

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»  
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Проектирование технологических процессов  
(направленность (профиль) / специализация)

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

на тему Технологический процесс изготовления полумуфты буровой лебедки

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

## Аннотация

В работе спроектирован технологический процесс изготовления полумуфты буровой лебедки, а также рассмотрены мероприятия по совершенствованию предложенной технологии изготовления. В ходе выполнения работы достигается цель, которая заключается в разработке технологии изготовления, обеспечивающей выпуск полумуфты буровой лебедки соответствующей заданным показателям качества изготовления для всей годовой программы выпуска, при условии обеспечения минимальной стоимости изготовления. Достижение цели выполняется поэтапно, путем решения соответствующих задач, выявленных в ходе анализа исходных данных, выполненного в первом разделе работы. Задача проектирования технологического процесса изготовления решена во втором разделе. Решение данной задачи включает в себя выбор и проектирование заготовки, выбор методов обработки, разработку технологических схем базирования, выбор средств технологического оснащения, определение режимов резания и проведение нормирования технологических операций, проектирование маршрутно-операционной технологии изготовления. Задача совершенствования спроектированного технологического процесса решена в третьем разделе. Решение данной задачи включает в себя выявление лимитирующих операций, их критический анализ и совершенствование, путем проектирования специального станочного приспособления и режущего инструмента. Задача обеспечения производственной, пожарной и экологической безопасности решена в четвертом разделе путем анализа действующих на производстве опасных и вредных факторов, а также разработкой соответствующих мероприятий. Задача определения экономической эффективности решена в пятом разделе.

Пояснительная записка работы состоит из 65 страниц. Графическая часть включает 7 листов формата А1.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и постановка задач работы.....	5
1.1 Функции и условия эксплуатации детали.....	5
1.2 Анализ детали на технологичность.....	6
1.3 Определение типа производства и его характеристик.....	9
1.4 Постановка задач.....	10
2 Проектирование технологического процесса.....	11
2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование.....	11
2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали.....	20
2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса.....	22
2.4 Проектирование технологических операций.....	25
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	29
3.1 Проектирование цангового приспособления.....	29
3.2 Проектирование токарного резца.....	35
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	37
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	39
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	42
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта.....	43
5 Экономическая эффективность работы.....	45
Заключение.....	50
Список используемых источников.....	51
Приложение А Технологическая документация.....	54
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам.....	63

## Введение

Добыча нефти и газа предполагает использование большого количества разнообразного нефтегазового оборудования. Одним из основных механизмов буровой установки является буровая лебедка. При помощи лебедки выполняется целый ряд разнообразных операций, таких как спуск и подъем труб, удержание колонны труб при бурении или промывке скважины, передача крутящего момента ротору, снятие и установка труб, выполнение вспомогательных работ по доставке в буровую грузов и оборудования, подъем вышки в вертикальное положение. Конструктивно лебедка состоит из барабана, установленного на ротор, приводимый в движение от привода, состоящего из двигателя и коробки скоростей. Также в конструкцию лебедки входит гидротормоз, другие вспомогательные механизмы и рама на которую все это монтируется.

Важным эксплуатационным показателем буровой лебедки является надежность ее функционирования. Обеспечение данного показателя закладывается на стадии изготовления деталей, входящих в конструкцию и зависит от точности выполнения требований закладываемых конструктором. В процессе изготовления необходимо учесть, не только данные требования, но и особенности производства, в условиях которого производится изготовление. Как правило, они определяются типом производства, зависящим от годовой программы выпуска деталей и общей номенклатуры производства. Другим немаловажным фактором, определяющим конкурентоспособность изделия, является стоимость его изготовления, которая зависит, прежде всего, от принятой технологии изготовления.

Из сказанного следует, что в ходе выполнения работы необходимо достигнуть цели, которая заключается в разработке технологии изготовления, обеспечивающей выпуск полумуфты буровой лебедки соответствующей заданным показателям качества изготовления для всей годовой программы выпуска, при условии обеспечения минимальной стоимости изготовления.

# **1 Анализ исходных данных и постановка задач работы**

## **1.1 Функции и условия эксплуатации детали**

Рассматриваемая полумуфта в конструкции буровой лебедки соединяет вал двигателя с коробкой скоростей и предназначена для передачи крутящего момента на ответную часть полумуфты, установленную на входном валу коробки скоростей, посредством шлицевого соединения и торцовых кулачков.

Как отмечалось ранее, буровые лебедки применяются в первую очередь на буровых платформах, что предопределяет условия их эксплуатации. Прежде всего, это температурный режим. Так как лебедки эксплуатируются вне производственных зданий и сооружений, возможно воздействие экстремально низких и высоких температур, что приводит к повышенному износу опорных поверхностей, шлицевого соединения и торцовых кулачков. Другим фактором, влияющим на износ шлицевой поверхности и торцовых кулачков, является наличие частиц пыли и других примесей в воздухе. Воздействие внешних атмосферных осадков может привести к появлению коррозии на наружных поверхностях полумуфты.

Служебное назначение буровой лебедки подразумевает воздействие на полумуфту знакопеременных и ударных нагрузок, что может привести к повреждению и разрушению торцовых кулачков, шлицевых и опорных поверхностей.

В технологическом процессе бурения используются различные химически активные технологические жидкости, воздействие которых возможно на ряд поверхностей полумуфты, что может привести к повреждению и преждевременному износу данных поверхностей.

В общем, условия работы полумуфты можно оценить как умеренно агрессивные с риском повреждения, преждевременного износа, а в ряде случаев и разрушения отдельных его поверхностей.

## 1.2 Анализ детали на технологичность

Технологичность является комплексной оценкой соответствия детали группе критериев [8]. К данным критериям относятся технологичность материала детали, технологичность конструкции детали, технологичность изготовления. Ниже приведен анализ вала на технологичность согласно данным критериям.

Материал детали считается технологичным, если его химический состав и физико-механические характеристики соответствуют выполняемым функциям. В качестве материала вала используется сталь 20Х ГОСТ 4543–71. «Химический состав [24]: углерод от 0,17% до 0,23%, хром от 0,7 % до 1,3%, марганец от 0,5% до 0,8 %, кремний от 0,17% до 0,37%, никель до 0,3%, медь до 0,3%, серы до 0,035%, фосфор до 0,035%» [24]. Предел текучести 640 МПа, предел прочности 780 МПа, твердость до 207 НВ. Приведенные характеристики являются достаточными и полностью отвечают требованиям к детали исходя из проведенного ранее анализа функционального назначения и условий работы детали.

Конструкцию детали можно считать технологичной. Данный вывод можно сделать исходя из того, что контур детали ступенчатый, сформирован в основном плоскими поверхностями и поверхностями вращения. Это облегчает получение данных поверхностей с наименьшим количеством переустановок заготовки. В конструкции применены стандартизированные элементы, а размеры приняты из стандартного ряда чисел, что позволит применить для их получения стандартизированные металлорежущие инструменты и средства промежуточного и окончательного контроля. Тем самым обеспечивается снижение стоимости изготовления детали.

Оценка технологичности изготовления включает в себя анализ заготовки, анализ применимости методов механической и термической обработки, анализ базирования и возможности его реализации на операциях механической обработки, анализ возможности обеспечения заданных на

чертеже детали требований к поверхностям детали.

Заготовку можно считать технологичной. Это объясняется тем, что для ее получения, исходя из формы и габаритов детали, марки материала согласно данным [2], можно применить различные методы штамповки или применять прокат. Любой из предлагаемых методов получения заготовки обеспечивает требуемые параметры изготовления, производительность и приемлемую себестоимость.

Исходя из формы поверхностей детали, их взаимного расположения и требуемой точности изготовления, все поверхности детали могут быть получены стандартными методами механической обработки без применения специальных средств технологического оснащения, что обеспечит минимальные затраты на механическую обработку. Требуемые характеристики твердости поверхностей детали могут быть достигнуты применением стандартных методов термической обработки. Следовательно, с точки зрения применимости методов механической и термической обработки деталь можно считать технологичной.

Базирование детали может быть осуществлено с применением стандартных схем базирования с применением естественных баз. Это обеспечит соблюдение основных принципов базирования и позволит минимизировать погрешности на операциях механической обработки. Реализация данных схем базирования не потребует применения нестандартной технологической оснастки. Это позволяет считать деталь технологичной с точки зрения базирования и возможности его реализации на операциях механической обработки.

Анализ возможности обеспечения заданных на чертеже детали требований к поверхностям детали проведем на основе классификации поверхностей детали, то есть сначала выясним целесообразность требований по точности изготовления поверхностей детали. Для этого каждой поверхности присвоим свой уникальный номер (рисунок 1), а затем классифицируем их по назначению [3].

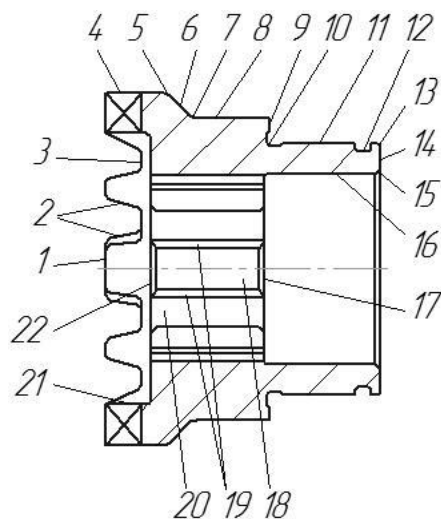


Рисунок 1 – Нумерация поверхностей

Поверхности 1, 18 являются основными конструкторскими базами, поверхности 9, 11 являются вспомогательными конструкторскими базами, поверхности 2, 19 является исполнительными. Все поверхности неуказанные в данной классификации являются свободными. Анализирую заданные конструктором на чертеже детали параметры данных поверхностей приходим к выводу, что параметры точности, шероховатости, твердости и взаимного расположения поверхностей соответствуют их служебному назначению и не могут быть изменены. Все заданные параметры могут быть достигнуты с применением стандартных методов обработки. Применение высокоточных, дорогостоящих методов обработки в данном случае минимально. Следовательно, с точки зрения возможности обеспечения заданных на чертеже детали требований к поверхностям детали деталь можно считать технологичной.

