом виде. Выбор производим по данным [10].

В таблице 5 приведены данные по выбору технических средств оснащения.

Таблица 5 – Средства оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Приспособление	Режущий инструмент	Средства контроля
005 Токарная	«16К20Ф3» [6]	«патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80» [20]	«резец расточной $\varphi=60^\circ$ ГОСТ 6743-61 Т15К6» [14]	«штангенциркуль 1 (0-320 мм) ГОСТ166-63» [10]
010 Токарная	«16К20Ф3» [6]	«патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80» [20]	«резец вставка 16x16 $\varphi=45^\circ$ ГОСТ 10043-62 Т15К6, резец проходной $\varphi=60^\circ$ ГОСТ 6743-61 Т15К6» [14]	«штангенциркуль 1 (0-320 мм) ГОСТ166-80» [10]
015 Токарная	«16К20Ф3» [6]	«патрон цанговый» [20]	«резец расточной $\varphi=60^\circ$ ГОСТ 6743-61 Т15К6» [14]	«штангенциркуль 1 (0-125 мм) ГОСТ166-80» [10]
020 Токарная	«16К20Ф3» [6]	«патрон цанговый» [20]	«развёртка комбинированная Р6М5» [14]	«микрометр-нутромер ГОСТ 10-58» [10]
025 Фрезерная	«6Р80Г» [6]	«цанговая оправка» [20]	«фреза шпоночная $\varnothing 20$ ГОСТ 8237-57 Р6М5» [14]	«штангенциркуль 1 (0-125 мм) ГОСТ 166-80» [10]
030 Токарная	«16К20Ф3» [6]	«гидропластовая оправка» [20]	«резец проходной $\varphi=60^\circ$ ГОСТ 6743-61 Т15К6» [14]	«микрометр-нутромер ГОСТ 10-58» [104]
035 Токарная	«16К20Ф3» [6]	«патрон цанговый» [20]	«резец расточной $\varphi=60^\circ$ ГОСТ 6743-61 Т15К6» [14]	«микрометр-нутромер ГОСТ 10-58» [10]
040 Моечная	«моечная машина» [6]	–	–	–
045 Контрольная	«контрольный стол» [6]	–	–	–

«Средства оснащения технологического процесса заносятся в технологическую документацию, которая приведена в приложении А «Технологическая документация»» [1].

В качестве выводов по результатам выбора средств оснащения технологического процесса отметим наличие гидропластовой оправки, используемой в качестве станочного приспособления. Данное станочное

приспособление не является стандартизированным и требует проведения проектирования под конкретные условия обработки.

## 2.4 Определение режимов резания и нормирование

«Среднесерийный тип производства предполагает, что определение режимов выполнения операций и их нормирование производится на основе расчетно-аналитического метода с применением упрощенных методик и статистических данных» [17].

«Скорость резания рассчитывается по формуле:

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (13)$$

где  $V_T$  – справочное значение скорости резания, м/мин;

$K_1$  – коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материал;

$K_2$  – коэффициент, характеризующий стойкость инструмента и марку инструментального материала;

$K_3$  – коэффициент, характеризующий вид обработки» [17].

«Частота вращения шпинделя рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (14)$$

где  $d$  – диаметр обрабатываемой поверхности, мм» [17].

«Скорости резания рассчитывается по формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (15)$$

где  $n_d$  – фактическая частота вращения, об/мин» [17].

«Основное время на выполнение операции рассчитывается по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{рх}}}{S_0 \cdot n_d}, \quad (16)$$

где  $L_{\text{рх}}$  – длина рабочего хода, мм;

$S_0$  – подача, мм/об» [17].

«Длина рабочего хода рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{рх}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (17)$$

где  $l_1$  – длина на врезание инструмента, мм;

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

$l_2$  – длина перебега инструмента, мм» [17].

«В таблице 6 приведены данные по результатам расчета режимов резания и нормирования операций» [1].

Таблица 6 – Режимы резания и нормирование операций

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об (мм/зуб)	Скорость, м/мин	Частота вращения, об/мин	Основное время, мин	Штучное время, мин
005	1	0,40	105	315	4,2	5,6
010	1	0,5	105	315	4,2	7,45
	2	0,2	195	630	1,4	
	3	0,06	75	256	0,61	
015	1	0,2	195	500	0,85	3,09
	2	0,3	120	800	0,96	
020	1	0,4	160	630	0,29	4,94
025	1	0,07	0,64	422	1,57	2,5
030	1	0,1	1,14	1037	3,3	4,9
035	1	0,1	1,1	967	2,33	4,94

«Режимы резания и результаты нормирования операций заносятся в технологическую документацию, которая приведена в приложении А

«Технологическая документация», а также используются при разработке технологических наладок» [1].

В качестве выводов по результатам определения режимов резания и нормирования операций технологического процесса отметим, что на обработку отверстия тратится большое количество времени. Необходимо провести детальный анализ операций, включая анализ структуры времени выполнения и составляющих режимов резания. Выявить технические факторы, оказывающие максимальное влияние на увеличение времени выполнения операций и устранить их.

В данном разделе проектируется технология изготовления детали. Данная задача решается путем выбора и проектирования заготовки, разработки плана изготовления, определения требуемых технических средств оснащения, определения режимов выполнения операций и их нормирования. По результатам нормирования выявлена лимитирующая операция и принято решение о ее техническом совершенствовании.

