

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных  
производств

(направленность (профиль)/ специализация)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Технологический процесс изготовления корпуса предохранительной  
муфты насоса

Студент(ка)	<u>Н.С. Курмасов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.Г. Левашкин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_ (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Курмасов Никита Сергеевич. Технологический процесс изготовления корпуса предохранительной муфты насоса. Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства». ТГУ, Тольятти, 2019 г.

Выпускная квалификационная работа рассматривает вопросы проектирования технологического процесса изготовления корпуса предохранительной муфты насоса. В работе решены вопросы выбора и разработки заготовки, расчета припусков на обработку и выбора параметров заготовки. Также решены вопросы проектирования технологического маршрута изготовления детали на основе использования типовых маршрутов. Проведено проектирование технологических операций с учетом структуры техпроцесса, рассчитанных режимов обработки, а также выбора средств оснащения техпроцесса. Операции, имеющие технические недостатки, которые могут оказать негативное влияние на качество изготавливаемой детали или экономические показатели техпроцесса, модернизированы путем проектирования специальных средств оснащения. Спроектированный техпроцесс проверен на безопасность его внедрения в производство. Принятые усовершенствования операций проверены экономическими расчетами, которые показали их эффективность.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки, которая включает пять разделов на 67 страницах, 16 таблиц, 3 иллюстрации. Графическая часть включает 7,5 листов формата А1.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2 Технологичность детали.....	6
1.3 Анализ параметров техпроцесса.....	8
1.4 Задачи работы.....	9
2 Разработка технологической части работы.....	11
2.1 Обоснование выбора заготовки.....	11
2.2 Проектирование заготовки.....	13
2.3 Проектирование маршрута изготовления детали.....	19
2.4 Выбор средств оснащения техпроцесса.....	20
2.5 Определение режимов резания.....	25
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	27
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	27
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	32
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	35
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	35
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	37
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	40
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	42
4.6 Заключение по разделу.....	44
5 Экономическая эффективность работы.....	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	54

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	63

## **ВВЕДЕНИЕ**

Современное насосное оборудование получило широкое распространение в различных сферах деятельности. Насосы применяются для перекачки различных жидкостей, создания давления в трубопроводах и т.д. Рассматриваемый в данной выпускной работе насос предназначен для перекачки технологических жидкостей из железнодорожных цистерн в стационарные резервуары. Работа такого насоса не предусматривает использования высококвалифицированной рабочей силы, что существенно удешевляет технологический процесс выполняемый насосом. С другой стороны у данного оборудования повышенные требования к точности и надежности его узлов, агрегатов и деталей, входящих в их состав, в том числе и корпуса предохранительной муфты насоса. Выполнение данных требований может быть обеспечено только технологией ее изготовления.

Таким образом, основная цель выполнения выпускной квалификационной работы заключается в создании такого технологического процесса изготовления корпуса предохранительной муфты насоса, который обеспечит выполнение всех технических требований предъявляемых к детали, а также оптимальные экономические показатели ее изготовления.

## **1 Анализ исходных данных**

### **1.1 Служебное назначение детали**

Корпуса предохранительной муфты является частью механизма привода насоса. Основное его назначение в данном механизме заключается в установке в нем пакета фрикционных дисков и передаче крутящего момента от привода входному валу насоса.

Рассматриваемый корпус является частью муфты, которая соединяет привод с насосом и выполняет роль предохранительного механизма. Принцип действия данной муфты основан на передаче крутящего момента при помощи сил трения. Для ее создания на фрикционные диски воздействуют нажимным диском, который поджимает фрикционные диски к корпусу. В свою очередь корпус, установленный на выходном валу привода при помощи шлиц, получает крутящий момент от привода. Предохранение основано на эффекте проскальзывания фрикционных дисков относительно друг друга при превышении расчетного крутящего момента.

Работа корпуса может происходить в различных условиях, в том числе под воздействием высоких и низких температур, неблагоприятных климатических факторов, в зависимости от задач выполняемых насосом. Принцип работы муфты подразумевает возникновение серьезных нагрузок и высоких температур. Условия эксплуатации можно охарактеризовать как агрессивные, что повлияло на выбор материала детали.

### **1.2 Технологичность детали**

Определение технологичности корпуса производится по нескольким составляющим [1]: технологичность материала, технологичность заготовки, технологичность конструкции и технологичность базирования.

Оценка технологичности материала детали складывается из оценки химического его состава и физико-механических свойств. Определение данных характеристик производим по справочным данным [2]. Химический состав стали 40Х: С 0,36 – 0,44%, Cr 0,8 – 1,1%, Mn 0,5 – 0,8%, Ni 0,3%, Si

0,17 – 0,37% и другие элементы в незначительных количествах. Основная физико-механическая характеристика, влияющая на обрабатываемость стали, предел прочности на растяжение в данном случае составляет до 780 МПа. Эти характеристики обеспечивают хорошие показатели обрабатываемости материала, коэффициент обрабатываемости при обработке твердосплавным инструментом  $K_o = 0,85$ , коэффициент обрабатываемости при обработке быстрорежущим инструментом  $K_o = 0,95$ .

Для получения заготовки корпуса, исходя из его формы и материала, наиболее применимы [3] методы штамповки на горизонтально-ковочной машине и на кривошипном горячештамповочном прессе. Применение штамповки на горизонтально-ковочной машине требует более дорогой оснастки и инструмента, но при этом величину припусков и напусков можно будет снизить. Применение метода штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе требует применения менее дорогой оснастки, но при этом данный способ менее точный, требует повышения напусков и имеет меньшую производительность. В обоих случаях заготовка достаточно простая в получении.

Конструкция детали достаточно простая с точки зрения формирования контура поверхностей при механической обработке. Использовано много типовых элементов, таких как фаски, канавки и т.д. Все параметры точности и шероховатости поверхностей взяты из стандартного ряда чисел, это означает, что для их получения не требуется специальных средств оснащения. Контур детали позволяет его получать стандартными методами обработки, с возможностью применения параллельной обработки, что позволит существенно сократить как время подготовки производства, так и сам производственный процесс.

Базирование заготовки на операциях техпроцесса возможно различными способами. Базами могут быть как наружные, так и внутренние и торцовые поверхности детали. В данном случае легко добиться соблюдения фундаментальных принципов базирования. Это позволит снизить затраты на

механическую обработку, т.к. не требуется дополнительной обработки искусственных технологических баз и есть возможность минимизации припусков на технологических переходах.

Проведенный анализ технологичности показал, что по всем критериям корпус можно считать технологичной деталью, не требующей особого подхода к проектированию техпроцесса его изготовления и применения специальных методов обработки.

### **1.3 Анализ параметров техпроцесса**

Анализ параметров техпроцесса предусматривает определение типа производства, т.к. именно от этого зависят все параметры проектируемого техпроцесса. Тип производства можно определить двумя методами [4]. Согласно первому методу тип производства определяется по коэффициенту закрепления операций. Применение данного метода требует знания всей номенклатуры производства, что на начальной стадии проектирования невозможно. Согласно второму методу необходимо знать массу детали и программу выпуска. Согласно имеющимся данным при массе детали 4,6 кг и программе выпуска 4800 штук тип производства соответствует среднесерийному.

Зная тип производства, определяем параметры проектируемого техпроцесса [5] и анализируем их.

Технологический процесс проектируется на основе групповой формы его организации с применением последовательной стратегии его проектирования. Желательно использование типовых технологических операций. Такое решение позволит существенно сократить время проектирования без уменьшения качества проектирования.

Заготовка может быть получена методами литья и штамповки. При ее проектировании методы обработки поверхностей определяются по коэффициенту удельных затрат, а припуски как расчетно-аналитическим методом, так и статистическим, в зависимости от требуемой точности.



Операции технологического процесса проектируются с учетом максимальной концентрации переходов. Для достижения точности обработки на операциях предпочтительной является обработка на настроенном оборудовании или применение активного контроля, с соблюдением основных принципов базирования. Режимы резания на операциях техпроцесса, в зависимости от требуемой точности обработки, могут быть определены расчетным методом или с применением статистических данных. Оборудование, применяемое на операциях желательно использовать универсальное с предпочтением оборудования с числовыми системами управления, но возможно использование специализированного оборудования для получения сложных поверхностей. Вид и тип станочных приспособлений и режущего инструмента во многом определяется принятым на операции оборудованием и конструктивными особенностями самой детали, поэтому в данных условиях наиболее применимы универсальные, стандартизированные, стандартные приспособления и режущий инструмент. Применение специальной оснастки также возможно, но делать это следует только в обоснованных случаях. Средства контроля могут быть применены разнообразные в зависимости от необходимой точности контроля и формы контролируемой поверхности. Предпочтение следует отдавать стандартным средствам контроля.