Проведенный анализ технологичности детали показал, что исходя из ее служебного назначения, требуемых параметров точности, шероховатости, твердости и других параметров поверхностей деталь можно охарактеризовать как технологичную и не проводить доработку ее конструкции.



### 1.3 Определение типа производства и его характеристик

Тип производства определяет все его основные характеристики. Для его определения применим методику, основанную на знании массы детали и годовой программы выпуска [12]. Согласно данной методике при годовой программе выпуска 6000 деталей в год и массе детали равной 0,59 кг тип производства соответствует среднесерийному.

По данным литературы [12] принимаем следующие основные характеристики данного типа производства:

- технология изготовления должна соответствовать групповой форме организации. При этом детали должны выпускаться партиями, которые имеют определенную периодичность запуска;
- методы получения заготовок зависят от материала детали и ее формы. Чаще всего применимы такие методы как литье, штамповка и прокат;
- технологические процессы проектируются с применением типовых технологических процессов;
- выбор методов обработки производится исходя из условия обеспечения минимума суммарного коэффициента удельных затрат;
- определение припусков на обработку производится для точных поверхностей расчетно-аналитическим методом, для остальных поверхностей используется статистический метод;
- режимы резания определяются с использованием расчетного метода и статистических данных;
- для обеспечения заданной точности обработки используется базирование заготовок с соблюдением основных принципов базирования и метод достижения точности на настроенном оборудовании;
- оборудование должно отвечать требованиям гибкости, то есть быть

универсальным, желательно оснащенным системами числового управления. Допускается применение специализированного оборудования;

- предпочтение отдается универсальным и стандартизированным средствам технологического оснащения и контроля;
- технологический процесс оформляется в маршрутно-операционном виде;
- при проектировании производственных подразделений оборудование следует размещать по групповому признаку.

#### **1.4 Постановка задач**

Основываясь на проведенном анализе, сформулируем задачи, решение которых необходимо для достижения цели работы. Первая задача заключается в проектировании технологического процесса изготовления. Решение данной задачи включает в себя выбор и проектирование заготовки, выбор методов обработки, разработку технологических схем базирования, выбор средств технологического оснащения, определение режимов резания и проведение нормирования технологических операций. Вторая задача заключается в совершенствовании спроектированного технологического процесса. Решение данной задачи включает в себя выявление лимитирующих операций, их критический анализ и совершенствование, путем проектирования специального станочного приспособления и режущего инструмента. Третья задача заключается в обеспечении производственной, пожарной и экологической безопасности путем анализа действующих на производстве опасных и вредных факторов, а также разработкой соответствующих мероприятий. Четвертая задача заключается в определении экономической эффективности.

По результатам выполнения данного раздела поставлены задачи выполнения работы на основе анализа имеющихся исходных данных.

## 2 Проектирование технологического процесса

### 2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование

Анализ технологичности показал, что для получения заготовки, с учетом формы и габаритов детали, марки материала целесообразно применять различные методы штамповки или прокат. Использование проката в данном случае является заведомо невыгодным методом получения заготовки, так как исходя из формы детали и типа производства он имеет низкий коэффициент использования материала и высокие затраты на механическую обработку. Поэтому данный метод получения заготовки исключим из дальнейшего рассмотрения. Проведя анализ возможных вариантов методов штамповки [2] приходим к выводу, что для рассматриваемой детали заготовку наиболее целесообразно получать методами штамповки в открытых штампах или штамповки на горизонтально-ковочной машине.

Выбор одного из данных вариантов производим путем сравнения их экономической эффективности, показателем которой являются общие затраты, рассчитанные по формуле:

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

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

$Q$  – масса заготовки, кг;

$C_{\text{МЕХ}}$  – стоимость механической обработки, руб.;

$q$  – масса детали, кг;

$C_{\text{ОТХ}}$  – стоимость одного кг стружки, руб» [16].

«Стоимость получения одного кг заготовок определяется по формуле:

$$C_{\text{ЗАГ}i} = C_6 \cdot h_T \cdot h_C \cdot h_B \cdot h_M \cdot h_{\text{П}}, \quad (2)$$

где  $i$  – индекс метода получения заготовки;

$C_6$  – базовая стоимость получения заготовки рассматриваемым методом, руб.;

$h_T$  – коэффициент точности метода;

$h_C$  – коэффициент сложности метода;

$h_B$  – коэффициент массы заготовки;

$h_M$  – коэффициент марки материала;

$h_{II}$  – коэффициент программы выпуска» [16].

«Индекс метода получения заготовки принимаем 1 для заготовки полученной штамповкой в открытых штампах, 2 заготовки полученной штамповкой на горизонтально-ковочной машине» [16].

$$C_{ЗАГ\ 1,2} = 29,96 \cdot 1,05 \cdot 0,87 \cdot 1,29 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 41,66 \text{ р.}$$

Массу заготовки определим ориентировочно с использованием соответствующего коэффициента, так выполнение точных расчетов на данном этапе проектирования невозможно в виду отсутствия данных по значениям припусков на обработку и напусков.

«Расчет производим по формуле:

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

где  $K_P$  – коэффициент метода получения и формы заготовки» [16].

Массу детали определим путем создания твердотельной модели детали в специализированном программном обеспечении, например, «Компас». По результатам моделирования программа автоматически рассчитывает массу детали. В данном случае она равна 0,59 кг.

С использованием формулы (3) проводим расчеты массы заготовок, получаемых сравниваемыми методами.

$$Q_1 = 0,59 \cdot 1,8 = 1,06 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 0,59 \cdot 1,6 = 0,95 \text{ кг.}$$

«Стоимость механической обработки при первом приближении может быть определена по формуле:

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

где  $C_{\text{С}}$  – приведенные затраты, руб.;

$C_{\text{К}}$  – приведенные капитальные вложения, руб.;

$E_{\text{Н}}$  – коэффициент эффективности капитальных вложений» [16].

Исходя из того, что применяются родственные методы получения заготовки, методы обработки будут применены одинаковые. Тогда стоимость механической обработки не будет зависеть от метода получения заготовки.

$$C_{\text{МЕХ } 1,2} = 4,95 + 0,1 \cdot 10,85 = 6,04 \text{ р.}$$

Рассчитываем общие затраты.

$$C_{\text{Т1}} = 41,66 \cdot 1,06 + 6,04 \cdot (1,06 - 0,59) - 1,4 \cdot (1,06 - 0,59) = 46,34 \text{ р.}$$

$$C_{\text{Т2}} = 41,66 \cdot 0,95 + 6,04 \cdot (0,95 - 0,59) - 1,4 \cdot (0,95 - 0,59) = 41,25 \text{ р.}$$

Из проведенных расчетов следует, что в данном случае должен быть принят метод получения заготовок штамповкой на горизонтально-ковочной машине.

С целью проектирования заготовки необходимо определить припуски на механическую обработку каждой поверхности детали.

На первом этапе решения данной задачи необходимо определить маршруты обработки для каждой поверхности детали. Общепринятый подход [23] состоит в том, что маршрут обработки поверхности формируется исходя условия обеспечения минимума суммарного коэффициента удельных затрат, с учетом формы поверхности, требуемой точности обработки, требований к поверхностному слою и материала детали. С учетом этого для поверхностей рассматриваемой детали получаем следующие маршруты обработки, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Маршруты обработки поверхностей детали

Номер поверхности	Шероховатость $Ra$ , мкм	Квалитет точности	Форма поверхности	Маршрут
1	1,6	12	плоская	точение черновое, точение чистовое, закалка, шлифование черновое шлифование чистовое
2	1,6	10	плоская	фрезерование черновое, фрезерование чистовое, закалка, шлифование черновое шлифование чистовое
3	12,5	12	плоская	фрезерование черновое, закалка
4	12,5	12	цилиндрическая	точение черновое, закалка
5	12,5	12	цилиндрическая	точение черновое, закалка
6	12,5	12	коническая	точение черновое, закалка
7	12,5	12	цилиндрическая	точение черновое, закалка
8	12,5	12	цилиндрическая	точение черновое, закалка
9	1,6	12	плоская	точение черновое, точение чистовое, закалка, шлифование черновое шлифование чистовое
10	12,5	12	цилиндрическая	точение чистовое, закалка
11	0,4	7	цилиндрическая	точение черновое, точение чистовое, закалка, шлифование черновое шлифование чистовое, полирование
12	12,5	12	цилиндрическая	точение чистовое, закалка
13	12,5	12	коническая	точение чистовое, закалка
14	1,6	12	плоская	точение черновое, точение чистовое, закалка, шлифование черновое
15	12,5	12	коническая	точение чистовое, закалка
16	12,5	12	цилиндрическая	точение черновое, закалка
17	12,5	12	плоская	точение черновое, закалка
18	1,6	7	цилиндрическая	точение черновое, точение чистовое, закалка, шлифование черновое шлифование чистовое
19	1,6	9	плоская	протягивание, закалка
20	12,5	12	цилиндрическая	протягивание, закалка
21	12,5	12	цилиндрическая	точение черновое, закалка
22	12,5	12	плоская	точение черновое, закалка

На следующем этапе проектирования заготовки определяем припуски

на обработку поверхностей по определенным ранее маршрутам их обработки, а также размерам и требуемой точности обработки. Возможно использование нескольких методик определения припусков. В соответствии с характеристиками типа производства для наиболее ответственной и точной поверхности являющейся основной конструкторской базой диаметром  $32H7(+0,025)$  расчет производим с применением расчетно-аналитического метода [21].