### 3 Разработка специальных технических средств оснащения

#### 3.1 Разработка гидропластовой оправки

По результатам выбора средств оснащения технологического процесса было выявлено наличие гидропластовой оправки, используемой в качестве станочного приспособления. Данное станочное приспособление не является стандартизированным. Следовательно, требуется проведение проектирования под конкретные условия обработки. «Рассмотрим наиболее сложный случай проектирования для выполнения операции тонкого точения. Проектирование проводим по методике» [16].

«Основную составляющую силы резания определяем по формуле:

$$P_Z = 9,8 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n, \quad (18)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – коэффициент и показатели степеней, зависящие от конкретных условий обработки;

$t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$V$  – фактическая скорость резания, м/мин» [16].

$$P_Z = 9,8 \cdot 2,2 \cdot 0,05^{0,6} \cdot 1,2^{0,7} \cdot 25^{0,7} = 194 \text{ Н.}$$

«Усилие силового привода определяется из соотношения:

$$P_Z \cdot \frac{D}{2} \cdot k = Q \cdot f \cdot \frac{d}{2}, \quad (19)$$

где  $D$  – обрабатываемый диаметр, мм;

$k$  – коэффициент запаса;

$Q$  – усилие закрепления, Н;

$f$  – коэффициент трения;

$d$  – диаметр закрепления, мм» [16].

«Выводим формулу для определения искомого усилия закрепления:

$$Q = \frac{P_Z \cdot D \cdot k}{f \cdot d}. \quad (20) \text{» [16]}$$

$$Q = \frac{194 \cdot 50 \cdot 1,2}{0,1 \cdot 36} = 3233 \text{ Н.}$$

«Определяем толщину тонкостенной втулки:

$$t = 0,02 \cdot d. \quad (21) \text{» [16]}$$

$$t = 0,02 \cdot 36 = 0,72 \text{ мм.}$$

«Деформации, которые допускает данная втулка:

$$\Delta D = 0,03 \cdot d. \quad (22) \text{» [16]}$$

$$\Delta D = 0,03 \cdot 36 = 1,08 \text{ мм.}$$

«Длина полости втулки:

$$L = (1 \dots 1,2) \cdot l, \quad (23)$$

где  $l$  – длина поверхности базирования, мм» [16].

$$L = (1 \dots 1,2) \cdot 146 = 146 \dots 175 \text{ мм.}$$

«Давление, необходимое для деформации втулки:

$$P = \frac{2 \cdot \Delta D \cdot E \cdot t}{d^2} \quad (24)$$

где  $E$  – модуль упругости, Па» [16].

$$P = \frac{2 \cdot 1,08 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 0,72}{36^2} = 248 \text{ Па.}$$

«Момент от силы трения для удержания заготовки в процессе обработки:

$$M = 500 \cdot \left(\frac{t}{d}\right) \cdot \left(\frac{t}{d}\right)^{0,5} \cdot \delta \cdot d^2, \quad (25)$$

где  $\delta$  – деформация втулки, мм» [16].

$$M = 500 \cdot \left(\frac{0,72}{36}\right) \cdot \left(\frac{0,72}{36}\right)^{0,5} \cdot 0,069 \cdot 36^2 = 409 \text{ Н м.}$$

«Момент от силы резания:

$$M_p = P_Z \cdot \frac{D}{2} \cdot k, \quad (26)$$

где  $k$  – коэффициент запаса» [16].

$$M_p = 194 \cdot \frac{0,5}{2} \cdot 2,5 = 122 \text{ Н м.}$$

Из расчетов следует, что закрепление заготовки обеспечивается.

«Сила для закрепления в продольном направлении:

$$Q_{\text{пр}} = 10^4 \cdot \left(\frac{5t}{d}\right) \cdot \left(\frac{5t}{d}\right)^{0,5} \cdot \delta \cdot d, \quad (27) \gg [16]$$

$$Q_{\text{пр}} = 10^4 \cdot \left(\frac{5 \cdot 0,72}{36}\right) \cdot \left(\frac{5 \cdot 0,72}{36}\right)^{0,5} \cdot 0,069 \cdot 36 = 786 \text{ Н.}$$

«Высота рабочей область втулки под гидропластмассу:

$$H = 2 \cdot d^{0,33}. \quad (28) \gg [16]$$

$$H = 2 \cdot 36^{0,33} = 6,6 \text{ мм.}$$

«Длина посадочного пояса втулки:

$$T = 2,5 \cdot d^{0,33}. \quad (29)» [16]$$

$$T = 2,5 \cdot 36^{0,33} = 8,2 \text{ мм.}$$

«Диаметр отверстия под втулку:

$$d_o = d - 2 \cdot H - 2 \cdot t - 2. \quad (30)» [16]$$

$$d_o = 36 - 2 \cdot 6,6 - 2 \cdot 0,72 - 2 = 19,36 \text{ мм.}$$

«Диаметр плунжера:

$$d_o = 1,8 \cdot d^{0,5}. \quad (31)» [16]$$

$$d_o = 1,8 \cdot 36^{0,5} = 10,8 \text{ мм.}$$

«Сила на плунжере:

$$Q_{\text{пл}} = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} \cdot P. \quad (32)» [16]$$

$$Q_{\text{пл}} = \frac{\pi \cdot 11^2}{4} \cdot 2,48 = 236 \text{ Н.}$$

«Диаметр поршня пневматического привода определяется по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (33)$$

где  $P$  – давление воздуха в системе, МПа» [16].