Спроектированный техпроцесс должен быть оформлен в виде маршрутных и операционных карт.

#### **1.4 Задачи работы**

Результаты проведенного анализа позволяют поставить задачи, которые должны быть достигнуты в данной работе для достижения ее цели.

Задачи необходимо решить в следующем порядке:

- 1) проектирование заготовки на основе определения маршрутов обработки поверхностей, расчета режимов резания и исходных параметров,
- 2) проектирование плана изготовления детали на основе типового маршрута обработки детали с определением средств оснащения и схем

базирования,

3) проектирование технологических операций с проведением определения режимов обработки и технологического нормирования,

4) выявление технически несовершенных операций и их модернизация путем проектирования специальных средств оснащения,

5) определение показателей безопасности техпроцесса,

6) определение экономических показателей.

## 2 Разработка технологической части работы

### 2.1 Обоснование выбора заготовки

Анализ детали на технологичность и анализ параметров техпроцесса показали, что возможны два варианта метода получения заготовки штамповкой на горизонтально-ковочной машине и на кривошипном горячештамповочном прессе. Выбор в пользу одного из вариантов основан на проведении экономического анализа этих вариантов [6]. Оптимальным будет тот вариант, который покажет минимальные затраты на получение детали из данной заготовки, которые рассчитываются по формуле:

$$C_i = C_{3i} + C_{ОБР.i}, \quad (2.1)$$

где  $C_{3i}$  – затраты на получение заготовки рассматриваемым методом, руб;

$C_{ОБР.i}$  – затраты на механическую обработку, руб.

Затраты на получение заготовки рассматриваемым методом определяются по формуле:

$$C_{3i} = \frac{Ц_{М.i} \cdot M_{3.i}}{1000} K_{СП} \cdot K_T \cdot K_{СЛ}, \quad (2.2)$$

где  $Ц_M$  – стоимость стали за тонну, руб;

$M_3$  – масса заготовки, кг;

$K_{СП}$ ,  $K_T$ ,  $K_{СЛ}$  – коэффициенты, учитывающие способ получения, точность и сложность заготовки.

Расчет массы детали производится по формуле:

$$M_d = V \cdot \rho, \quad (2.3)$$

где  $V$  – объем корпуса, м<sup>3</sup>;

$\rho$  – плотность стали, кг/м<sup>3</sup>.

$$M_{\text{д}} = \left[ \frac{\pi}{4} (0,09^2 - 0,06^2) \cdot 0,088 + (0,22^2 - 0,09^2) \cdot 0,024 + (0,242^2 - 0,22^2) \cdot 0,07 - (0,256^2 - 0,09^2) \cdot 0,018 - 0,03 \cdot 0,070 \cdot 0,0125 \right] \cdot 7850 = 4,6 \text{ кг.}$$

Масса штампованной заготовки рассчитывается по формуле [7]:

$$M_{3i} = M_{\text{д}} \cdot K_p, \quad (2.4)$$

где  $M_{\text{д}}$  – масса корпуса, кг;

$K_p$  – коэффициент, учитывающий особенности технологии штамповки.

$M_{31} = 4,6 \cdot 1,5 = 6,9$  кг – для заготовки, полученной на горизонтально-ковочной машине.

$M_{32} = 4,6 \cdot 1,6 = 7,36$  кг – для заготовки, полученной на кривошипном горячештамповочном прессе.

Получаем следующие результаты расчета затрат на получение заготовки для каждого метода.

$$C_{31} = \frac{30000 \cdot 6,9 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1}{1000} = 223,56 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = \frac{30000 \cdot 7,36 \cdot 1,3 \cdot 0,9 \cdot 1}{1000} = 258,34 \text{ руб.}$$

Затраты на механическую обработку для каждого метода рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{ОБР},i} = \frac{C_{\text{уд}} \left( \frac{1}{K_{\text{ИМ},i}} - 1 \right) M_{\text{д}}}{K_o}, \quad (2.5)$$

где  $C_{\text{уд}}$  – удельная стоимость снятия 1 кг стружки, руб/кг;

$K_o$  – коэффициент обрабатываемости стали;

$K_{им}$  – коэффициент использования стали.

$$K_{им.i} = \frac{M_{д.}}{M_3}. \quad (2.6)$$

$$K_{им1} = \frac{4,6}{6,9} = 0,67.$$

$$K_{им2} = \frac{4,6}{7,36} = 0,63.$$

$$C_{обp1} = \frac{40 \cdot \left( \frac{1}{0,67} - 1 \right) \cdot 4,6}{0,85} = 106,62 \text{ руб.}$$

$$C_{обp2} = \frac{40 \cdot \left( \frac{1}{0,63} - 1 \right) \cdot 4,6}{0,85} = 127,14 \text{ руб.}$$

Затраты на получение детали для каждого варианта получения заготовки рассчитываются по формуле (2.1).

$$C_1 = 223,56 + 106,62 = 330,18 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 258,34 + 127,14 = 385,48 \text{ руб.}$$

Расчеты показали, что в данном технологическом процессе экономически выгоднее в качестве метода получения заготовки применить штамповку на горизонтально-ковочной машине.

## 2.2 Проектирование заготовки

Процесс проектирование заготовки состоит из нескольких этапов.

На первом этапе определяются маршруты обработки поверхностей. Для этого используются данные по удельным трудоемкостям обработки [8].

Каждой поверхности присваивается свой номер, который указан на эскизе детали (рисунок 2.1).

Полученные маршруты обработки поверхностей представлены в

таблице 2.1.

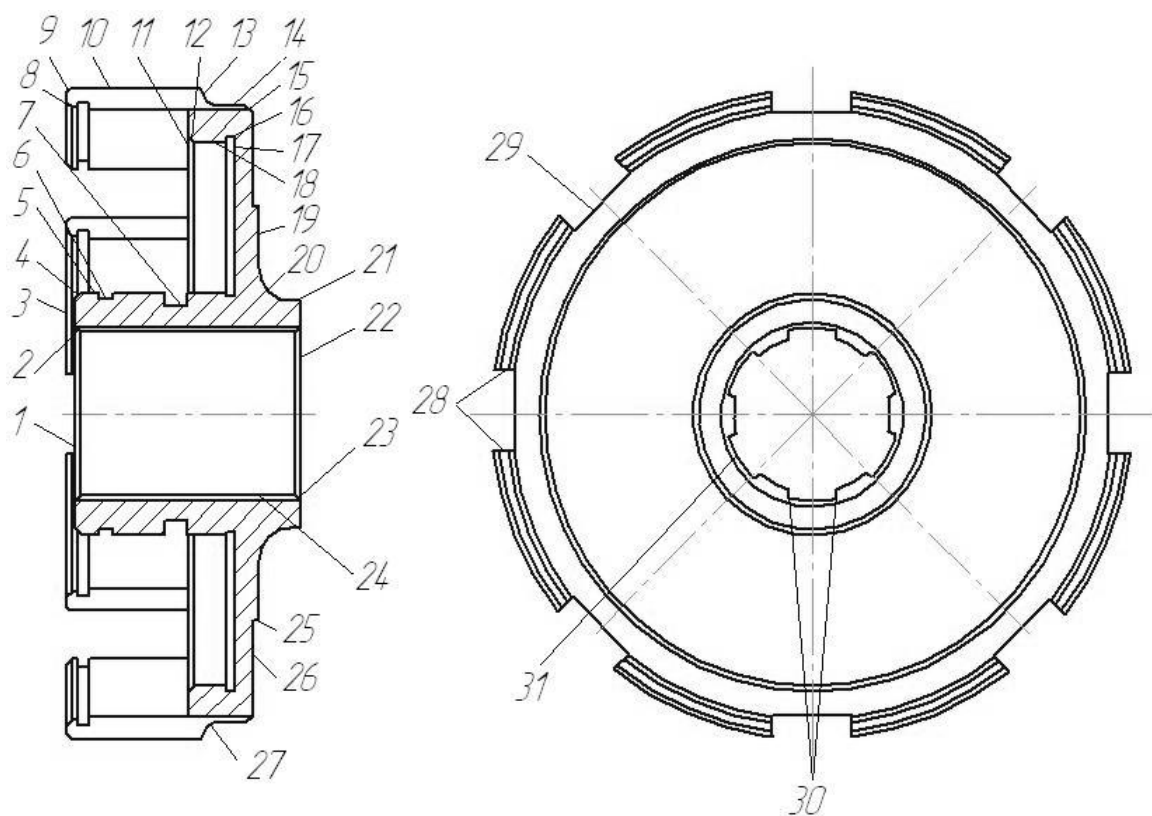


Рисунок 2.1 – Эскиз корпуса

Таблица 2.1 – Маршруты обработки поверхностей

Поверхность	Точность	Шероховатость	Маршрут
1	2	3	4
1	12	6,3	точение черновое – точение чистовое – термическая обработка
2, 3, 4, 10, 11, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27	12	12,5	точение черновое – термическая обработка
5, 18	8	1,6	точение черновое – точение чистовое – термическая