«Определение минимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

где  $a$  – величина дефектного слоя, мм;

$\Delta$  – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

$\varepsilon$  – величина погрешности установки заготовки, мм;

$i$  – индекс текущего перехода;

$i - 1$  – индекс предыдущего перехода» [21].

«Величина дефектного слоя определяется по формуле:

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

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

$h$  – глубина дефектного слоя, образовавшегося от предыдущей обработки, мм» [21].

«Величина суммарных пространственных отклонений определяется по формуле:

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

где  $Td$  – поле допуска выполняемого размера, мм.

$$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,400 + \sqrt{0,280^2 + 0,080^2} = 0,691 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,100 + \sqrt{0,060^2 + 0,020^2} = 0,163 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,016^2 + 0,060^2} = 0,421 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,090^2 + 0,020^2} = 0,242 \text{ мм} \gg [21].$$

«Определение максимального припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

где  $TD_i$  – поле допуска выполняемого размера, мм;

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

$$\begin{aligned} z_{1 \max} &= z_{1 \min} + 0,5 \cdot (TD_0 + TD_1) = 0,691 + 0,5 \cdot (0,620 + 0,250) = \\ &= 1,146 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{2 \max} &= z_{2 \min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,163 + 0,5 \cdot (0,250 + 0,025) = \\ &= 0,226 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{3 \max} &= z_{3 \min} + 0,5 \cdot (TD_{T0} + TD_3) = 0,421 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,039) = \\ &= 0,460 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_{4 \max} &= z_{4 \min} + 0,5 \cdot (TD_3 + TD_4) = 0,242 + 0,5 \cdot (0,039 + 0,025) = \\ &= 0,274 \text{ мм} \gg [21]. \end{aligned}$$

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

$$z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (1,146 + 0,691) = 0,919 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,226 + 0,163) = 0,195 \text{ мм.}$$



$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,460 + 0,421) = 0,441 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,274 + 0,242) = 0,258 \text{ мм} \gg [21].$$

«Минимальный диаметр определяется по формуле:

$$D_{(i-1)\max} = d_{i \max} - 2 \cdot z_{i \min}. \quad (10) \gg [21]$$

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

$$D_{(то-1)\max} = D_{(i-1)\max} \cdot 0,999. \quad (11) \gg [21]$$

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

$$D_{(i-1)\max} = D_{(i-1)\max} + TD_{i-1}. \quad (12) \gg [21]$$

«Средний диаметр определяется по формуле:

$$D_{i \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{i \max} + D_{i \min}). \quad (13) \gg [21]$$

«Выполняем расчеты.

$$D_{4 \max} = 32,025 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \min} = 32,000 \text{ мм.}$$

$$D_{4 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{4 \max} + D_{4 \min}) = 0,5 \cdot (32,025 + 32,000) = 32,012 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \max} = D_{4 \max} - 2 \cdot z_{4 \min} = 32,025 - 2 \cdot 0,242 = 31,580 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \min} = D_{3 \max} - TD_3 = 31,580 - 0,039 = 31,541 \text{ мм.}$$

$$D_{3 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{3 \max} + D_{3 \min}) = 0,5 \cdot (31,580 + 31,541) = 31,561 \text{ мм.}$$

$$D_{то \max} = D_{3 \max} - 2 \cdot z_{3 \min} = 30,738 - 2 \cdot 0,421 = 30,738 \text{ мм.}$$

$$D_{то \min} = D_{то \max} - TD_3 = 30,738 - 0,039 = 30,699 \text{ мм.}$$

$$D_{то \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{то \max} + D_{то \min}) = 0,5(30,738 + 30,699) = 30,719 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \max} = D_{T0 \max} \cdot 0,999 = 30,738 \cdot 0,999 = 30,701 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \min} = D_{2 \max} - TD_2 = 30,701 - 0,250 = 30,451 \text{ мм.}$$

$$D_{2 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (30,701 + 30,451) = 30,576 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \max} = D_{2 \max} - 2 \cdot z_{2 \min} = 30,701 - 2 \cdot 0,125 = 30,449 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \min} = D_{1 \max} - TD_1 = 30,449 - 0,100 = 30,349 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (30,449 + 30,349) = 30,399 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \max} = D_{1 \max} - 2 \cdot z_{1 \min} = 30,023 - 2 \cdot 0,691 = 28,641 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \min} = D_{0 \max} - TD_0 = 28,641 - 0,62 = 28,021 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \max} + D_{2 \min}) = 0,5 \cdot (28,641 + 28,021) = 28,331 \text{ мм}»$$

[21].

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\min} = D_{4 \max} - D_{0 \min}. \quad (14)» [21]$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + TD_0 + TD_4. \quad (15)» [21]$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (2z_{\min} + 2z_{\max}). \quad (16)» [21]$$

$$2z_{\min} = 32,025 - 28,021 = 4,004 \text{ мм.}$$

$$2z_{\max} = 4,004 + 0,62 + 0,025 = 4,649 \text{ мм.}$$

$$2z_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (4,004 + 4,649) = 4,327 \text{ мм.}$$

В соответствии с характеристиками типа производства припуски для обработки остальных поверхностей с целью снижения трудоемкости определяются на основе статистических данных [18]. Суть методики состоит в определении минимального припуска на основе усредненных данных, а

максимального припуска путем расчета по формуле (8). Данный подход позволяет обеспечить приемлемую точность расчетов в заданных условиях проектирования. Получаем результаты, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Припуски на обработку поверхностей

Поверхности	Переходы	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1	1	1,0	1,65
	2	0,3	0,51
	3	0,1	0,22
	4	0,05	0,17
2	1	0,25	0,375
	2	0,05	0,12
	3	0,03	0,10
4	1	1,2	1,85
5	1	1,2	1,85
6	1	1,2	1,85
7	1	1,2	1,85
8	1	1,2	1,85
9	1	1,0	1,575
	2	0,25	0,425
	3	0,1	0,2
	4	0,05	0,15
11	1	0,85	1,5
	2	0,125	0,335
	3	0,125	0,208
	4	0,03	0,068
	5	0,008	0,038
14	1	1,0	1,65
	2	0,3	0,51
	3	0,1	0,22
16	1	1,8	2,375
17	1	1,8	2,375
21	1	1,3	1,95
22	1	1,2	1,825

На следующем этапе проектирования заготовки определяются ее характеристики, данные по напускам и допускам на размеры. Для этого используется методика и данные [6]. «В данном случае получены следующие результаты:

- класс точности 3;
- группа стали 1;

- степень сложности 2;
- штамповочные уклоны: наружные  $7^\circ$ , внутренние  $10^\circ$ ;
- радиусы скруглений 2 мм;
- величина остаточного облоя не более 0,5 мм;
- отклонения от плоскостности не более 0,5 мм» [6].

Результатом проектирования заготовки является ее рабочий чертеж.

## **2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали**

Этап проектирования маршрута изготовления детали является определяющим для эффективности технологического процесса. От принятых на данном этапе зависит количество операций, их состав и применяемые для их реализации средства технологического оснащения. В соответствии с принятым типом производства для проектирования маршрута изготовления детали будем использовать типовые технологические маршруты [7, 8, 12]. Синтез маршрута при данном подходе заключается в анализе каждой операции типового технологического процесса и исключения из него лишних операций с точки зрения получения заданных параметров рассматриваемой детали. Содержание каждой отдельной операции определяется путем объединения в них однородных методов обработки поверхностей. Результаты синтеза маршрута обработки детали приведены ниже.

Операция 005 Токарная. Содержит точение поверхностей 6, 7, 8, 9, 11, 14, 16, 17, 18.

Операция 010 Токарная. Содержит точение поверхностей 1, 4, 21, 22.

Операция 015 Токарная. Содержит точение поверхностей 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15.

Операция 020 Токарная. Содержит точение поверхностей 1, 18.

Операция 025 Протяжная. Содержит протягивание поверхностей 19, 20.

Операция 030 Фрезерная. Содержит фрезерование поверхностей 2, 3.

Операция 035 Термическая. Содержит закалку и отпуск всех

поверхностей детали.

Операция 040 Плоскошлифовальная. Содержит шлифование поверхностей 1, 14.

Операция 045 Шлифовальная. Содержит шлифование поверхностей 9, 11.

Операция 050 Внутришлифовальная. Содержит шлифование поверхности 18.

Операция 055 Плоскошлифовальная. Содержит шлифование поверхностей 9, 21.

Операция 060 Шлифовальная. Содержит шлифование поверхностей 9, 11.

Операция 065 Внутришлифовальная. Содержит шлифование поверхности 18.

Операция 070 Плоскошлифовальная. Содержит шлифование поверхностей 9, 21.

Операция 075 Полировальная. Содержит полирование поверхности 11.

Операция 080 Моечная. Содержит мойку и сушку всех поверхностей детали.

Операция 085 Контрольная. Содержит контроль параметров детали согласно карте контроля.

На основе синтезированного маршрутка обработки формируем план изготовления детали, который представляет собой графическое его отображение в виде эскизов обработки для каждой операции. Кроме маршрута обработки план изготовления включает сведения об используемом оборудовании, схемы базирования, операционные размеры и технические требования на выполнение операций. Выбор оборудования будет произведен далее. Схемы базирования разрабатываются исходя из конструктивных особенностей детали с учетом обеспечения принципов единства и постоянства баз, а также типовых схем базирования и рекомендаций [12, 17]. Операционные размеры рассчитываются с учетом принятых схем

базирования и припусков на обработку с использованием рекомендаций [17]. Технические требования назначаются исходя из точности обработки обеспечиваемой на операции, используемых средств технологического оснащения, принятых схем базирования и рекомендаций [17].