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{236}{0,4}} = 28 \text{ мм.}$$

Определим точность установки заготовки в проектируемой гидропластовой оправке.

«Уравнение для расчета точности оправки:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega \cdot A_{\Delta}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (34)$$

где  $\Delta_1$  – погрешность изготовления базовой поверхности втулки, мм;

$\Delta_2$  – погрешность сопряжения втулки и корпуса, мм;

$\Delta_3$  – погрешность изготовления посадочного диаметра, мм» [16].

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,010^2 + 0,020^2 + 0,015^2} = 0,013 \text{ мм.}$$

«Погрешностью установки в приспособлении]:

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot Td, \quad (35)$$

«где  $Td$  – допуск на выполняемый размер, мм» [16].

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,05 = 0,015 \text{ мм.}$$

«Подробно конструкция приспособления представлена в графической части работы и приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам»» [1].

### 3.2 Разработка ступенчатой развертки

По результатам определения режимов резания и нормирования операций технологического процесса выявлено, что на обработку отверстия тратится большое количество времени. Детальный анализ данной операции показал, что снижение причина этого заключается в длительном маршруте обработки, состоящем из большого количества токарных переходов. Предлагается заменить на окончательной обработке точение на развертывание. Такое решение позволит обработать одновременно две

поверхности. Для этого необходимо спроектировать ступенчатую развертку, приведенную на рисунке 2. Проектирование проводим по данным [13].

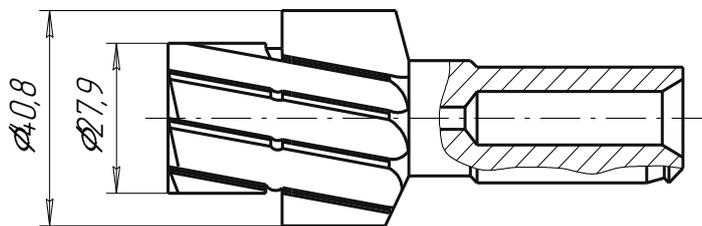


Рисунок 2 – Ступенчатая развертка

«В качестве материала развертки наиболее приемлема быстрорежущая сталь Р6М5 ГОСТ19265-73» [13].

«Геометрические параметры для поверхности диаметром 27,9 мм передний угол  $\gamma = 8^\circ$ , задний угол  $\alpha = 10^\circ$ , главный угол в плане  $\varphi = 60^\circ$ , угол наклона винтовой канавки  $\omega = 10^\circ$ » [13].

«Для поверхности диаметром 40,8 мм передний угол  $\gamma = 8^\circ$ , главный угол в плане  $\varphi = 60^\circ$ . Задний угол меняется от  $\alpha = 10^\circ$  до  $\alpha_1 = 30^\circ$ , угол наклона винтовой канавки  $\omega = 10^\circ$ » [13].

«Число зубьев для данной развертки принимаем равным  $z = 8$ . Угловой шаг зубьев развертки выполняется переменным:  $\omega_1 = 41^\circ 53'$ ,  $\omega_2 = 44^\circ 05'$ ,  $\omega_3 = 46^\circ 06'$ ,  $\omega_4 = 47^\circ 56'$ » [13].

Применение развертки позволит сократить время обработки на 25%. «Подробнее конструктивные особенности развертки представлены на чертеже графической части и приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам»» [1].

«В данном разделе решены задачи по совершенствованию технологии. Для их решения производится проектирование гидропластовой оправки и ступенчатой развертки» [1].

## **4 Безопасность и экологичность технического объекта**

### **4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта**

Выполним краткое описание конструктивно-технологических характеристик спроектированной технологии.

Изготовление детали предусматривает выполнение следующих технологических операций и средств технологического оснащения для их выполнения. Токарные операции на станках 6К20Ф3 с использованием проходных ГОСТ 6743–61 Т15К6 и расточных резцов ГОСТ 6743–61 Т15К6, патронов трехлачковых ГОСТ 2675–80, цанговых патронов, гидропластовой оправки, штангенциркуль 1 ГОСТ 166-80, микрометр-нутромер ГОСТ 10–58. Фрезерная операция на станке 6Р80Г с использованием фрезы шпоночной ГОСТ 8237–57 Р6М5 и цанговой оправки. Для охлаждения зоны резания используется синтетическая смазочно-охлаждающая жидкость. Транспортные операции на технологическом участке осуществляются с использованием электрических погрузчиков. «В ходе выполнения технологического процесса задействованы операторы станков с числовым программным управлением и фрезеровщик. Более подробно технология изготовления рассмотрена ранее» [2].