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4
			обработка – шлифование черновое – шлифование чистовое
6, 8, 9, 12, 16, 17	12	12,5	точение чистовое – термическая обработка
7	8	3,2	точение черновое – точение чистовое – термическая обработка – шлифование черновое
22	12	2,5	точение черновое – точение чистовое – термическая обработка – шлифование черновое
28, 29	12	12,5	фрезерование – термическая обработка
30	8	3,2	протягивание – термическая обработка
31	10	6,3	протягивание – термическая обработка

На следующем этапе определяются припуски на обработку поверхностей. Для этого могут быть использованы различные методики. Наиболее приемлемой методикой определения припусков для точных поверхностей является расчетно-аналитический метод [9]. Расчет припусков для поверхности 7 проводим согласно данной методике.

Минимальные припуски для каждого перехода рассчитываются:

$$z_{i \min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (2.7)$$

где  $a$  – дефектный слой на предыдущем переходе, мм;

$\Delta$  – погрешность пространственных отклонений на предыдущем переходе, мм;

$\mathcal{E}$  – погрешность установки в приспособлении на текущем переходе, мм.

$$z_{1\min} = 0,3 + \sqrt{0,8^2 + 0,025^2} = 0,815 \text{ мм.}$$

$$z_{2\min} = 0,2 + \sqrt{0,088^2 + 0,025^2} = 0,091 \text{ мм.}$$

$$z_{3\min} = 0,25 + \sqrt{0,05^2 + 0,012^2} = 0,301 \text{ мм.}$$

Далее определяем максимальный припуск:

$$z_{i\max} = z_{i\min} + 0,5 \cdot \sqrt{Td_{i-1} + Td_i}, \quad (2.8)$$

где  $Td_i$  – допуск на данном переходе, мм;

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

$$z_{1\max} = 0,815 + 0,5 \cdot \sqrt{0,2 + 0,30} = 1,565 \text{ мм.}$$

$$z_{2\max} = 0,091 + 0,5 \cdot \sqrt{0,30 + 0,12} = 0,301 \text{ мм.}$$

$$z_{3\max} = 0,301 + 0,5 \cdot \sqrt{0,20 + 0,046} = 0,424 \text{ мм.}$$

Средний припуск рассчитываем по формуле:

$$z_{cpi} = \sqrt{z_{i\max} + z_{i\min}} \cdot 2. \quad (2.9)$$

$$z_{cp1} = \sqrt{0,815 + 1,565} \cdot 2 = 0,976 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = \sqrt{0,091 + 0,301} \cdot 2 = 0,196 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = \sqrt{0,301 + 0,424} \cdot 2 = 0,363 \text{ мм.}$$

Предельные размеры для каждого перехода рассчитываются по формулам:



$$d_{(i-1)\min} = d_{i\min} + 2 \cdot z_{i\min}, \quad (2.10)$$

$$d_{(i-1)\max} = d_{(i-1)\min} + Td_{i-1}. \quad (2.11)$$

На переходе термической обработки минимальный размер вследствие фазовых превращений уменьшается, что следует учесть:

$$d_{(TO-1)\min} = d_{(i-1)\min} \cdot 0,999. \quad (2.12)$$

$$d_{3\min} = 79,924 \text{ мм.}$$

$$d_{3\max} = 79,997 \text{ мм.}$$

$$d_{TO\min} = 79,924 + 2 \cdot 0,301 = 80,526 \text{ мм.}$$

$$d_{TO\max} = 80,526 + 0,20 = 80,726 \text{ мм.}$$

$$d_{2\min} = 80,526 \cdot 0,999 = 80,445 \text{ мм.}$$

$$d_{2\max} = 80,445 + 0,12 = 80,565 \text{ мм.}$$

$$d_{1\min} = 80,726 + 2 \cdot 0,091 = 80,908 \text{ мм.}$$

$$d_{1\max} = 80,908 + 0,30 = 81,208 \text{ мм.}$$

$$d_{0\min} = 80,908 + 2 \cdot 0,601 = 82,11 \text{ мм.}$$

$$d_{0\max} = 82,11 + 1,2 = 83,31 \text{ мм.}$$

Средние размеры для каждого перехода определяются по формуле:

$$d_{icc} = \sqrt{d_{i\max} + d_{i\min}} \cdot 2. \quad (2.13)$$

$$d_{cp0} = \sqrt{83,31 + 82,11} \cdot 2 = 82,71 \text{ мм.}$$

$$d_{cp1} = \sqrt{81,208 + 80,908} \cdot 2 = 81,058 \text{ мм.}$$

$$d_{cp2} = \sqrt{80,565 + 80,445} \cdot 2 = 80,505 \text{ мм.}$$

$$d_{cpTO} = \sqrt{80,726 + 80,526} \cdot 2 = 80,626 \text{ мм.}$$

$$d_{срз} = \left( 9,997 + 79,924 \right) / 2 = 79,9605 \text{ мм.}$$

Для остальных поверхностей определение припусков производится с применением статистического метода [10]. Данная методика менее точная, чем предыдущая, но при этом и менее трудоемкая. Точности данной методики достаточно для определения припусков на поверхности точностью до 6 качества, поэтому для оставшихся поверхностей ее применение оправдано. Результаты определения припусков для удобства восприятия представим в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты определения припусков

Поверхность	Номер перехода	Минимальный припуск	Максимальный припуск	Средний припуск
12	1	1,9	3,55	2,725
	2	1,1	1,35	1,23
5	1	2,3	1,78	2,04
	2	0,3	0,545	0,423
	3	0,2	0,299	0,25
	4	0,06	0,1	0,08
18	1	2,8	5,03	3,915
	2	0,3	0,623	0,462
	3	0,17	0,299	0,235
	4	0,06	0,111	0,086
22	1	1,9	3,675	2,788
	2	1,1	1,345	1,223
	3	0,4	0,499	0,45

На заключительном этапе проектирования заготовки определяются технологические допуски и напуски. Для этого необходимо определить исходные параметры заготовки при помощи данных [11]. В нашем случае

получаем следующие результаты: T4, M2, C3, И15, уклоны внутренние 7°, уклоны внешние 5°, закругления 2,5 мм, облой до 0,9 мм, концентричность поверхностей до 0,8 мм, смещение по плоскости разъема штампа до 0,6 мм, плоскостность торцовых поверхностей 0,5 мм. Полученные данные заносятся на чертеж заготовки, представленный в графической части работы.

### 2.3 Проектирование маршрута изготовления детали

Анализ исходных параметров техпроцесса позволил установить, что маршрут изготовления корпуса проектируется на основе типовых маршрутов [12, 13]. Следует учесть, что типовые маршруты обработки могут быть избыточны, т.е. содержать операции по получению поверхностей отсутствующих у данной детали или недостаточны, т.е. не предусматривать обработку ряда поверхностей. Результаты проектирования представим в таблице 2.3, что облегчит дальнейшее использование полученных данных.