Основные требования к содержанию и оформлению плана изготовления детали приведены в литературе [17]. Результаты проектирования плана изготовления представлены в графической части работы.

### **2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса**

Техническое оснащение технологического процесса включает в себя оборудование, технологическую оснастку, режущий инструмент и средства контроля. Результаты выполнения данного этапа напрямую влияют на экономические показатели проектируемого технологического процесса. При выполнении данного этапа учтем ниже следующие рекомендации, высказанные ранее при анализе типа производства. Оборудование должно отвечать требованиям гибкости, то есть быть универсальным, желательно оснащенным системами числового управления. Допускается применение специализированного оборудования. Предпочтение отдается универсальным и стандартизированным средствам технологического оснащения и контроля.

«В состав средств технологического оснащения технологического процесса входят: оборудование, станочные приспособления, режущие инструменты и средства контроля» [16]. Выбор оборудования выполняется с учетом размеров требуемой рабочей зоны, требуемой мощности обработки, возможности обеспечения требуемых режимов резания. Модели станков будем выбирать по данным [19, 20, 22]. Выбор станочных приспособлений выполняется с учетом реализуемой на операции схемы базирования, обеспечения надежности закрепления заготовки, выполнения требований по механизации и автоматизации процесса закрепления. Типоразмеры

станочных приспособлений будем выбирать по данным [10, 22]. Выбор режущего инструмента выполняется из условия обеспечения им требуемой точности обработки и качества поверхностного слоя, обработанных поверхностей с учетом обеспечения максимально возможной стойкости и минимальной стоимости инструмента. Конструкции режущих инструментов, марки материала режущих частей, а также типоразмеры будем выбирать по данным [4, 9, 22]. Выбор мерительного инструмента выполняется с учетом требуемой точности контроля, требуемого типа предоставляемой по результатам контроля информации, конструктивных особенностей контролируемых элементов детали. Средства контроля будем выбирать по данным [14, 22]. В таблице 3 приведены результаты выбора средств оснащения технологического процесса.

Таблица 3 – Выбор средств оснащения технологического процесса

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Средства контроля
005 Токарная	токарный SAMAT 400 XC	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80	резец специальный GC4225 «Sandvik»; резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215 «Sandvik»	штангенциркуль ГОСТ 166-89, нутромер ГОСТ10-88
010 Токарная	токарный SAMAT 400 XC	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80	резец специальный GC4225 «Sandvik»; резец расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215 «Sandvik»	штангенциркуль ГОСТ166-89, нутромер ГОСТ10-88
015 Токарная	токарный SAMAT 400 XC	оправка цанговая	резец специальный GC4215 «Sandvik»; резец TNMX 16 04 04-WF GC4215 «Sandvik», резец N123G2-0300-0001-CF GC1125 «Sandvik»	штангенциркуль ГОСТ166-89, нутромер ГОСТ10-88, калибры
020 Токарная	токарный SAMAT 400 XC	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80	резец специальный GC4215 «Sandvik»; резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215	штангенциркуль ГОСТ166-89, калибры

Продолжение таблицы 3

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Средства контроля
025 Протяжная	протяжной 7Б55	опора шаровая	протяжка шлицевая Р6М5 ГОСТ 24818-81	нутромер ГОСТ10-88, калибры
030 Фрезерная	вертикальный обрабатывающий центр 500VS	патрон цанговый	фреза концевая R216.24-10050BCC16P GC1640 «Sandvik», фреза сферическая R216.53-04040RAL40G GC1630 «Sandvik», фреза сферическая R216.53-10040RAL18G GC1620 «Sandvik»	штангенциркуль ГОСТ166-89, калибры
035 Термическая	печь термическая			
040 Плоскошлифовальная	плоскошлифовальный 3Е711-	плита магнитная ГОСТ 17519-81	круг шлифовальный 23А46К5V ГОСТ52781-2007	скоба рычажная ГОСТ11098-75
045 Шлифовальная	торцруглошлифовальный 3Т160	оправка цанговая	круг шлифовальный 23А46К5V ГОСТ52781-2007	скоба рычажная ГОСТ11098-75
050 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3К227В	патрон цанговый ГОСТ 2877-80	круг шлифовальный 23А46К7V ГОСТ52781-2007	нутромер ГОСТ10-88
055 Плоскошлифовальная	плоскошлифовальный 3Е711В1	патрон цанговый ГОСТ 2877-80	круг шлифовальный 23А46К5V ГОСТ52781-2007	скоба рычажная ГОСТ11098-75, калибр
060 Шлифовальная	торцруглошлифовальный 3Т160	оправка цанговая	круг шлифовальный 24А50К6V 30м/с1А ГОСТ52781-2007	скоба рычажная ГОСТ11098-75
065 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3К227В	патрон цанговый ГОСТ 2877-80	круг шлифовальный 24А50К6V 30м/с1А ГОСТ52781-2007, круг шлифовальный 24А50К6V 30м/с1А ГОСТ52781-2007	нутромер ГОСТ10-88
070 Плоскошлифовальная	плоскошлифовальный 3Е711В1	патрон цанговый ГОСТ 2877-80	круг шлифовальный 24А50К6V 30м/с1А ГОСТ52781-2007	скоба рычажная ГОСТ11098-75, калибр



### Продолжение таблицы 3

Операция	Оборудование	Станочные приспособления	Режущие инструменты	Средства контроля
075 Полировальная	полировальный ДШ-99	оправка цанговая	лента полировальная Р400 ГОСТ 3647-2004	скоба рычажная ГОСТ11098-75
080 Моечная	моечная машина			
085 Контрольная	контрольный стол			контрольные инструменты и приборы

Сведения по выбору средств оснащения технологического процесса, представленные выше, заносим в соответствующие строки технологической документации (приложение А). Также необходимые сведения по средствам оснащения технологического процесса используются при проектировании технологических операций и разработке технологических наладок.

#### **2.4 Проектирование технологических операций**

Проектирование технологических операций выполняем согласно методике [16]. В соответствии с ней в ходе проектирования необходимо разработать структуру каждой операции, определить технологические переходы, выполнить определение режимов резания и нормирование всех операций. При этом необходимо учесть особенности типа производства, выявленные в первом разделе данной работы.

Результаты определения структуры операций и технологических переходов, разработанные на основе рекомендаций [16], представлены в графической части работы на листах плана изготовления детали и технологических наладках.

Режимы резания на выполнение технологических операций и их нормирование выполняются с использованием расчетного метода и статистических данных [13, 22].

«Скорость резания определяется по формуле:

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

где  $C_V$  – постоянная определяемая видом обработки;

$K_V$  – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки;

$T$  – период стойкости инструмента, мин;

$t$  – глубина резания, мм.;

$S$  – подача, мм/об;

$m, x, y$  – показатели степеней, учитывающие условия резания» [13].

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

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

где  $d$  – диаметр обработки, мм» [13].

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

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (19) \gg [13]$$

На операциях лезвийной обработки предполагается использование инструмента фирмы «Sandvik Coromant». Применение для данных операций стандартных методов расчета режимов резания даст заниженные значения режимов резания, что не позволит реализовать весь потенциал данного режущего инструмента и сильно снизит экономический эффект от его

применения. В связи с этим для определения режимов резания на данных операциях применим данные фирмы-изготовителя инструмента [9].

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

$$T_0 = \frac{L_{р.х.}}{S \cdot n}, \quad (20)$$

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

$S$  – подача, мм/об» [13].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{р.х.} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (21)$$

где  $l_1$  – длина врезания, мм.;

$l_{рез}$  – длина резания, мм.;

$l_2$  – длина перебега, мм» [13].

Результаты определения режимов резания и выполнения нормирования технологических операций приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Величина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005	1	0,2	510	2300	56	0,12
	2	0,2	300	2500	52	0,11
010	1	0,2	510	2300	24	0,05
	2	0,2	400	2360	22	0,05
015	1	0,15	470	2500	37	0,1
	2	0,15	300	2500	6	0,02
	3	0,03	200	1350	5	0,12
020	1	0,15	550	2500	10	0,03
	2	0,15	250	2500	26	0,07
025	1	–	3	–	23	0,32
030	1	0,011	120	7600	252	1,5

Продолжение таблицы 4

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Величина рабочего хода, мм	Основное время, мин
030	2	0,05	130	10300	1512	1,47
	3	0,08	150	12000	1512	0,79
040 А	1	20	30	–	50	0,98
040 Б	1	20	30	–	70	1,2
045	1	0,05	30	200	0,167	0,16
050	1	0,0025	30	150	24	1,1
055	1	–	25	10	180	2,8
060	1	0,005	35	250	0,049	0,42
065	1	0,0015	35	150	24	1,8
	2	0,0010	35	120	12	1,2
070	1	–	30	2	180	8,5
075	1	–	60	100	23	0,6

Сведения по определению режимов резания и нормированию операций технологического процесса, представленные выше, заносим в соответствующие строки технологической документации (приложение А). Также необходимые сведения используются при проектировании технологических наладок и проведению анализа полученного технологического процесса с целью его дальнейшего совершенствования.

Выполнение данного раздела позволило решить первую задачу работы, которая заключается в проектировании технологического процесса изготовления. В ходе решения данной задачи произведен выбор и проектирование заготовки, выбор методов обработки, разработка технологических схем базирования, выбор средств технологического оснащения, определены режимы резания и проведено нормирования технологических операций, спроектирована маршрутно-операционная технология изготовления.