### **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

«Профессиональные риски, возникающие в ходе выполнения анализируемого технологического процесса, определяются на основании Приказа Минтруда России от 28.12.2021 N 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков»» [2]. «При этом учитываются опасные и/или вредные производственно-технологические факторы, которые

определяются согласно ГОСТ 12.0.003–2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [2]. Результаты идентификации профессиональных рисков приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Идентификация профессиональных рисков

Источники возникновения рисков	Риски	Опасные и вредные производственные факторы
технологическое оборудование и средства технологического оснащения, погрузчики	«удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования, наезд транспорта на человека» [2]	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего (в том числе движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; разрушающиеся конструкции; обрушивающиеся горные породы; падающие деревья и их части; струи и волны, включая цунами; ветер и вихри, включая смерчи и торнадо)» [2]
	«ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру» [2]	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [2]
	«заболевания кожи (дерматиты)» [2]	«производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека» [2]
	«психоэмоциональные перегрузки» [2]	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [2]

Продолжение таблицы 7

Источники возникновения рисков	Риски	Опасные и вредные производственные факторы
—	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации» [2]	«воздействие общей вибрации на тело работника» [2]
	«контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением, отсутствие заземления или неисправность электрооборудования, нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение средств индивидуальной защиты» [2]	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [2]
	«снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума и других неблагоприятных характеристик шума» [2]	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [2]

Анализируя количество и состав приведенных в таблице 7 рисков, а также опасных и вредных производственных факторов приходим к выводу, они являются типичными для участков механической обработки.

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Исходя из того, что выявленные ранее риски, а также опасные и вредные производственные факторы являются типовыми для снижения и

устранения их влияния предлагается применить стандартные методы и средства выбранные в соответствии с Приказом Минтруда России № 771н от 29 октября 2021 г. «Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней», а также Приказом Минтруда России от 29.10.2021 N 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [2]. Результаты приведены ниже.

Мероприятия по улучшению условий и охраны труда (Приказ Минтруда России № 771н): «устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [2]; «проведение обучения по охране труда, в том числе обучения безопасным методам и приемам выполнения работ, обучения по оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, обучения по использованию (применению) средств индивидуальной защиты, инструктажей по охране труда, стажировки на рабочем месте (для определенных категорий работников) и проверки знания требований охраны труда» [2]; «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» [2]; «проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [2]; «проведение обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований)» [2]; «внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током»

[2]; «устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов» [2].

Методы и средства снижения профессиональных рисков (Приказ Минтруда России от 29.10.2021 N 776н): «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты – специальных рабочих костюмов, халатов или роб, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования» [2]; «организация обучения, инструктажей, стажировки, проверки знаний, установка предупреждающих знаков, визуальных и звуковых предупреждающих сигналов, утверждение правил поведения на рабочих местах, правильное применение средств индивидуальной защиты» [2]; «использование станков и инструментов для механической обработки материалов и изделий, сопровождающихся выделением газов, паров и аэрозолей, совместно с системами удаления указанных веществ» [2]; «проведение специальной оценки условий труда с разработкой и реализацией мероприятий по снижению напряженности трудового процесса» [2]; «применение вибропоглощения и виброизоляции» [2]; «изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности, вывод неисправного электрооборудования из эксплуатации, своевременный ремонт и техническое обслуживание электрооборудования» [2]; «применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [2].

Принятые методы и средства позволят эффективно снизить негативное воздействие опасных и вредных факторов и возможность возникновения профессиональных рисков.

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Пожарная безопасность технического объекта определяется соответствующими характеристиками производственного здания, а также характеристиками используемых в ходе технологического процесса материалов. Проведем определение данных характеристик.

«Характеристика производственного корпуса по пожароопасности: категория по взрыво и пожаробезопасности – пожароопасное; степень огнестойкости зданий и сооружений – из негорючих материалов; класс помещения в зависимости от окружающей среды – сухое; класс помещения по степени опасности поражения электрическим током – с повышенной опасностью» [2]. «Исходя из характеристик, используемых в ходе технологического процесса материалов возможно возникновение пожаров, связанных с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов, то есть класс пожара» [2].

«По приведенным выше характеристикам определяем основные опасные факторы пожара: 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)» [2].

Далее определяем основные организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

«Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности: разрабатываются инструкции по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации; проводится инструктаж по пожарной безопасности» [2].

Так же необходимо определить технические средства по обеспечению пожарной безопасности (таблица 8).

Таблица 8 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
«огнетушители: – ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100» [2]	«мотопомпа пожарная» [2]	«пожарный извещатель» [2]	«пожарный щит класса ЩП-А» [2]	«оповещатель охранно-пожарный звуковой, программно-аппаратный комплекс» [2]

Все предлагаемые организационные мероприятия и технические средства по обеспечению пожарной безопасности являются типовыми и стандартными, что существенно упростит организацию обеспечения пожарной безопасности на производственном участке.

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

Экологическая безопасность технологического процесса определяется составом отходов и выбросов, образующихся в ходе его выполнения. В ходе выполнения рассматриваемого технологического процесса образуются следующие отходы и выбросы следующих веществ: смазочные материалы, смазочно-охлаждающие жидкости, частицы абразива, металлический лом, стружка, мусор. Проанализировав состав отходов и выбросов, приходим к выводу, что наибольшее влияние рассматриваемый технологический процесс оказывает на гидросферу и литосферу. Влияние на атмосферу не столь значительно, так как количество выбросов невелико.