Таблица 2.3 – Маршрут изготовления корпуса

Номер операции	Название операции	Поверхности обработки
1	2	3
005	Токарная	13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27
010	Токарная	1, 2, 3, 5, 7, 10, 11, 17, 18, 32
015	Протяжная	30, 31
020	Токарная	22
025	Токарная	1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 16, 17, 18
030	Фрезерная	28, 29
035	Термическая	все
040	Внутришлифовальная	22
045	Внутришлифовальная	5
050	Внутришлифовальная	18
055	Внутришлифовальная	7

### Продолжение таблицы 2.3

1	2	3
060	Внутришлифовальная	5
065	Внутришлифовальная	18
070	Моечная	все
075	Контрольная	все

После проектирования маршрута изготовления детали можно формировать план ее изготовления, который является графическим отражением маршрута. На плане изготовления представлены эскизы выполнения операций с указанием схем базирования, которые проектируются на основе рекомендаций [14]. Более подробно результаты выполнения данного этапа проектирования техпроцесса представлены в графической части данной работы.

#### **2.4 Выбор средств оснащения техпроцесса**

Средства оснащения техпроцесса должны отвечать всем требованиям, которые были выявлены в результате анализа параметров техпроцесса. В частности необходимо обеспечить гибкость технологического оборудования, быстроту переналадки на выпуск нового изделия и максимальное использование стандартных и универсальных средств оснащения. Для решения этой задачи будем использовать следующие данные: по выбору технологического оборудования [15, 16], по выбору станочных приспособлений [17], по выбору металлообрабатывающего инструмента [18], по выбору средств контроля [19]. Результаты выбора средств оснащения для удобства дальнейшего их использования представим в виде таблиц 2.4 – 2.7.

Таблица 2.4 – Выбор станков

Операция	Точность обработки	Станок
005 Токарная	12	Токарно-винторезный 16К20Ф3
010 Токарная	12	Токарно-винторезный 16К20Ф3
015 Протяжная	8	Протяжной 7Б65
020 Токарная	10	Токарно-винторезный 16Д20
025 Токарная	10	Токарно-винторезный 16К20Ф3
030 Фрезерная	10	Горизонтально-фрезерный 6Р82Г
035 Термическая		Печь термическая
040 Внутришлифовальная	8	Внутришлифовальный 3К227В
045 Внутришлифовальная	8	Внутришлифовальный 3К227В
050 Внутришлифовальная	8	Внутришлифовальный 3К227В
055 Внутришлифовальная	8	Внутришлифовальный 3К227В
060 Внутришлифовальная	8	Внутришлифовальный 3К227В
065 Внутришлифовальная	8	Внутришлифовальный 3К227В
070 Моечная		Машина моечная
075 Контрольная		Контрольный стол

Таблица 2.5 – Выбор станочных приспособлений

Операция	Установочный элемент	Приспособление
1	2	3
005 Токарная	Торец кулачков	Патрон трехкулачковый ГОСТ 24351-80
010 Токарная	Торец цанги	Оправка цанговая специальная
015 Протяжная	Опора шаровая	Опора шаровая специальная
020 Токарная	Торец цанги	Оправка цанговая

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3
		специальная
025 Токарная	Торец цанги	Оправка цанговая специальная
030 Фрезерная	Упор	Оправка шлицевая
035 Термическая		
040 Внутришлифовальная	Упор	Патрон цанговый ГОСТ 2877-80
045 Внутришлифовальная	Упор	Оправка шлицевая
050 Внутришлифовальная	Упор	Оправка шлицевая
055 Внутришлифовальная	Упор	Оправка шлицевая
060 Внутришлифовальная	Упор	Оправка шлицевая
065 Внутришлифовальная	Упор	Оправка шлицевая
070 Моечная		
075 Контрольная		

Таблица 2.6 – Выбор металлообрабатывающего инструмента

Операция	Марка инструмента льного материала	Инструмент
1	2	3
005 Токарная	T5K10, T30K4	Резец контурный ГОСТ 18879-73, резец расточной специальный
010 Токарная	T5K10, T30K4	Резец контурный ГОСТ 18879-73, резец расточной специальный, резец расточной канавочный ГОСТ18879-73

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3
015 Протяжная	P9	Протяжка шлицевая ГОСТ 25969-83
020 Токарная	T30K4	Резец контурный ГОСТ 18879-73
025 Токарная	T30K4	Резец контурный ГОСТ 18879-73, резец расточной специальный, резец расточной канавочный ГОСТ 18879-73
030 Фрезерная	P6M5	Фреза дисковая трехсторонняя Ø80 ГОСТ 3755-78
035 Термическая		
040 Внутришлифовальная	24A	Круг шлифовальный 6 80x40x13 24A80K7V
045 Внутришлифовальная	24A	Круг шлифовальный 1 32x60x13 24A46K7V
050 Внутришлифовальная	24A	Круг шлифовальный 1 32x60x13 24A46K7V
055 Внутришлифовальная	24A	Круг шлифовальный 1 32x60x13 24A46K7V
060 Внутришлифовальная	23A	Круг шлифовальный 6 32x60x13 23A60K5V
065 Внутришлифовальная	23A	Круг шлифовальный 6 32x60x13 23A60K5V
070 Моечная		
075 Контрольная		

Таблица 2.7 – Выбор средств контроля

Операция	Контролируемая точность	Приборы и приспособления
005 Токарная	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, нутромер НМ-100 ГОСТ 10-88
010 Токарная	12	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89, нутромер НМ-100 ГОСТ 10-88
015 Протяжная	8	Калибр
020 Токарная	10	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89
025 Токарная	10	Микрометр МК-200 ГОСТ 6507-90, нутромер НМ-150 ГОСТ 10-88
030 Фрезерная	10	Калибры
035 Термическая		
040 Внутришлифовальная	8	Скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75
045 Внутришлифовальная	8	Скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75
050 Внутришлифовальная	8	Калибр
055 Внутришлифовальная	8	Калибр
060 Внутришлифовальная	8	Скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75
065 Внутришлифовальная	8	Скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75
070 Моечная		
075 Контрольная		Средства контроля в соответствии с картой контроля



## 2.5 Определение режимов резания

В ходе выполнения анализа параметров техпроцесса было установлено, что для проведения расчетов режимов резания и выполнения нормирования техпроцесса применимы две основные методики. Первая методика представляет собой расчетно-аналитический метод определения режимов резания [15], который дает наилучшие результаты для методов обработки имеющих постоянные физико-технические характеристики, что характерно в основном для лезвийной обработки. Вторая методика представляет собой статистический метод определения режимов резания [20], который дает наилучшие результаты для методов обработки с нестационарными характеристиками, что характерно для абразивной обработки. Для удобства использования полученной информации представим результаты в форме таблицы 2.8.

Таблица 2.8 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Операция	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения шпинделя, об/мин	Основное время, мин	Штучное время, мин
1	2	3	4	5	6	7
005	1	0,45	122	160	1,3	2,1
	2	0,45	140	500		
010	1	0,45	122	160	2,7	3,72
	2	0,45	114	160		
	3	0,45	140	500		
	4	0,05	126	500		
015	1		3,5		0,78	1,34
020	1	0,3	210	500	0,43	1,39
025	1	0,3	210	500	1,87	2,76

Продолжение таблицы 2.8

1	2	3	4	5	6	7
	2	0,05	130	500		
	3	0,05	128	500		
	4	0,05	126	500		
	5	0,05	121	500		
030	1	0,06	50	200	4,05	5,1
040	1	0,017	35	120	1,3	2,1
045	1	0,021	35	120	1,23	2,25
050	1	0,003	35	120	1,12	2,21
055	1	0,002	35	120	1,25	2,37
060	1	0,011	35	120	1,18	2,21
065	1	0,001	35	120	0,98	2,01

Полученные данные используются для разработки соответствующей технологической документации и определения экономических показателей проектируемого технологического процесса.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Проектирование станочного приспособления

Анализ базового технологического процесса показал, что для выполнения 010 токарной операции (рисунок 3.1) используется станочное приспособление, у которого отсутствует механизированный силовой привод. Это приводит к увеличению вспомогательного времени на обработку. С целью устранения данного недостатка проведем проектирование специального станочного приспособления. В качестве зажимного механизма выбираем цанговый механизм [21], который обеспечит необходимую точность центрирования заготовки и надежность ее закрепления. Расчеты проводим с использованием методики [22].

Сначала определим усилие, которое необходимо для закрепления заготовки. Данное усилие определяется из условия равновесия моментов резания и закрепления.

Момент основной составляющей силы резания  $P_z$  определяется из уравнения:

$$M_{Pz} = P_z \cdot \frac{d_o}{2}, \quad (3.1)$$

где  $d_o$  – обрабатываемый диаметр, мм.