### 3 Проектирование специальных средств оснащения

#### 3.1 Проектирование цангового приспособления

Анализируя технологический процесс, приходим к выводу, что лимитирующей является операция 030 Фрезерная, эскиз которой приведен на рисунке 2. Одна из причин связана с применением стандартного приспособления с ручным зажимом, что приводит к увеличению вспомогательного времени на выполнение операции, вследствие длительности процесса закрепления и снятия заготовок. Кроме этого, применение такого приспособления приводит к нестабильности сил закрепления, что влияет на размерную точность обработки. В связи с этим принимаем решение спроектировать приспособление с механизированным зажимом.

Проектирование проводим по методике и справочным данным [10, 22].

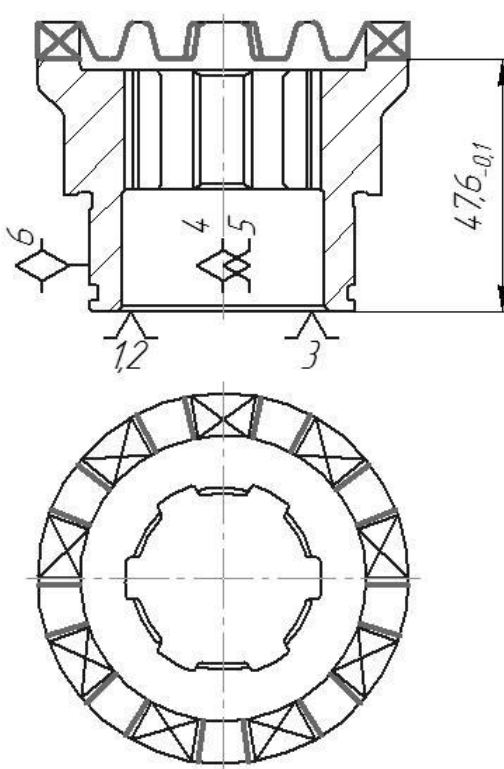


Рисунок 2 – Эскиз фрезерной операции

Из представленной на рисунке 2 схемы базирования, а также требуемой точности обработки принимаем цанговый зажимной механизм.

«Основная составляющая силы резания при фрезеровании определяется по формуле:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^g \cdot n^w} k_{\text{мп}}, \quad (22)$$

где:  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $u$ ,  $g$ ,  $w$  – коэффициенты и показатели степеней, которые учитывают особенности обработки данного материала;

$t$  – глубина резания, мм;

$S_z$  – подача на зуб, мм/зуб;

$B$  – ширина фрезерования, мм;

$z$  – число зубьев фрезы;

$D$  – диаметр фрезы, мм;

$n$  – частота вращения фрезы, об/мин;

$k_{\text{мп}}$  – коэффициент, который учитывает влияние механических характеристик обрабатываемого материала» [22].

$$\ll k_{\text{мп}} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,3}. \quad (23) \gg [22]$$

Выполняем расчеты.

$$k_{\text{мп}} = \left( \frac{650}{750} \right)^{0,3} = 0,96.$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 9,39^{0,85} \cdot 0,011^{0,75} \cdot 5^{0,3} \cdot 12}{5^{0,73} \cdot 78600^{-0,13}} \cdot 0,96 = 89,46 \text{ Н}.$$

«Момент от составляющей силы резания  $P_Z$  равен:

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_0}{2}, \quad (24)$$

где  $d_0$  – диаметр фрезы, мм» [10].

«Уравновешивающий его момент от силы закрепления равен:

$$M_{зpz} = \frac{3 \cdot W \cdot f \cdot d_3}{2}, \quad (25)$$

где  $W$  – усилие зажима, Н;

$f$  – коэффициент трения поверхности закрепления и цанги;

$d_3$  – диаметр закрепления, мм» [10].

«Приравняв полученные моменты, выводим уравнение для определения усилия зажима:

$$W = \frac{P_z \cdot d_0}{3 \cdot f \cdot d_3} \cdot K, \quad (26)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий фактические условия выполнения операции» [10].

$$W = \frac{89,46 \cdot 70}{3 \cdot 0,2 \cdot 50} \cdot 2,5 = 783 \text{ Н.}$$

С целью обеспечения механизации процесса закрепления в конструкции приспособления предполагается использовать силовой привод, величина усилия на котором определяется по формуле:

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (27)$$

где  $Q_1$  – сила на сжатие лепестков до заготовки, Н;

$Q_2$  – сила, создающая усилие зажима заготовки, Н» [10].

«Сила на сжатие лепестков до заготовки определяется по формуле:

$$Q_1 = R \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (28)$$

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

$\alpha$  – угол цанги, град;

$\varphi$  – угол трения цанги, град» [10].

«Сила, сжатия лепестков определяется по формуле:

$$R = \frac{3E \cdot J \cdot f \cdot z}{l}, \quad (29)$$

где  $E$  – модуль упругости материала цанги, МПа;

$J$  – момент инерции сектора цилиндрической части цанги в месте заделки лепестка, мм<sup>4</sup>;

$f$  – радиальный зазор, необходимый для свободной установки заготовки, мм;

$z$  – число лепестков цанги;

$l$  – длина лепестка цанги от места заделки до середины конуса, мм» [10].

Момент инерции сектора цилиндрической части цанги в месте заделки лепестка определяется по формуле:

$$J = \frac{D^3 \cdot h}{8} \cdot \left( \alpha_1 + \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 - \frac{2 \cdot \sin^2 \alpha_1}{\alpha_1} \right), \quad (30)$$

где  $D$  – наружный диаметр поверхности лепестка, мм;

$h$  – толщина лепестка, мм;

$\alpha_1$  – угол цанги, град.

Выполняем расчеты.

$$J = \frac{63^3 \cdot 3}{8} \cdot \left( 0,26 + \sin 15 \cdot \cos 15 - \frac{2 \cdot \sin^2 15}{0,26} \right) = 1,8 \text{ мм}^4.$$

$$R = \frac{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,8 \cdot 0,2 \cdot 3}{17} = 33437 \text{ Н}.$$

$$Q_1 = 33437 \cdot \text{tg}(15 + 6,59) = 13232 \text{ Н}.$$

Сила, создающая усилие зажима заготовки определяется по формуле:

$$Q_2 = W \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi). \quad (31)$$



Выполняем расчеты.

$$Q_2 = 783 \cdot \operatorname{tg}(15 + 6,59) = 309 \text{ Н.}$$

$$Q = 13232 + 309 = 13541 \text{ Н.}$$

Зная требуемое усилие развиваемое приводом, определяется диаметр поршня гидроцилиндра. Для этого используется формула:

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

где  $d$  – диаметр штока поршня, мм;

$P$  – давление в гидросистеме, МПа» [10].

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot 13541}{6,0} + 12^2} = 78 \text{ мм.}$$

Данное значение следует округлить до ближайшего большего равного 80 мм.

Далее необходимо оценить точность спроектированного приспособления. Для этого составляется его размерная схема, приведенная на рисунке 3. Пользуясь данной схемой, выводится формула для определения погрешности установки заготовки в спроектированном приспособлении.

«Из схемы, приведенной на рисунке 3, следует, что погрешность установки в приспособлении рассчитывается по формуле:

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

где  $\Delta_1$  – погрешность сопряжения корпуса, мм;

$\Delta_2$  – погрешность сопряжения цанги и направляющей, мм;

$\Delta_3$  – погрешность изготовления цанги, мм» [10].

Производим расчет погрешности установки в приспособлении.

$$\varepsilon_y = \frac{1}{2} \sqrt{0,041^2 + 0,048^2 + 0,01^2} = 0,015 \text{ мм.}$$

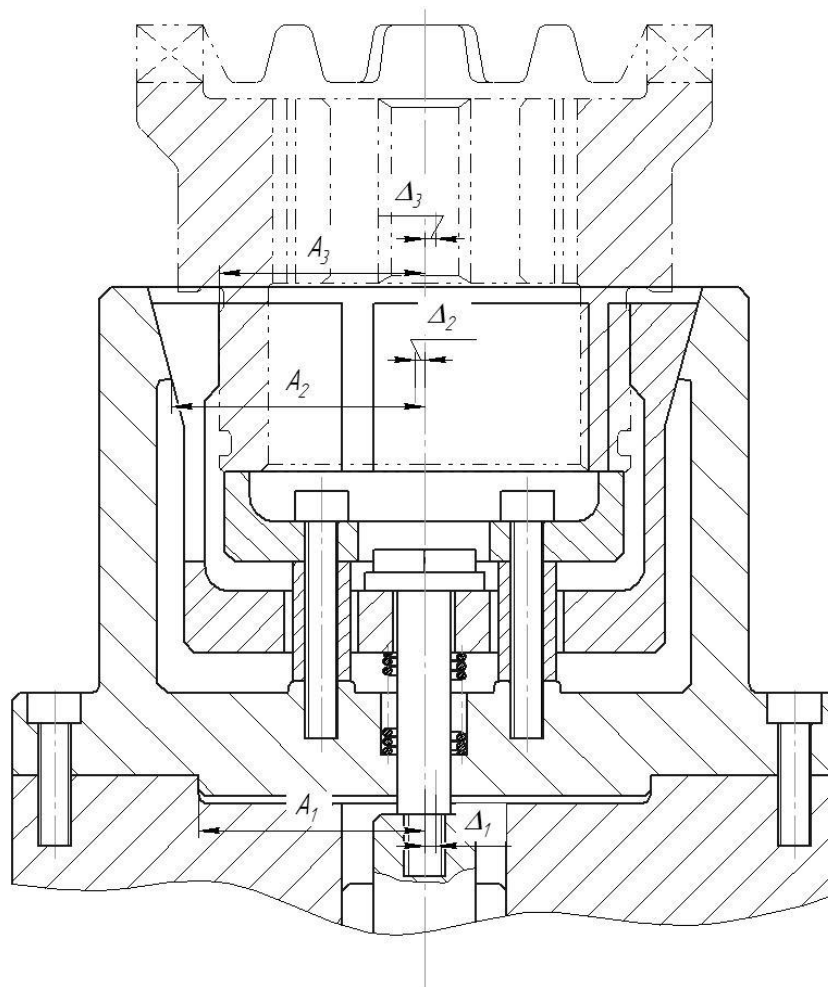


Рисунок 3 – Расчетная схема для определения погрешностей

Для того, чтобы патрон удовлетворял заданной точности необходимо, чтобы полученное расчетное значение погрешности установки не превышало допустимой погрешности установки, которая составляет 30 процентов от поля допуска на выполняемый на операции размер, имеющий наивысшую точность изготовления. В данном случае это значение составляет 0,021 мм, то есть условие выполняется, и патрон может быть применен на данной операции.