Определим основные мероприятия для снижения влияния отходов и выбросов на экологию. Для этого будем руководствоваться положениями «ГОСТ 31952–2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения» разрабатываем мероприятия по обеспечению экологической безопасности» и ГОСТ Р 53692–2009

«Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» [2].

В результате предлагается использование на производстве следующих технических средств и проведение мероприятий по снижению влияния на экологию. С целью снижению воздействия на атмосферу предлагается использовать «систему очистки воздуха перед выбросом ее в атмосферу на основе циклонов, электрофильтров и абсорберов» [2]. С целью снижению воздействия на гидросферу предлагается использовать «систему очистки сточных вод на основе отстойников, пневматических флотомашин, азротенка» [2]. С целью снижению воздействия на литосферу предлагается использовать «сортировку отходов по виду, переработку металлических отходов, утилизацию отходов на специальных полигонах» [2].

В данном разделе предлагаемый вариант технологического процесса проверен на соответствие требованиям по безопасности и экологичности выполнения. Кроме того, рассмотрены вопросы обеспечения пожарной безопасности. В результате спроектированная технология отвечает всем требованиям по безопасности и экологичности ее выполнения.

## 5 Экономическая эффективность работы

Все предыдущие разделы были посвящены совершенствованию технологического процесса изготовления заданной детали. Поэтому в конце бакалаврской работы необходимо провести расчеты, связанные с экономической эффективностью, этих совершенствований.

Для этого, сначала необходимо дать краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений (рисунок 3).

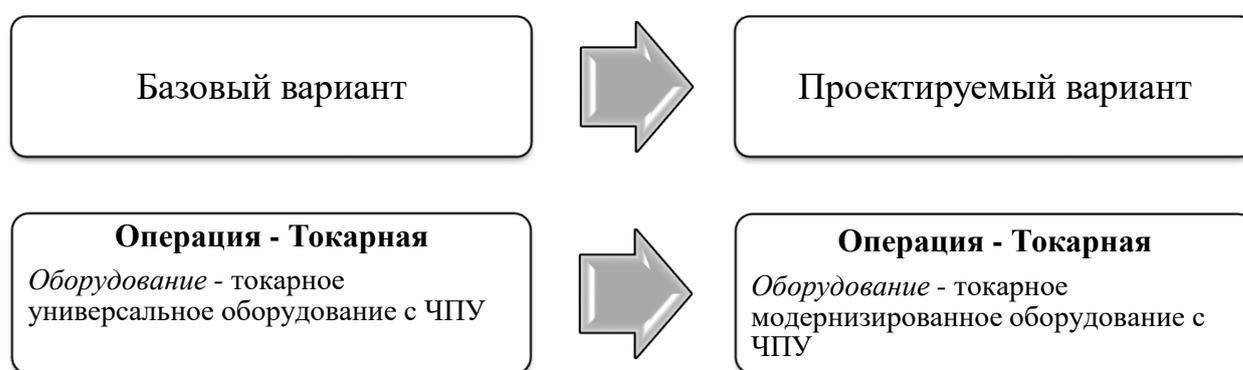


Рисунок 3 – Краткое описание, внесенных в технологический процесс, изменений

Как видно из рисунка 3, благодаря внесенным изменениям удалось достичь уменьшения трудоемкости выполнения данных операций. Эти изменения позволили сократить общую трудоемкость изготовления детали на 2,6 минуты.

Основываясь на описанных изменениях, будет осуществлен расчет значимых показателей, для подтверждения их экономической эффективности. Значимые показатели приведены на рисунке 4.

Как видно из рисунка 4, отправной точкой в экономических расчетах является размер инвестиций. Именно этот показатель дает понимание в необходимых финансовых вливаниях в предложенные совершенствования. Для его определения используют специальную методику [9], которая

позволяет учитывать все необходимые затраты в этот проект. Итоговый размер инвестиций и его детализация, представлен на рисунке 5.

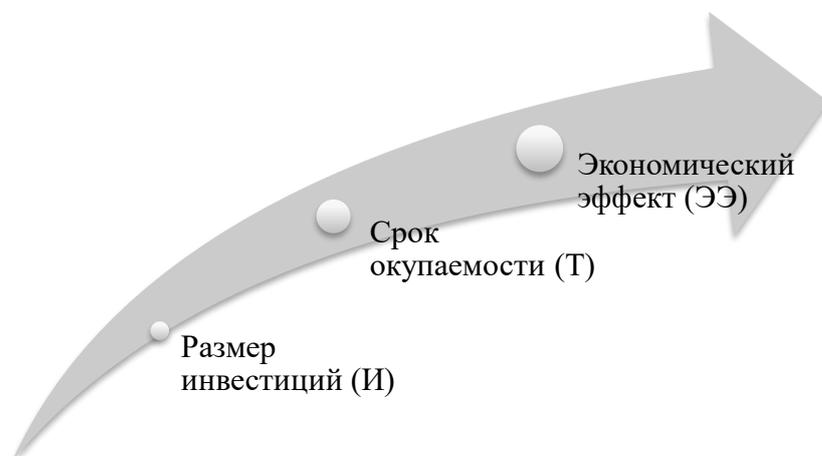


Рисунок 4 – Значимые показатели для подтверждения экономической эффективности изменений