Момент, создаваемый силой закрепления определяется из уравнения:

$$M_{3pz} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (3.2)$$

где  $W$  – сила закрепления, Н;

$f$  – коэффициент трения на поверхностях контакта заготовки и цанги;

$d_3$  – диаметр закрепления, мм.

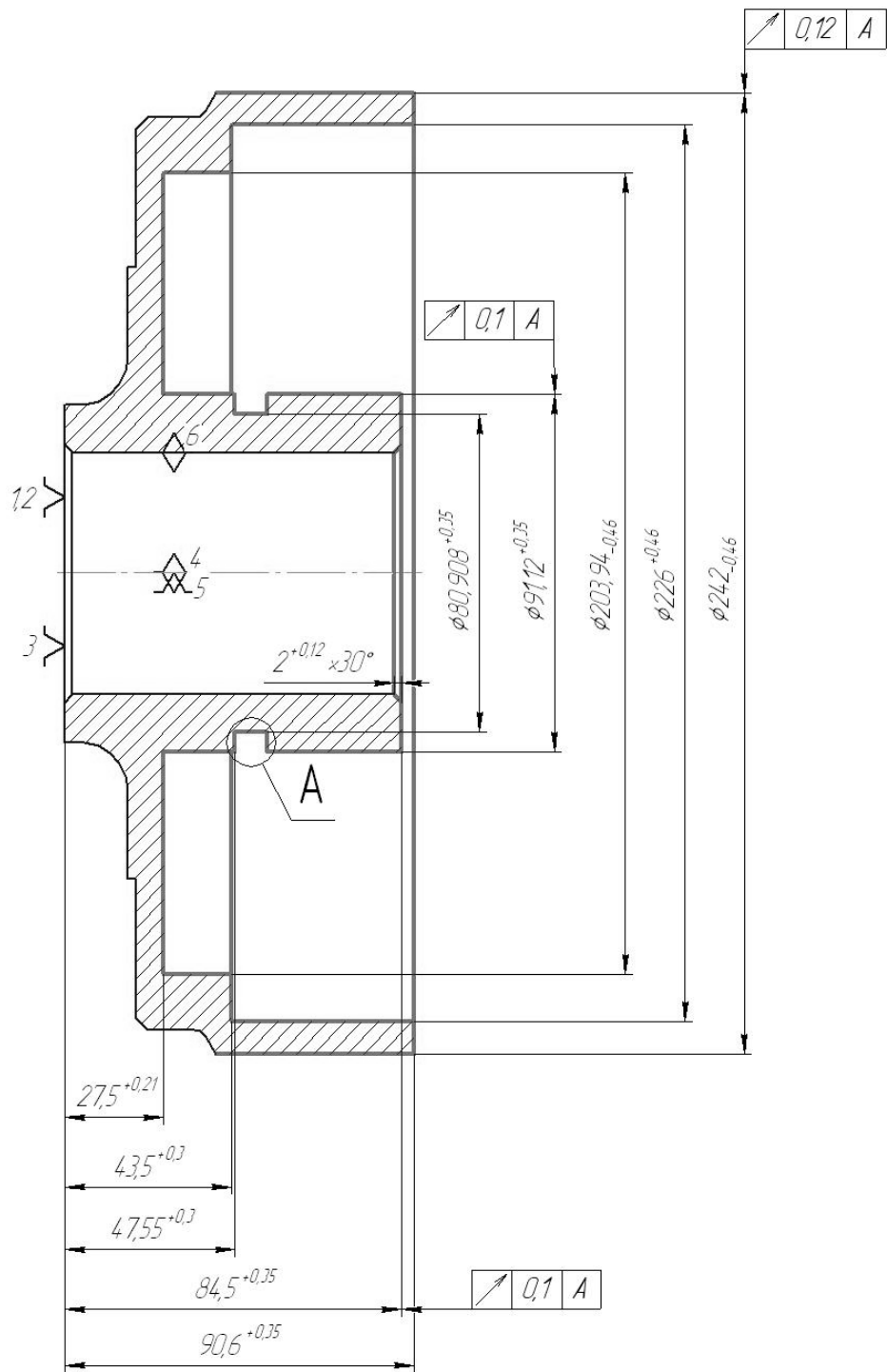


Рисунок 3.1 – Операционный эскиз

Приравняв данные моменты выводим уравнение для определения силы закрепления:

$$W = \frac{K \cdot P_z \cdot d_o}{3 \cdot f \cdot d_3}, \quad (3.3)$$

где  $K$  – коэффициент запаса.

Основная составляющая силы резания определялась при проектировании технологических операций и равна  $P_z = 2390$  Н.

Проводим расчет.

$$W = \frac{2,5 \cdot 2390 \cdot 242}{3 \cdot 0,2 \cdot 59} = 40846 \text{ Н.}$$

Усилие силового привода определяется из уравнения:

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (3.4)$$

где  $Q_1$  – сила в осевом направлении, которую необходимо приложить для обеспечения касания цанги с заготовкой, Н;

$Q_2$  – сила закрепления заготовки, Н.

$$Q_1 = R \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (3.5)$$

где  $R$  – сила сжатия лепестков цанги, Н;

$\alpha$  – угол конуса цанги, град;

$\varphi$  – угол трения, град.

$$R = \frac{3 \cdot E \cdot J \cdot f \cdot z}{l_3}, \quad (3.6)$$

где  $E$  – модуль упругости, МПа;

$J$  – момент инерции, кг м<sup>2</sup>;

$f_z$  – коэффициент трения;

$l_3$  – длина закрепления, мм;

$z$  – количество лепестков цанги.

$$J = \frac{d_{\text{цo}}^3 \cdot h}{8} \left( \alpha_1 + \sin \alpha \cdot \cos \alpha - \frac{2 \sin^2 \alpha}{\alpha_1} \right), \quad (3.7)$$

где  $d_{\text{цo}}$  – наружный диаметр лепестков, мм;

$h$  – толщина лепестков, мм.

Проводим расчеты.

$$J = \frac{61^3 \cdot 3}{8} \left( 0,26 + \sin 15 \cdot \cos 15 - \frac{2 \sin^2 15}{0,26} \right) = 2,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$R = \frac{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,8 \cdot 0,2 \cdot 3}{30} = 7801 \text{ Н.}$$

$$Q_1 = 7801 \cdot \text{tg} (5 + 6,59) = 3088 \text{ Н.}$$

$$Q_2 = W \cdot \text{tg} (\alpha + \varphi), \quad (3.8)$$

где  $W$  – сила закрепления, Н;

$\alpha$  – угол конуса цанги, град;

$\varphi$  – угол трения, град.

$$Q_2 = 40846 \cdot \text{tg} (5 + 6,59) = 16164 \text{ Н.}$$

$$Q = 3088 + 16164 = 19252 \text{ Н.}$$

Для создания найденного усилия будем использовать привод на основе гидроцилиндра. Усилие зависит от двух факторов, от давления в гидравлической системе и диаметра поршня цилиндра. При выборе давления нужно учесть, что в данном технологическом оборудовании наибольший встраиваемый диаметр поршня не должен превышать 100 мм. Расчет диаметра проводим по формуле:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (3.9)$$

где  $P$  – давление масла в гидравлической системе, МПа.

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{19252}{2,5}} = 87,75 \text{ мм.}$$

Полученное значение диаметра поршня округляем до ближайшего стандартного большего равного 90 мм.

На заключительном этапе проектирования станочного приспособления необходимо определить его точность. Точность установки в данном приспособлении равна:

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}, \quad (3.8)$$

где  $\Delta_1$  – погрешность из-за неперпендикулярности штока и тяги, мм;

$\Delta_2$  – погрешность колебания зазора между тягой и цангой, мм;

$\Delta_3$  – погрешность колебания зазора между тягой и втулкой, мм.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,05^2 + 0,045^2 + 0,016^2} = 0,024 \text{ мм.}$$

Расчетная погрешность не должна превышать величины допускаемой погрешности:

$$\varepsilon_y^{don} = 0,3 \cdot Td, \quad (3.9)$$

где  $Td$  – допуск на выполняемый размер.

$$\varepsilon_y^{don} = 0,3Td = 0,3 \cdot 0,35 = 0,105 \text{ мм.}$$

Расчетная погрешность меньше, чем допустимая. Условие выполняется, значит, приспособление соответствует необходимой точности и может быть применено в проектируемом технологическом процессе для изготовления корпуса.