Подробно конструкция приспособления приведена в графической части работы, а его спецификация в приложении Б.

### 3.2 Проектирование токарного резца

Следующим техническим решением, направленным на совершенствование технологического процесса будет модернизация токарной операции. С целью интенсификации процесса обработки, то есть увеличения режимов резания, при одновременном увеличении стойкости режущего инструмента на переходе точения контура детали проведем проектирование резца с применением в качестве режущей пластины из твердого сплава TNMX 16 04 04-WF GC4225 «Sandvik». Проектирование будем производить по методике и данным [1].

«Определим необходимые размеры державки проектируемого резца. Для этого определим площадь срезаемого слоя по формуле:

$$F = t \cdot S, \quad (34)$$

где  $t$  – глубина резания, мм;

$S$  – подача, мм/об» [1].

$$F = 2,0 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ мм}^2.$$

Параметры державки принятые исходя из определенного значения площади срезаемого слоя, приведены на рабочем чертеже резца в графической части работы.

Крепление режущей пластины к державке предполагается производить через штифт, минимально допустимый диаметр которого определяется по формуле:

$$\ll D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (35)$$

где  $Q_1$  – сила, действующая на штифт, Н;

$\sigma_d$  – допустимое напряжение, МПа» [1].

«Сила, действующая на штифт, определяется по формуле:

$$Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (36)$$

где  $P_{Zmax}$  – максимальное значение силы резания, Н» [1].

Выполним расчеты.

$$Q_1 = \frac{164}{0,7} = 235 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 235}{\pi \cdot 650}} = 2,13 \text{ мм.}$$

Исходя из конструктивных особенностей проектируемого резца, примем штифт с диаметром равным 3 мм [15].

Еще одним конструктивным решением, направленным на увеличение скорости замены режущей пластины при одновременном увеличении надежности ее крепления является применение в конструкции резца системы крепления при помощи специального клиновидного винта [15]. Принцип работы данной системы следующий. При вкручивании винта он расклинивает часть державки, выполненную в виде тонкой стенки, которая соприкасается с режущей пластиной. Таким образом, режущая пластина поджимается к штифту.

Рабочий чертеж инструмента со всеми необходимыми размерами и подробной геометрией приведен в графической части и приложении Б.

Выполнение данного раздела позволило решить вторую задачу данной выпускной квалификационной работы, которая заключалась в совершенствовании спроектированного технологического процесса. Решение данной задачи совершенствование фрезерной и токарной операций, путем проектирования специального станочного приспособления и режущего инструмента.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

В качестве технического объекта рассматривается технологический процесс изготовления полумуфты буровой лебедки. Краткий перечень операций и используемых на них средств технологического оснащения приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Операции и средства технологического оснащения

Операция	Станок	Инструменты	Станочные приспособления
005, 010, 015, 020 Токарная	токарный SAMAT 400 XC	резец специальный GC4225 «Sandvik», резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215 «Sandvik», резец N123G2-0300-0001-CF GC1125 «Sandvik», резец специальный GC4215 «Sandvik», резец токарный расточной TNMX 16 04 04-WF GC4215	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80, оправка цанговая
025 Протяжная	протяжной 7Б55	протяжка шлицевая Р6М5 ГОСТ 24818-81	опора шаровая
030 Фрезерная	вертикальный обрабатывающий центр 500VS	фреза концевая R216.24-10050BCC16P GC1640 «Sandvik», фреза сферическая R216.53-04040RAL40G GC1630 «Sandvik», фреза сферическая R216.53-10040RAL18G GC1620 «Sandvik»	патрон цанговый
040, 055, 070 Плоскошлифовальная	плоскошлифовальный 3Е711-	круг шлифовальный 23А46К5V ГОСТ52781-2007	плита магнитная ГОСТ 17519-81
045, 060 Шлифовальная	торцераглошлифовальный 3Т160	круг шлифовальный 23А46К5V ГОСТ52781-2007	оправка цанговая
050, 065 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3К227В	круг шлифовальный 24А50К6V 30м/с1А ГОСТ52781-2007, круг шлифовальный 24А50К6V 30м/с1А ГОСТ52781-2007	патрон цанговый ГОСТ 2877-80
075 Полировальная	полировальный ДШ-99	лента полировальная Р400 ГОСТ 3647-2004	оправка цанговая

Исходя из применяемого оборудования работниками, выполняющими технологический процесс, являются операторы станков с числовым программным управлением, шлифовщики.

#### **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

Профессиональные риски определяются прежде всего характером выполняемых работ и используемыми средствами производства. Выявление рисков, возникающих при выполнении рассматриваемого технологического процесса производится согласно ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и Приказа Минтруда № 776н «Об утверждении примерного положения о системе управления охраной труда» [5].

Источниками рисков в данном случае являются технологическое оборудование, инструмент и станочные приспособления, приведенные в таблице 5.

Проанализировав источники рисков выявляем опасные и вредные производственные факторы, действующие при выполнении технологического процесса: «действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего, движущиеся твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего, производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека, опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека, производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума, производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей,

характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации, монотонность труда, тяжесть трудового процесса, производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [5].

Воздействие перечисленных опасных и вредных факторов при выполнении технологического процесса может привести к возникновению следующих опасностей и рисков: «груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту, транспортное средство, в том числе погрузчик, подвижные части машин и механизмов, воздействие на кожные покровы смазочных масел, материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру, повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума, воздействие общей вибрации, физические перегрузки, электрический ток» [5].

В ходе проведенного анализа выявлены опасные и вредные производственные факторы физического, химического и психофизиологического характера, которые приводят к возникновению соответствующих профессиональных рисков, воздействующих на операторов станков, выполняющих технологический процесс.

### **4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

Проведем подбор методов и организационно-технических методов и технических средств защиты, частичного снижения или полного устранения опасных и вредных производственных факторов, и профессиональных рисков, выявленных ранее. Для этого будем использовать приказ 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».

Мероприятия по улучшению условий и охраны труда: «издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда;

устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников; устройство ограждений элементов производственного оборудования, защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов, 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; проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения; внедрение и (или) модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [5].

Методы и средства снижения профессиональных рисков: «использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места» [5]; «обеспечение безопасных условий труда» [5]; «соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения транспортных средств по территории работодателя; соблюдение скоростного режима» [5]; «применение исправных транспортных средств, подача звуковых сигналов при движении и своевременное применение систем торможения» [5]; «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, специальных рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования» [5]; «допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [5]; «устройство систем удаления вредных веществ, выделяющихся в технологическом процессе, на



станки и инструменты» [5]; «организация первичного и периодического обучения и инструктажей работников безопасным методам и приемам выполнения работ» [5]; «использование средств индивидуальной защиты, герметизация технологического оборудования» [5]; «применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [5]; «применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [5]; «своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик» [5]; «установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции; проведение инструктажа на рабочем месте» [5]; «соблюдение основных требований эргономики, соблюдение режимов труда и отдыха» [5]; «организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [5]; «изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [5].

Предлагаемые мероприятия по улучшению условий и охраны труда, а также методы и средства снижения профессиональных рисков позволят обеспечить благоприятные условия труда при выполнении рассматриваемого технологического процесса изготовления.

#### **4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта**

Обеспечение пожарной безопасности при выполнении технологического процесса механической обработки комплексная задача решение которой зависит от класса потенциального пожара и источников его возникновения.

В данном случае источниками возникновения пожара служит технологическое оборудование и используемые в технологическом процессе материалы и вещества, такие как смазочно-охлаждающие жидкости, масла, ветошь и другие.

При разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологического процесса следует учесть, что по виду горючего материала возможные пожары относятся к классу D пожары, связанные с воспламенением и горением металлов.

«Основными опасными факторами возможного пожара в данном случае относятся: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах). Сопутствующими проявлениями опасных факторов пожара являются: образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты, крупногабаритные части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества; вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; негативные термохимические воздействия, используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей» [5].

С целью обеспечения пожарной безопасности на производственном

участке при выполнении рассматриваемого технологического процесса следует использовать следующие технические средства. В качестве первичных средств пожаротушения используются огнетушители: ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100. В качестве мобильных средств пожаротушения используется мотопомпа пожарная «Shibauga». В качестве средств пожарной автоматики применяется пожарный извещатель ИП-212-141. Пожарное оборудование, применяемое на участке – пожарный щит класса ЩП-А. Также применяются оповещатель охранно-пожарный звуковой Маяк–220, программно-аппаратный комплекс «Стрелец–мониторинг». Следует отметить, что индивидуальные средства защиты для операторов станков не предусмотрены действующими нормативными документами.

С целью предотвращения пожара и обеспечения минимизации ущерба в случае его возникновения, осуществляются следующие мероприятия: разрабатываются инструкции по действиям персонала в случае аварийной и чрезвычайной ситуации; проводится инструктаж по пожарной безопасности. В случае возникновения ситуации, которая может привести к возникновению пожара, работники обязаны уведомить об этом непосредственного руководителя работ.