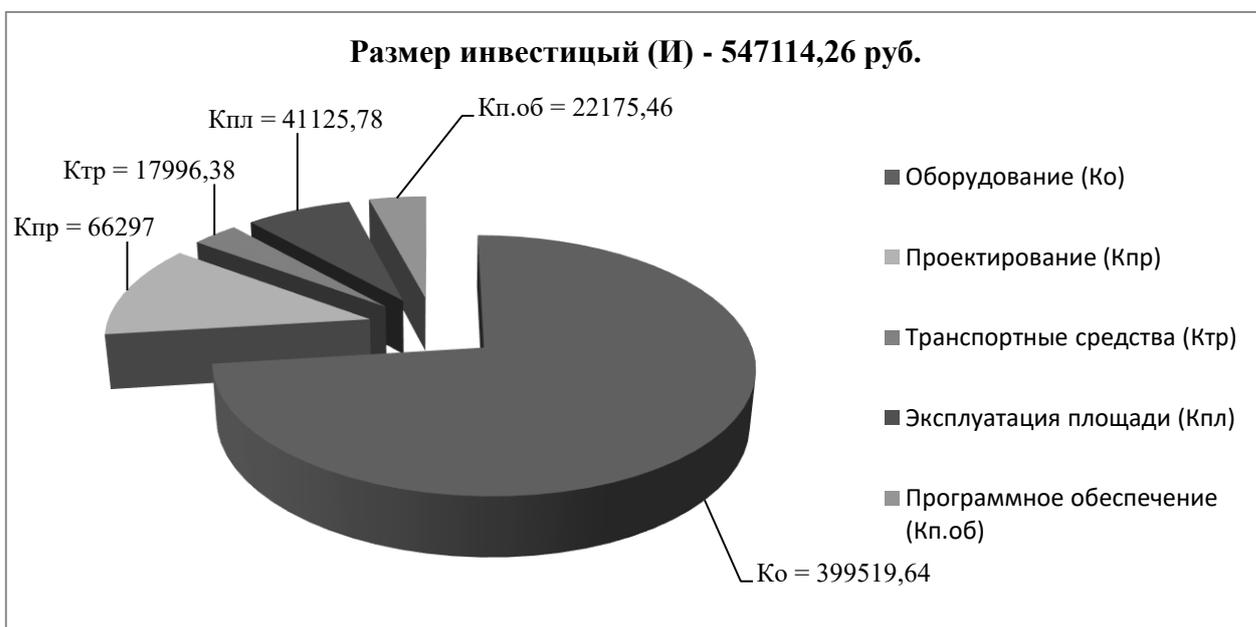


Рисунок 5 – Итоговый размер инвестиций и его детализация, руб.

Как видно из рисунка 5, самую весомую долю в инвестициях занимают затраты на оборудование, его доставку и установку ( $K_o$ ), их доля составляет 73,02 %, и это оправдано, т. к. закупку или модернизация оборудования

всегда была и будет самой затратной. Следующая, не менее значимая, это такая статья затрат, как «затраты на проектирование ( $K_{ДР}$ )». Ее доля в общем размере инвестиций составит 12,12 %, это обосновывается сложностью выполняемых при проектировании работ и их трудоемкостью. Далее – это затраты на эксплуатацию площади, с долей – 7,52 %. Оставшиеся статьи затрат находятся в интервале 3,29-4,05 % и существенной весомости в размере инвестиций не имеет, но тем не менее их увеличивают.

Значение срока окупаемости можно рассчитать по формуле (36):

$$T = \frac{И}{П_{ЧИСТ}} + 1, \quad (36)$$

где « $П_{ЧИСТ}$  – чистая ожидаемая прибыль, руб.» [9].

Этот показатель зависит от разности себестоимости изготовления детали до и после совершенствования технологического процесса ее изготовления ( $C_1 = 487,11$  руб. и  $C_2 = 401,28$  руб., соответственно). Также при его определении учитывается программа выпуска ( $П_{Г} = 6000$  шт.). И кроме всего прочего, обязательно учитываются налоговые выплаты, которые предприятие вынуждено будет заплатить государству за полученную дополнительную прибыль. Значения себестоимости определялись по специальной методике [9] с применением программного обеспечения, такого как Microsoft Excel. Если учесть все вышеперечисленные показатели, то формулу (36) можно представить в развернутом формате в формуле (37)

$$T = \frac{И}{(C_1 - C_2) \cdot П_{Г} \cdot (1 - K_{НАЛ})} + 1, \quad (37)$$

где « $K_{НАЛ}$  – коэффициент налогообложения, который, для юридических лиц, составляет 20 % или в абсолютной величине – 0,2» [9]

$$T = \frac{547114,26}{(487,11 - 401,28) \cdot 6000 \cdot (1 - 0,2)} + 1 = \frac{547114,26}{411984} + 1 = 2,328 = 3 \text{ года.}$$

Экономический эффект определяется по формуле (38), которая тоже представлена в развернутом виде, чтобы показать наглядность расчетов.

$$\text{ЭЭ} = \left( \sum_1^T P_{\text{ЧИСТ}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \right) - I, \quad (38)$$

где « $E$  – процентная ставка на капитал;

$t$  – годы получения прибыли для принятого горизонта расчета» [9].

$$\begin{aligned} \text{ЭЭ} &= \left( 411984 \cdot \left( \frac{1}{(1+0,2)^1} + \frac{1}{(1+0,2)^2} + \frac{1}{(1+0,2)^3} \right) \right) - 547114,26 = \\ &= 81985,31 \text{ р.} \end{aligned}$$

Согласно проведенным расчетам, экономический эффект получен, его величина составляет 81985,31 рублей. Поэтому предложенные совершенствования в технологический процесс можно считать целесообразными и обоснованными.