Конструкция приспособления представлена в графической части работы. Недостаток базового техпроцесса можно считать устраненным.

### 3.2 Проектирование режущего инструмента

В проектируемом технологическом процессе на токарных операциях при обработке контура детали возможно возникновение сливной стружки. Решение данной проблемы традиционно производится одним из двух методов. Согласно первому подходу можно изменить режимы резания, но это решение часто приводит к снижению производительности операции. Второй подход заключается в изменении конструкции резца путем применения специального устройства – стружколома.

Предполагается использование токарных контурных резцов с режущей пластиной, которая крепится к державке при помощи механической системы крепления. Проектирование резца произведем с помощью литературного анализа и расчета согласно методике и данных [23].

Исходя из физико-технологических параметров материала обрабатываемой заготовки, а также необходимости обеспечения заданных параметров операции в качестве материала режущей пластины выбираем твердый сплав Т30К4.

Основной геометрической характеристикой резца является главный угол в плане, который исходя из параметров обработки, в данном случае должен составлять  $91^\circ$ .

Остальные параметры резца определяются по величине сечения срезаемого слоя:

$$F = t \cdot S, \quad (3.10)$$

где  $t$  – максимальная глубина резания на переходе, мм;

$S$  – максимальная подача инструмента на оборот заготовки на переходе, мм/об.

$$F = t \cdot S = 0,805 \cdot 0,1 = 0,08 \text{ мм}^2.$$



Данной глубине срезаемого слоя соответствуют следующие параметры: сечение державки 20 мм; рабочая высота 25 мм; максимальная длина 170 мм; максимальный диаметр описанной окружности режущей пластины 12,7 мм.

Для крепления пластины применим крепление с поджимом режущей пластины к опорному штифту винтом через прихват.

При такой схеме крепления необходимо определить диаметр крепежного винта.

Для этого используем соотношение:

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sigma_\sigma, \quad (3.11)$$

где  $Q_1$  – сила, действующая на винт в процессе обработки, Н;

$D$  – диаметр винта, мм;

$\sigma_\sigma$  – предел прочности материала винта, МПа.

Из этого соотношения искомый диаметр равен:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_\sigma}}. \quad (3.12)$$

Силу, действующую на винт в процессе обработки также можно определить из соотношения:

$$Q_1 = \frac{P_{z \max}}{0,7}, \quad (3.13)$$

где:  $P_{z \max}$  – максимальная сила резания на операции, Н.

$$Q_1 = \frac{2390}{0,7} = 3415 \text{ Н.}$$

Рассчитываем минимально допустимый искомый диаметр винта.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3415}{3,14 \cdot 650}} = 2,58 \text{ см.}$$

В конструкции резца для устранения образования сливной стружки применим накладной стружколом, параметры которого принимаем согласно данным [24]. Более подробно конструкция резца представлена в графической части.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

Оценку технологического процесса изготовления корпуса на безопасность его выполнения проводим согласно методике [25].

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

В таблице 4.1 представлены основные характеристики технологического процесса изготовления корпуса.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Технологический процесс изготовления корпуса	Токарная операция	Оператор станков с числовым управлением	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость МР-99, ветошь
	Внутришлифовальная операция	Шлифовщик	Станок внутришлифовальный 3К227В	

### 4.2 Идентификация профессиональных рисков

Результаты определения возможных рисков при выполнении технологического процесса изготовления корпуса оформляем в виде таблицы 4.2.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
1	2	3
Токарная операция, шлифовальная операция	Подвижные части производственного оборудования, перемещающиеся изделия, заготовки	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К227В, приспособления, инструмент, межоперационный транспорт
	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Заготовка, инструмент
	Высокий уровень общей вибрации	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К227В, приспособления, инструмент, межоперационный транспорт
	Высокий уровень шума	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К227В, межоперационный транспорт

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
	Высокое напряжение электрического тока	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К227В
	Высокая температура поверхностей оборудования, заготовок, инструмента	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К227В, приспособления, инструмент
	Загрязнение воздушной среды парами смазочно-охлаждающей жидкости	Смазочно-охлаждающая жидкость МР-99
	Недостаточная освещенность рабочей зоны	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К227В
	Монотонность труда	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К227В, межоперационный транспорт

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Результаты определения методов и средств для снижения и исключения влияния, выявленных ранее возможных рисков при выполнении технологического процесса изготовления корпуса приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работающего
1	2	3
Подвижные части производственного оборудования, перемещающиеся изделия, заготовки	Инструктажи, обучение по охране труда, изолирующие средства коллективной защиты (ограждения, кожухи, экраны), использование предупреждающей разметки	Костюм для защиты от загрязнений и механических воздействий, ботинки с защитным подноском, головной убор, очки (щиток) защитные, перчатки с полимерным или точечным покрытием
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктажи, обучение по охране труда, слесарная обработка кромок и заусенцев	Перчатки с полимерным или точечным покрытием
Высокий уровень общей вибрации	Инструктажи, обучение по охране труда, использование технических средств гашения вибраций (виброгасящие опоры, изоляция источника вибраций, изменение	Ботинки с подошвой из упругодемпфирующего состава, резиновый коврик

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
	конструкции и режимов работы оборудования)	
Высокий уровень шума	Инструктажи, обучение по охране труда, использование технических средств устранения шума (глушители, звукопоглощающих кожухов, обработка источника шума звукопоглощающими материалами)	Вкладыши противошумные
Высокое напряжение электрического тока	Инструктажи, обучение по электробезопасности, использование технических средств защиты (заземление, изоляция частей оборудования, автоматическое аварийное отключение), нанесение предупреждающих знаков и разметки	Резиновый коврик
Высокая температура поверхностей оборудования, заготовок, инструмента	Инструктажи, обучение по охране труда, использование технических средств защиты (ограждения, теплоотражающие экраны), охлаждение зоны резания	Костюм для защиты от загрязнений и механических воздействий, ботинки с защитным подноском, головной убор, очки (щиток) защитные, перчатки с полимерным или точечным

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
		покрытием
Загрязнение воздушной среды парами смазочно-охлаждающей жидкости	Инструктажи, обучение по охране труда, использование технических средств защиты (экраны, изоляция рабочей зоны станков), использование местной вытяжки	Костюм для защиты от загрязнений и механических воздействий, перчатки с полимерным или точечным покрытием Полумаска фильтрующая, фартук для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с нагрудником
Недостаточная освещенность рабочей зоны	Инструктажи, обучение по охране труда, использование местного освещения рабочей зоны	
Монотонность труда	Инструктажи, обучение по охране труда, соблюдение периодичности труда и отдыха	

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Анализ обеспечения пожарной безопасности при выполнении технологического процесса изготовления корпуса приведен в таблицах 4.4 – 4.6.



Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок изготовления корпуса	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К227В	Класс пожара В (пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов)	Искры, огонь, тепловой поток, высокая температура, превышение концентрации токсичных веществ в воздухе, низкая концентрация кислорода, снижение видимости, повреждение	Осколки при разрушении зданий и технологического оборудования; замыкания высокого электрического напряжения, влияние средств тушения пожара

Таблица 4.5 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)
1	2	3	4	5	6	7
Огнетушители ручные,	Пожарные машины, передвижные	Автоматическая система	Технические средства оповещения	Пожарный гидрант	Противогазы, респираторы	Пожарные лопаты, багры,

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4	5	6	7
щиты	ые углекислот ные огнетушите ли, мотопомпы	тушения пожара	и управления эвакуацией пожарные	пожарн ые рукава, ящики с песком	ры, самоспаса тели	топоры, ведра

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Технологический процесс изготовления корпуса	Инструктаж и обучение правилам пожарной безопасности на участке, обучение действиям при возникновении пожара и эвакуации, использование наглядной агитации	Проведение пожарных инструктажей, наличие пожарной сигнализации, автоматической системы пожаротушения, наличие первичных средств пожаротушения

#### 4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Оценка и основные меры по обеспечению экологической безопасности при выполнении технологического процесса изготовления корпуса приведены в таблицах 4.7, 4.8.