#### **4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта**

Экологическая безопасность технологического процесса может быть обеспечена на основе выявления негативных факторов, оказывающих антропогенное воздействие на окружающую среду при выполнении технологического процесса. В данном случае такими факторами являются выбросы в сточные воды и выбросы в землю. Выбросы в атмосферу при выполнении данного технологического процесса проявляются в виде образования незначительного количества паров смазочно-охлаждающей жидкости и абразивной пыли, поэтому данными выбросами можно пренебречь.

Сточные воды, образующиеся вследствие выполнения технологического процесса, включают в свой состав масла, смазочно-охлаждающие жидкости, смазочные материалы, частицы абразива и мелкой стружки. В качестве отходов, попадание которых возможно в землю, образуются металлический лом, стружка, мусор промышленный, отработанные масла и смазочно-охлаждающие жидкости.

Мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, а также основные этапы процедуры по сбору, обезвреживанию, транспортировке, размещению, утилизации промышленных отходов прописаны в ГОСТ Р 53692–2009 «Национальный стандарт Российской Федерации. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы» [5].

В случае аварийной ситуации для работников и населения, находящегося в пределах воздействия вредных химических веществ необходимо применение средств индивидуальной защиты органов дыхания. В целом «возможные причины возникновения и развития аварийных ситуаций условно можно разделить на три группы: отказы оборудования, ошибочные действия работников, внешние воздействия природного и техногенного характера» [5].

В разделе проведена идентификация профессиональных рисков, действующих на работников, выполняющих рассматриваемый технологический процесс изготовления, на основе действующих нормативных документов разработаны мероприятия по снижению выявленных рисков, проведен анализ пожарной и экологической безопасности техпроцесса.

## 5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел, являющийся завершающим разделом бакалаврской работы. Поэтому его основной целью является экономическое обоснование целесообразности предлагаемых изменений в технологический процесс изготовления детали.

Для подтверждения экономической целесообразности предложенных совершенствований, необходимо произвести расчеты ряда параметров согласно этапам алгоритму определения экономической эффективности технологических решений (рисунок 4).

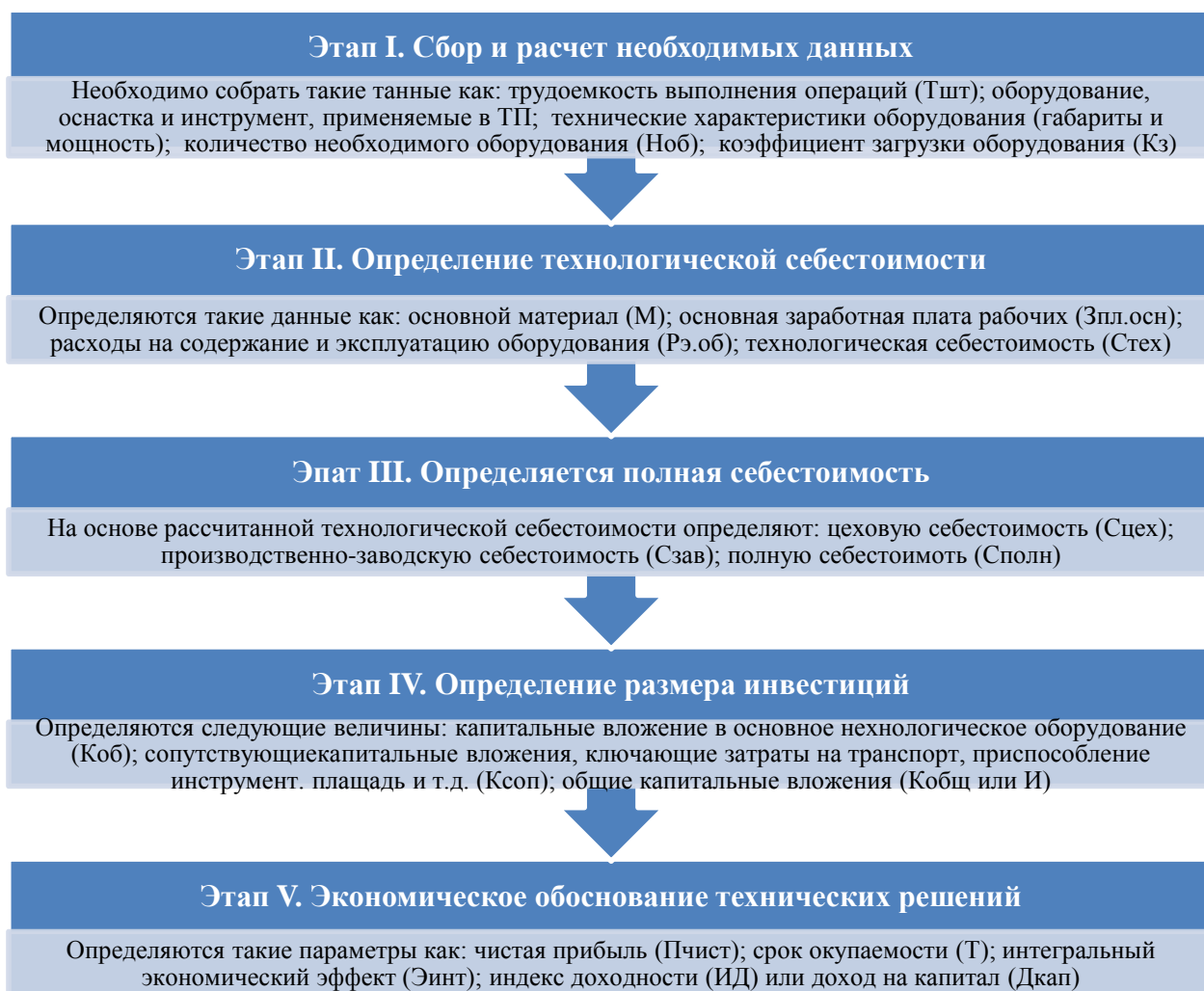


Рисунок 4 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

Как видно из рисунка 4, алгоритм предполагает выполнение пяти этапов, каждый из которых имеет обязательные расчеты ряда параметров. Подробная методика расчета этих параметров представлена в учебно-методическом пособии по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы [11].

Далее согласно описанному алгоритму необходимо провести описание каждого этапа и выполнение соответствующих расчетов.

Этап I. Сбор и расчет необходимых данных. Этот этап предполагает, на основе технологического процесса и его изменений, сбор таких данных, как стоимость оборудования, оснастки и инструмента, а так же площадь и мощность данного оборудования. Кроме этого необходимо произвести расчеты по определению количества оборудования и его загрузки.

В качестве исходных данных представим краткое описание изменений технологического процесса изготовления детали в виде рисунка 5.

<p align="center"><b>Базовый вариант технологического процесса токарной операции 010 и фрезерной операции 030</b></p>	<p align="center"><b>Проектный вариант технологического процесса токарной операции 010 и фрезерной операции 030</b></p>
<p><b>•Операция 010:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•<u>Оборудование</u> – токарно-винторез-ный станок с ЧПУ, модель 16K20Ф3.</li> <li>•<u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый.</li> <li>•<u>Инструмент</u> – резец токарный контурный, Т5К10; резец расточной, Т5К10</li> <li>•<u>Трудоемкость</u> – Тшт = 1,38 мин, То = 0,58 мин</li> </ul> <p><b>•Операция 030:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•<u>Оборудование</u> – фрезерный станок с ЧПУ, модель 6550Ф3.</li> <li>•<u>Оснастка</u> – патрон цанговый с ручным зажимом</li> <li>•<u>Инструмент</u> – фреза концевая Ø10, Р6М5</li> <li>•<u>Трудоемкость</u> – Тшт = 5,74 мин, То = 4,85 мин</li> </ul>	<p><b>•Операция 010:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•<u>Оборудование</u> – токарный станок с ЧПУ, модель SAMAT 400ХС.</li> <li>•<u>Оснастка</u> – патрон 3-хкулачковый</li> <li>•<u>Инструмент</u> – резец контурный специальный GC4225 «Sandvik»; резец расточной, TNMX160404WF GC4225 «Sandvik»</li> <li>•<u>Трудоемкость</u> – Тшт = 0,93 мин, То = 0,23 мин</li> </ul> <p><b>•Операция 030:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•<u>Оборудование</u> – обрабатывающий центр с ЧПУ, модель 500Н.</li> <li>•<u>Оснастка</u> – патрон цанговый механизированный</li> <li>•<u>Инструмент</u> – фреза концевая GC1640 «Sandvik»</li> <li>•<u>Трудоемкость</u> – Тшт = 4,56 мин, То = 3,76 мин</li> </ul>

Рисунок 5 – Краткое описание изменений технологического процесса

Как видно из рисунка 5, изменениям подвергается модель оборудования и применяемый инструмент. Так как в процессе предложенного технического решения материал и способ получения заготовки не изменены, поэтому в дальнейшем, расчеты, применяемые для определения стоимости материалов, будут исключены. Это связано с тем, что в обоих вариантах расходы на материалы останутся одинаковыми и на конечный результат расчетов влияния не окажут.

Этап II. Определение технологической себестоимости. Данный этап позволяет произвести расчеты слагаемых технологической себестоимости: расходов на материал, заработную плату рабочих и операторов, социальных отчислений и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

Применение необходимой методики, в совокупности с программным обеспечением Microsoft Excel, позволяет получить числовые параметры всех необходимых значений для написания соответствующих выводов, как по данному этапу, так и по всем последующим.

Результаты выполнения этапа II представлены на рисунке 6.