Полученные в данном разделе экономические показатели технологического процесса свидетельствуют о правильности принятых технологических решений и эффективности, предлагаемых технических мероприятиях по совершенствованию.

## Заключение

«Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стало достижение ее цели, которая заключалась в разработке такой технологии изготовления гильзы гидропривода, которая обеспечит минимальную стоимость в заданных производственных условиях и требуемое качество изготовления» [1].

«Для ее достижения были выполнены следующие мероприятия» [1]:

- «анализируются имеющиеся данные характеризующие конструктивные особенности детали и особенности типа производства, результатом анализа являются задачи работы» [1];
- «проектируется технология изготовления детали, для этого производится выбор и проектирование заготовки, разработка плана изготовления, определение требуемых технических средств оснащения, определение режимов выполнения операций и их нормирование» [1];
- «решаются задачи по совершенствованию технологии, для этого производится проектирование гидропластовой оправки» [1] и ступенчатой развертки;
- принятые проектные решения проверяются на соответствие требованиям по безопасности и экологичности их выполнения;
- оцениваются экономические показатели технологии и результатов ее совершенствования;
- разрабатывается конструкторско-технологическая документация, необходимая в соответствии с требованиями проектирования единой системы технологической подготовки производства.

Спроектированный технологический процесс изготовления гильзы гидропривода отличается высокой степенью соответствия критериям современного гибкого производства.

## Список используемых источников

1. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов/ А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. М: – ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 с.
2. 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, 2024. – 22 с.
3. ГОСТ Р 53464 –2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Введ. 2010–07–01. – М. : Стандартиформ, 2010. – 45 с.
4. Зубарев Ю. М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку : учебное пособие для вузов / Ю. М. Зубарев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/215714> (дата обращения: 28.03.2024).
5. Иванов И. С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие / И.С. Иванов. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 224 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1723512> (дата обращения: 05.04.2024).
6. Клепиков В. В. Технологическая оснастка. Станочные приспособления: учебное пособие / В. В. Клепиков. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836736> (дата обращения: 18.04.2024).
7. Клепиков В. В. Технология машиностроения: курсовое проектирование: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – Москва: ИНФРА –М, 2020. – 229 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1081966> (дата обращения: 25.03.2024).
8. Копылов Ю. Р. Технология машиностроения : учебное пособие для вузов / Ю. Р. Копылов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. –

252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/387341> (дата обращения: 28.03.2024).

9. 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: 28.04.2024).

10. Леонов О. А. Метрология, стандартизация и сертификация / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, В. В. Карпузов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 198 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/316970> (дата обращения: 23.04.2024).

11. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник для вузов / А. А. Маталин. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 512 с. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/399728> (дата обращения: 11.04.2024).

12. 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: 07.04.2024).

13. 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: 20.04.2024).

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

15. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х тт : справочник / В. И. Аверченков, А. В. Аверченков, Б. М. Базров [и др.] ; под редакцией А. С. Васильева, А. А. Кутина. – 7-е изд. испр. – Москва : Машиностроение, 2023.

– 1574 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/307325> (дата обращения: 11.04.2024).

16. Тарабарин О. И. Проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие / О. И. Тарабарин, А. П. Абызов, В. Б. Ступко. – 2 –е изд., испр. и доп. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 304 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211214> (дата обращения: 20.04.2024).

17. Технологические процессы в машиностроении. Назначение режимов резания и нормирование операций механической обработки заготовок в машиностроении : учебное пособие для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев, В. Г. Юрьев, М. А. Афанасенков. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 248 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/197529> (дата обращения: 29.03.2024).

18. Трофимов А. В. Основы технологии машиностроения. Типовые технологические процессы в машиностроении : учебное пособие для студентов / А. В. Трофимов, И. А. Зверев ; под редакцией А. В. Трофимова. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2022. – 64 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/257828> (дата обращения: 10.04.2024).

19. Харламов Г.А. Припуски на механическую обработку: справочник. / Г.А. Харламов, А.С. Тарапанов. – Электрон. дан. – М. : Машиностроение, 2013. – 256 с.

20. Харченко А. О. Металлообрабатывающие станки и оборудование машиностроительных производств: учебное пособие / А.О. Харченко. – 2 –е изд. – Москва: Вузовский учебник: ИНФРА –М, 2023. – 260 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1895652> (дата обращения: 18.09.2023).

21. Химический состав и физико –механические свойства бронзы БрАЖ 9-4 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cuprum-metall.ru/informatsiya/bronza/brazh9-4/?ysclid=lv71gxxhclj597393389> (дата обращения: 10.03.2024).

22. Ertürk S., Kayabaşı O. Investigation of the cutting performance of cutting tools coated with the thermo-reactive diffusion (trd) technique. / IEEE Access. 2019. T. 7. P. 106824 – 106838.