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование	Структурные составляющие объекта	Негативное экологическое воздействие	Негативное экологическое воздействие	Негативное экологическое воздействие
технического объекта, производственно-технологического техпроцесса	производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Технологический процесс изготовления корпуса	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К227В	Взвешенные частицы стружки, пыль, туман смазочно-охлаждающей жидкости	Индустриальные масла, технические жидкости, смазочно-охлаждающая жидкость, стружка, производственная пыль	Металлические отходы, индустриальные масла, технические жидкости, смазочно-охлаждающая жидкость, ветошь, пыль

Таблица 4.8 – Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления корпуса
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование для очистки воздуха комплекса состоящего из циклонов, ротационных пылеуловителей и рулонных аппаратов
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Использование замкнутого цикла использования воды. Многоступенчатая очистка с использованием физико-химических установок для очистки
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Использование предварительной сортировки отходов. Повторная переработка металлических отходов производства. Переработка и сжигание отходов на мусороперерабатывающих заводах

#### 4.6 Заключение по разделу

Проведена идентификация профессиональных рисков при выполнении данного технологического процесса, разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, подобраны средства индивидуальной защиты для работников. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработаны средства и меры по обеспечению пожарной безопасности. Идентифицированы основные экологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности.

## 5 Экономическая эффективность работы

Цель раздела – рассчитать технико-экономические показатели проектируемого технологического процесса и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в проекте технических решений.

Основные изменения технологического процесса изготовления детали «Корпус» коснулись операций:

- 005 токарной, здесь заменили резец расточной, Т30К4 на резец расточной специальный, Т30К4. Данное совершенствование привело к уменьшению основного времени примерно на 32%;

- 010 токарной, здесь заменили резец расточной, Т30К4 на резец расточной специальный, Т30К4. Данное совершенствование привело к уменьшению основного времени примерно на 18%. Кроме инструмента были внесены изменения в применяемое приспособление, т.е. оправку кулачковую с ручным приводом заменили на оправку цанговую с гидравлическим приводом. Данное совершенствование привело к уменьшению вспомогательного времени примерно на 34%

Учитывая описанные изменения, по методике «Расчета капитальных вложений в основное технологическое оборудование» [26], определим капитальные вложения в проектируемый вариант технологического процесса, которые будут учитывать:

- затраты на проектирование совершенствований технологического процесса,
- затраты на инструмент для операций 005 и 010,
- затраты на приспособление для операции 010,
- и объем незавершенного производства, т.к. на операциях применяется оборудование с числовым программным управлением.

Сложив полученные величины, будут определены общие капитальные вложения, равные сумме 81489,27 рублей, которые предназначены только

для выполнения заданной программы выпуска детали «Корпус» в объеме 4800 штук.

Для проведения экономического сравнения описанных вариантов, также, необходимо определить себестоимость изготовления детали «Корпус» по описанным операциям, с применением методики «Расчет технологической себестоимости изменяющихся по вариантам операций» [26]. Обычно технологическая себестоимость складывается из четырех показателей:

- затрат на основной материал ( $M$ ),
- основной заработной платы ( $Z_{пл.осн}$ ),
- начислений на заработную плату ( $H_{з.пл}$ ),
- и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования ( $P_{э.об}$ ).

Однако, если в ходе совершенствования технологического процесса, изменения не касаются метода получения заготовки, то величиной затрат на основной материал можно пренебречь, т.к. ее значение не оказывает влияние на уровень отклонений в технологической себестоимости. Значения, входящих в технологическую себестоимость величин, без учета затрат на основной материал, представлены на рисунке 5.1.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что по всем параметрам в проектируемом варианте произошло уменьшение, в среднем примерно на 17,2%. Эти изменения привели к снижению всей технологической себестоимости на 7,52 рублей, что составило 17,5%.

Знание величины технологической себестоимости, необходимо для определения величин:

- цеховой себестоимости;
- заводской или производственной себестоимости;
- полной себестоимости детали по сравниваемым операциям.

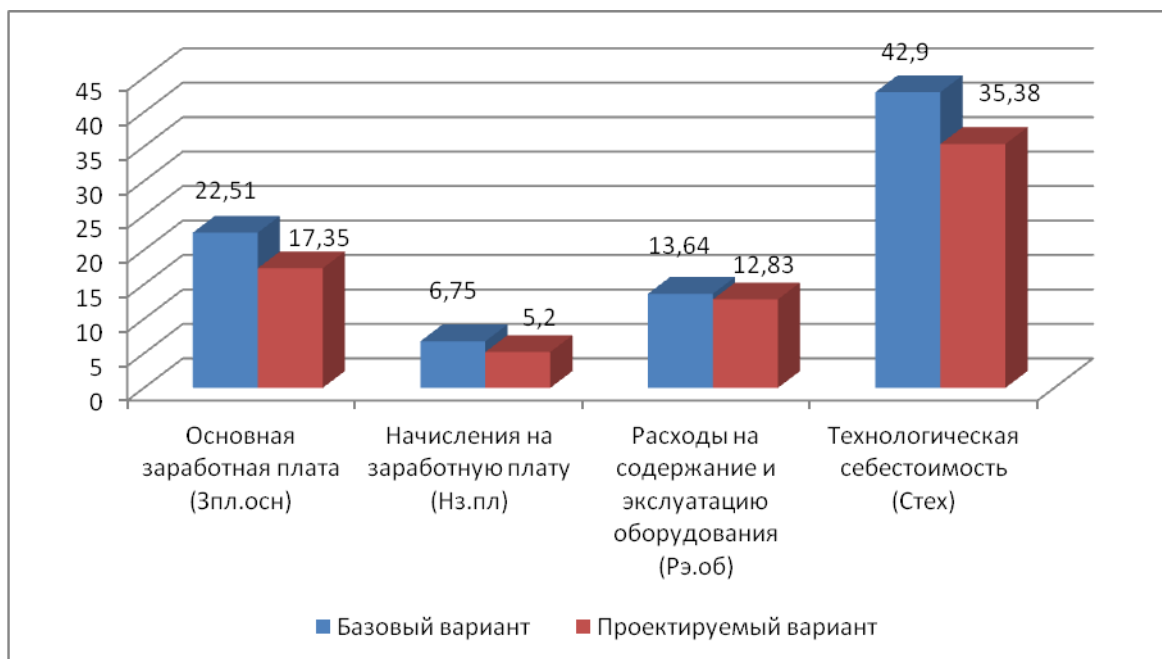


Рисунок 5.1 – Технологическая себестоимость детали «Корпус», по изменяющимся операциям, и ее составные элементы, руб.

Для определения всех указанных величин используется методика «Калькуляция себестоимости обработки» [26], благодаря которой полная себестоимость ( $C_{полн}$ ) по базовому варианту составляет 125,2 рублей, а по проектируемому – 98,83 рублей. Полученные значения, также свидетельствуют о снижении рассчитываемых величин. Разница между сравниваемыми вариантами составляет 26,37 рублей с единицы изделия или 21,1%. Однако при сравнении изменений величин технологической и полной себестоимости, изменение последней увеличилось, это может быть связано с тем, что на определенном этапе произошло уменьшение управленческих расходов.

Далее, учитывая методику «Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта» [26], рассчитаем ряд основополагающих экономических показателей, таких как:

- чистая прибыль ( $P_{чист}$ ), которая составит 101260,8 рублей;
- срок окупаемости ( $T_{ок}$ ), который составит 2 года;
- чистый дисконтируемый доход ( $ЧДД$ ), величина которого равна 16227,4 рублей.

Последний из представленных показателей, позволяет сделать окончательное заключение об экономической целесообразности проектируемого варианта технологического процесса. Если ЧДД  $> 0$ , то проект считается эффективным и его рекомендуется внедрять, если ЧДД  $< 0$ , то проект не эффективен и деньги рекомендуют вкладывать в банк. Предложенные совершенствования технологического процесса изготовления детали «Корпус» позволяют получить положительную величину чистого дисконтируемого дохода, что делает его экономически эффективным, поэтому после вложения денежных средств в совершенствование технологического процесса, предприятие получит прибыль в размере 1,2 рублей на каждый вложенный рубль.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом работы стал технологический процесс изготовления корпуса предохранительной муфты насоса, который обеспечил выполнение всех технических требований для всего объема производства детали при условии обеспечения максимальных экономических показателей, что подтверждают расчеты.

Для достижения данного результата решены следующие задачи:

- 1) спроектирована заготовка на основе определения маршрутов обработки поверхностей, расчета режимов резания и исходных параметров,
- 2) спроектирован план изготовления детали на основе типового маршрута обработки детали с определением средств оснащения и схем базирования,
- 3) спроектированы технологические операции с проведением определения режимов обработки и технологического нормирования,
- 4) модернизирована токарная операция путем проектирования специального станочного приспособления и токарного расточного резца.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. М. : ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.

2. Химический состав и физико-механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. – URL: <https://prompriem.ru/stati/stal-40x.html> (дата обращения: 24.04.2019).

3. Зубарев, Ю.М. Методы получения заготовок в машиностроении и расчет припусков на их обработку: учеб. пособие / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург. : Лань, 2016. – 256 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/72581> (дата обращения: 24.04.2019).

4. Скворцов, В.Ф. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. – 330 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://znanium.com/catalog/product/505001> (дата обращения: 25.04.2019).

5. Маталин, А.А. Технология машиностроения : учеб. Для студ. Вузов, обуч. По спец. 151001 напр. «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. Производств» / А.А. Маталин. – Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. – СПб. : Лань, 2010. – 512 с.

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

7. Меринов, В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр.

пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4–е изд., перераб. и доп. – гриф МО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2015. – 263 с.

8. Иванов, И.С. Технология машиностроения: учеб. пособие / И.С. Иванов. – 2–е изд., перераб. и доп. – Москва. : ИНФРА–М, 2016. – 240 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/504931> (дата обращения: 03.05.2019).

9. 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.

10. Беляев, С.В. Основы металлургического и литейного производства: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению бакалавриата 22.03.02 "Металлургия" / С.В. Беляев, И.О. Леушин. – Гриф УМО. – Ростов-на-Дону. : Феникс, 2016. – 207 с.

11. Клименков, С.С. Проектирование заготовок в машиностроении: практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА–М, 2013. – 269 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/37101> (дата обращения: 14.05.2019).

12.. 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: 15.05.2019).

13. Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА–М, 2017. – 295 с. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545566> (дата обращения: 15.05.2019).

14. Расторгуев, Д.А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL:

<http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 16.05.2019).

15. 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.

16. Мещерякова, В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. – Москва. : ИНФРА–М, 2017. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/881108> (дата обращения: 18.05.2019).

17. Клепиков, В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА–М, 2017. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 18.05.2019).

18. Боровский, Г.В. Справочник инструментальщика / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов ; под общ. ред. А.Р. Маслова. – 2-е изд., испр. – Москва. : Машиностроение, 2007. – 463 с.

19. Болтон, У. Карманный справочник инженера-метролога / У Болтон. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 380 с.

20. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: справочник / под общ. ред. В.И. Баранчикова. – Москва. : Машиностроение, 1990 – 399 с.

21. Иванов, И.С. Расчет и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учеб. пособие / И.С. Иванов. – Москва. : ИНФРА–М, 2015. – 198 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://znanium.com/catalog/product/405031> (дата обращения: 23.05.2019).

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

23. 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: 23.05.2019).

24. Клименков, С.С. Обработывающий инструмент в машиностроении: учебник / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА–М, 2013. – 459 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/435685> (дата обращения: 29.05.2019).

25. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 01.06.2019).

26. 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: 07.06.2019).

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

### **Спецификации к сборочным чертежам**

Перв. примен.		Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
						<u>Документация</u>				
		A1			19.БР.ОТМП.635.65.00.000СБ	Сборочный чертеж				
						<u>Детали</u>				
Справ. №		A3	1		19.БР.ОТМП.635.65.00.001	Корпус	1			
		A4	2		19.БР.ОТМП.635.65.00.002	Корпус муфты	1			
		A4	3		19.БР.ОТМП.635.65.00.003	Корпус привода	1			
		A4	4		19.БР.ОТМП.635.65.00.004	Крышка привода	1			
		A2	5		19.БР.ОТМП.635.65.00.005	Неподвижный корпус	1			
		A3	6		19.БР.ОТМП.635.65.00.006	Плунжер	1			
		A3	7		19.БР.ОТМП.635.65.00.007	Поршень	1			
		A4	8		19.БР.ОТМП.635.65.00.008	Пробка	1			
		A3	9		19.БР.ОТМП.635.65.00.009	Пробка	3			
		A2	10		19.БР.ОТМП.635.65.00.010	Цанга	1			
		A3	11		19.БР.ОТМП.635.65.00.011	Шток	1			
						<u>Стандартные изделия</u>				
Взам. инв. №	Инв. № дубл.		12			Винт М4х8 ГОСТ 17475-80	4			
			13			Винт М6х25 ГОСТ 11738-84	9			
			14			Винт М8х35 ГОСТ 11738-84	6			
Подп. и дата										
Подп. и дата										
Инв. № подл.		Разрад.	Курмасов			19.БР.ОТМП.635.65.00.000		Лист	Лист	Листов
		Пров.	Левашкин						1	2
		Н.контр.	Егоров					ТГУ, ИМ, зр. МСБз-1403		
		Утв.	Логинов			Приспособление станочное		Формат А4		





Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		Инв. № подл.	
Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание							
				<u>Документация</u>									
A2			19.БР.ОТМП.635.70.00.000СБ	Сборочный чертеж									
				<u>Детали</u>									
A3	1		19.БР.ОТМП.635.70.00.001	Державка резца	1								
A4	2		19.БР.ОТМП.635.70.00.002	Накладной стружколом	1								
A4	3		19.БР.ОТМП.635.70.00.003	Прихват	1								
A4	4		19.БР.ОТМП.635.70.00.004	Штифт цилиндрический	1								
				<u>Стандартные изделия</u>									
	5			Винт зажимной ГОСТ 17475-80	1								
	6			Пластина опорная ГОСТ 19046-80	1								
	7			Пластина режущая ГОСТ 19046-80	1								
			<b>19.БР.ОТМП.635.70.00.000</b>										
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Резец расточной</b>			Лит.	Лист	Листов			
Разрад.	Курмасов										1		
Пров.	Левашкин												
Н.контр.	Егоров												
Утв.	Логинов												

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

### **Маршрутные карты**



		Обозначение документа														
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	М	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования		Код, наименование операции													
0.19	$\phi 242^{+0,46}$	$25,5^{+0,21}$	$42,5^{+0,3}$	$43,5^{+0,3}$	$85,5^{+0,35}$	$88,5^{+0,35}$	$6^{+0,15}$									
T20	396110 Оправка цанговая; 392190 Резец контурный ГОСТ18879-73 Т5К10; 392190 Резец расточной															
T 21	специальный Т30К4; 392190 Резец канавочный ГОСТ18879-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1															
T 22	ГОСТ 166-89.															
23																
A 24	XX XX XX 015 4180 Протяжная															
Б 25	381751	Протяжной 7565		3	16458	312	1P	1	1	1	1200	1				1,34
0.26	Протянуть поверхность 34,35 в размер $\phi 65^{+0,05}$ ; 18 <sup>+0,07</sup>															
T 27	396171 Приспособление специальное; 392330 Протяжка шлицевая ГОСТ 25969-83 Р9; 393400 Калибры.															
28																
A 29	XX XX XX 020 4110 Токарная															
Б 30	381101	Токарный 16Д20		3	18217	422	1P	1	1	1	1200	1				1,39
0.31	Точить поверхность 22 в размер 84,5 <sup>+0,14</sup>															
T 32	396110 Оправка цанговая; 392101 Резец контурный ГОСТ18879-73 Т30К6; 393311 Штанген циркуль															
T 33	ШЦ-1 ГОСТ166-89.															
34																
A 35	XX XX XX 025 4110 Токарная															
Б 36	381101	Токарный 16К20Ф3		3	18217	422	1P	1	1	1	1200	1				2,76
0.37	Точить поверхность 1,4, 5,6, 7, 8, 9, 12, 16, 17, 18 в размер $\phi 80,445^{+0,14}$ ; $\phi 91,5^{+0,14}$ ; $\phi 201,5^{+0,35}$															
0.38	$\phi 86,5^{+0,16}$	$\phi 206^{+0,40}$	$25,5^{+0,004}$	$42,5^{+0,12}$	$84,5^{+0,14}$	$87,5^{+0,14}$	$7^{+0,14}$	$3,4^{+0,12}$	$3^{+0,18}$							
T 39	396110 Оправка цанговая; 392190 Резец контурный ГОСТ18879-73 Т5К10; 392190 Резец расточной															
T 40	специальный Т30К4; 392190 Резец канавочный ГОСТ18879-73 Т5К10; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1															
T 41	ГОСТ 166-89.															
МК																





**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**Операционные карты**