23. Integrated processing of ferriferous materials in blank production for mechanical engineering facilities. Predein V., Popov A., Komarov O., Zhilin S. // E3S WEB OF CONFERENCES. VIII International Scientific Conference “Problems of Complex Development of Georesources” (PCDG 2020). – 2020. C. 02009.

24. Kumar A. Processing techniques to develop metallic materials with superior mechanical properties / Arun Kumar, Pillai U.T.S., Srinivasan A. // Transactions of the Indian Institute of Metals. – 2019. T. 72. № 10. P. 2877 – 2891.

25. Morgan J. Multi-sensor process analysis and performance characterisation in CNC turning –a cyber physical system approach / J Morgan, E. Garret, O. Donnell. // Int J Adv Manuf Technol. – 2017. V.92. P. 855-868.

26. Sahib B.S., Nassrullah K.S. Experimental and numerical investigation of temperature distribution in the cutting zone with different coated tools in orthogonal turning operations. / Sahib B.S., Nassrullah K.S. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 3. Cep. "3rd International Conference on Engineering Sciences" 2020. P. 012 – 016.



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
А19	XX	XX	XX	015	4110 Токарная											
Б20	381101 Токарный 16К20Ф3					3	18217	312	1Р	1	1	1	600	1		1,09
021	Точить последовательно поверхности и торцы 5, 6, 17, 18 в размер $\phi 35,607^{+0,00}$ ; $\phi 37^{+0,00}$ ; $92^{+0,1}$ ; $32^{+0,1}$															
Т22	396171 Патрон цанговый ГОСТ 2572-71; 392101 Резец расточной ГОСТ 6743-61 Т15К6; 393311															
Т23	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.															
24																
А25	XX	XX	XX	020	4110 Токарная											
Б26	381101 Токарный 16К20Ф3					3	18217	312	1Р	1	1	1	600	1		4,94
027	Точить последовательно поверхности и торцы 5, 19, 20 в размер $\phi 64^{+0,03}$ ; $\phi 35,767^{+0,05}$ ; $137,4^{+0,1}$															
Т28	396171 Патрон цанговый ГОСТ 2572-71; 392101 Развертка комбинированная специальная Р6М5;															
Т29	394300 Нутромер НМ-50 ГОСТ 10-88.															
30																
А31	XX	XX	XX	025	4262 Фрезерная											
Б32	381631 Фрезерный 6Р80Г					3	18632	312	1Р	1	1	1	600	1		2,5
033	Фрезеровать поверхности 15, 16, 21, 22 в размер $20^{+0,25}$ ; $21^{+0,25}$															
Т34	396100 Приспособление специальное; 391820 Фреза шпоночная $\phi 20$ ГОСТ 8237-57 Р6М5; 393311															
Т35	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.															
36																
А37	XX	XX	XX	030	4110 Токарная											
Б38	381101 Токарный 16К20Ф3					3	18217	312	1Р	1	1	1	600	1		4,9
039	Точить поверхность 2 в размер $\phi 50^{+0,016}$ .															
Т40	396170 Оправка гидроставая; 392101 Резец контирный ГОСТ 6743-61 Т15К6; 394300 Нутромер															
Т41	НМ-50 ГОСТ 10-88.															
МК																



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		24.БР.ОТМП.126.65.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>					
A3	1	24.БР.ОТМП.126.65.00.001	Втулка	1	
A4	2	24.БР.ОТМП.126.65.00.002	Втулка тонкостенная	1	
A4	3	24.БР.ОТМП.126.65.00.003	Корпус	1	
A3	4	24.БР.ОТМП.126.65.00.004	Корпус оправки	1	
A4	5	24.БР.ОТМП.126.65.00.005	Корпус цилиндра	1	
A3	6	24.БР.ОТМП.126.65.00.006	Крышка	1	
A3	7	24.БР.ОТМП.126.65.00.007	Крышка	1	
A3	8	24.БР.ОТМП.126.65.00.008	Крышка	1	
A3	9	24.БР.ОТМП.126.65.00.009	Переходник	1	
A3	10	24.БР.ОТМП.126.65.00.010	Поршень	1	
A3	11	24.БР.ОТМП.126.65.00.011	Прокладка	1	
A4	12	24.БР.ОТМП.126.65.00.012	Прокладка	1	
A4	13	24.БР.ОТМП.126.65.00.013	Стопор	1	
A3	14	24.БР.ОТМП.126.65.00.014	Тяга	1	
A3	15	24.БР.ОТМП.126.65.00.015	Упор	1	
A4	16	24.БР.ОТМП.126.65.00.016	Шток	1	
				<u>Стандартные изделия</u>	
	17		Винт М4х8 ГОСТ 17475-80	3	
	18		Винт М5х15 ГОСТ 11738-84	6	
	19		Винт М5х25 ГОСТ10338-80	6	
24.БР.ОТМП.126.65.00.000					
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	
Разраб. Кочанов					
Проб. Козлов					
Н.контр. Козлов					
Утв. Логинов					
<b>Оправка гидропластовая</b>				Лист	Листов
				1	2
				ТГУ, ИМ ТМбдо-2001ас	
Копировал				Формат А4	