Анализируя рисунок 6 можно сделать вывод о том, что в проектируемом варианте все расходы представленных параметров снижаются. Такие изменения позволяют в итоге достичь уменьшения технологической себестоимости на 21,53%.

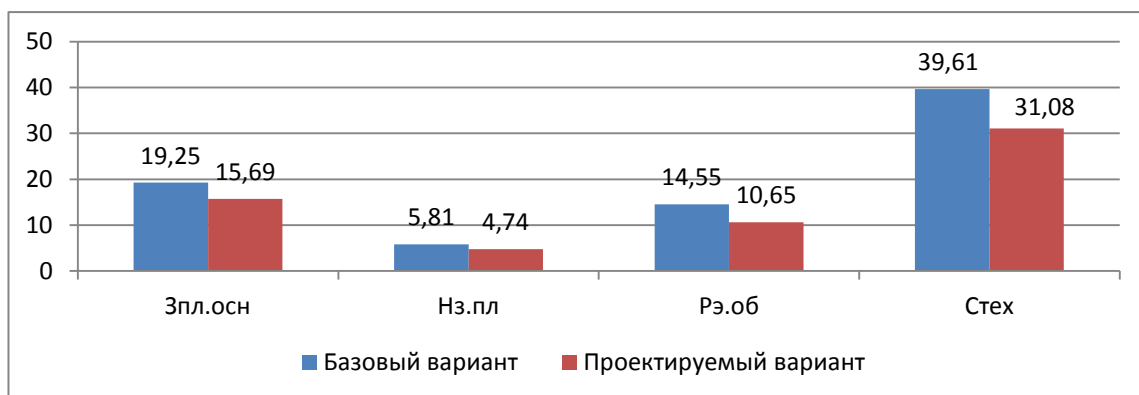


Рисунок 6 – Формирование технологической себестоимости токарной операции 010 и фрезерной операции 030 по вариантам, руб.

Этап III. Определение полной себестоимости. В рамках данного этапа последовательно определяются такие виды себестоимости как: цеховая, производственная и полная.

Результаты выполнения этапа III представлены на рисунке 7. Анализируя методику расчета полной себестоимости, можно сказать, что основой для ее определения является величина технологической себестоимости. Поэтому, чтобы показать связь между перечисленными видами себестоимости, на этом рисунке представлены все их виды.

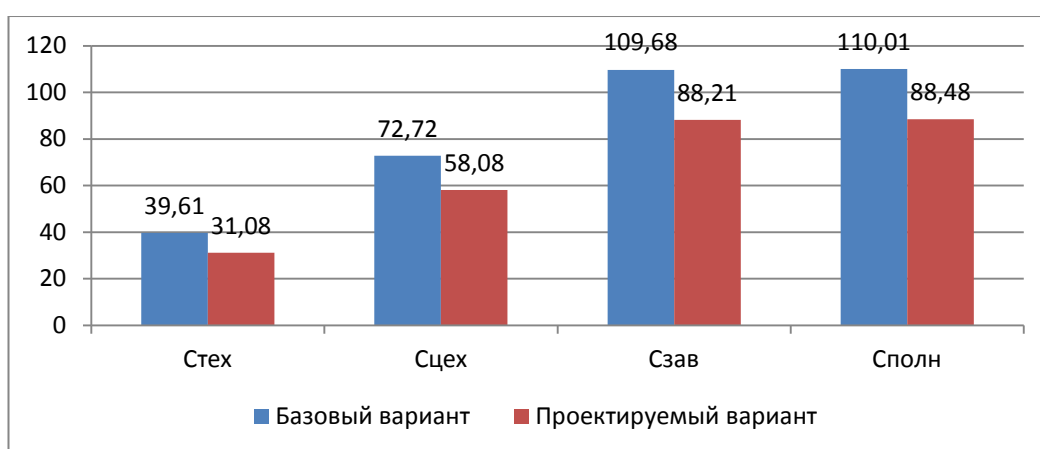


Рисунок 7 – Формирование полной себестоимости токарной операции 010 и фрезерной операции 030 по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 7, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость токарной операции 010 и фрезерной операции 030 проектируемого процесса уменьшилась на 21,53 рубля, что составляет 19,57%.

Этап IV. Определение инвестиций. Этот этап позволяет определить необходимый объем инвестиций, который потребуется для осуществления предложенных совершенствований технологического процесса.

Результаты выполнения этапа IV представлены на рисунке 8.

Как видно из рисунка 8, инвестиции потребуются на: закупку оборудования ( $K_{OB}$ ); доставку и монтаж оборудования ( $K_M$ ); проектирование ( $Z_{ПР}$ ), приспособление ( $K_{ПР}$ ), инструмент ( $K_{И}$ ), производственную площадь



( $K_{Э.пл}$ ); корректировку управляющей программы ( $K_A$ ) и незавершенное производство ( $НЗП$ ). Учитывая размеры перечисленных параметров, общий объем инвестиций ( $I$ ) составит 44073,11 рублей.

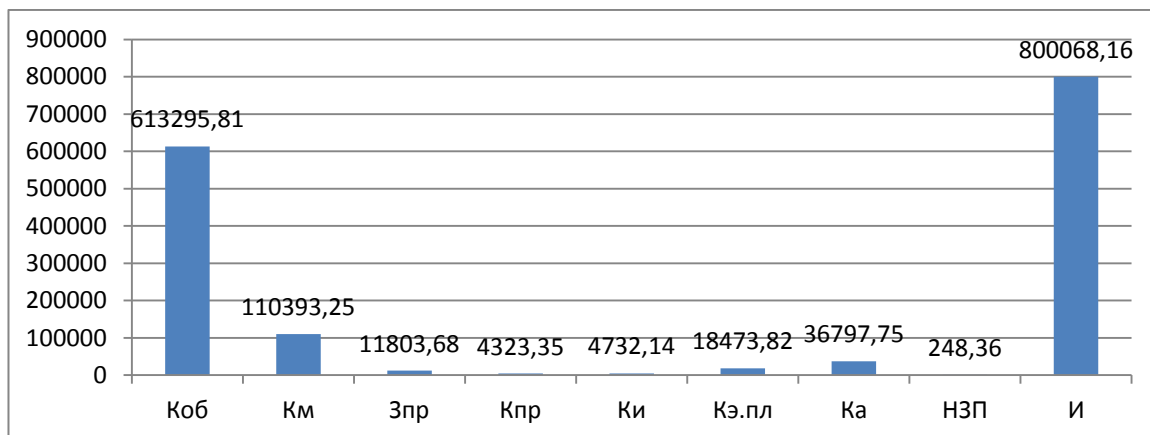


Рисунок 8 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных токарной операции 010 и фрезерной операции 030, руб.

Этап V. Экономическое обоснование изменений технологического процесса. На данном этапе выполняются все необходимые расчеты, связанные с определением срока окупаемости инвестиций и прибыльности предлагаемых технических решений.

Из всех перечисленных параметров данного этапа, описанных в рисунке 4 (алгоритм определения экономической эффективности технологических решений), наибольший интерес для итоговых выводов представляют величина интегрального экономического эффекта.

Согласно проведенным расчетам, с учетом размера прибыли на заданную программу выпуска и размера инвестиций, интегральный экономический эффект составит 4401,45 рубля при 5 годах окупаемости инвестиций. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

Выполнение данного раздела позволило оценить экономическую эффективность спроектированной технологии.

## Заключение

Выполнение работы позволило достигнуть ее цели, которая заключается в разработке технологии изготовления, обеспечивающей выпуск полумуфты буровой лебедки соответствующей заданным показателям качества изготовления для всей годовой программы выпуска, при условии обеспечения минимальной стоимости изготовления.

Цель достигалась поэтапно, путем решения соответствующих задач, выявленных в ходе анализа исходных данных. На первом этапе решена задача проектирования технологического процесса изготовления, включающая в себя выбор и проектирование заготовки, выбор методов обработки, разработку технологических схем базирования, выбор средств технологического оснащения, определение режимов резания и проведение нормирования технологических операций, проектирование маршрутно-операционной технологии изготовления.

На втором этапе решена задача совершенствования спроектированного технологического процесса на основе выявления лимитирующих операций, их критического анализа и совершенствования, путем проектирования цангового приспособления и токарного резца.

На следующем этапе решена задача обеспечения производственной, пожарной и экологической безопасности путем анализа действующих на производстве опасных и вредных факторов, а также разработкой соответствующих мероприятий.

На заключительном этапе проектирования решена задача определения экономической эффективности. В результате подтверждена правильность принятых технических решений.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы спроектирован технологический процесс изготовления полумуфты буровой лебедки, а также рассмотрены мероприятия по совершенствованию предложенной технологии изготовления.

## Список используемых источников

1. Артамонов Е.В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов : монография / Е.В. Артамонов, Т.Е. Помигалова, М.Х. Утешев. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 152 с.
2. Афонькин М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
3. Безъязычный В.Ф. Технология машиностроения : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный, С.В. Сафонов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148334> (дата обращения: 10.04.2022).
4. 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.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2021. – 22 с.
6. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.
7. Зубарев Ю.М. Технология автоматизированного машиностроения. Проектирование и разработка технологических процессов : учебное пособие для вузов / Ю.М. Зубарев, А.В. Приемышев, В.Г. Юрьев. –2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 312 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/156390> (дата обращения: 24.04.2022).
8. Иванов А.С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие / А.С. Иванов, П.А. Давыденко, Н.П. Шамов. – М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 276 с.

9. Каталог продукции «Sandvik coromant». [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sandvik.coromant.com> (дата обращения: 23.04.2022).

10. Клепиков В.В. Технологическая оснастка: станочные приспособления: учеб. пособие / В.В. Клепиков. – Москва. : ИНФРА-М, 2019. – 345 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/765631> (дата обращения: 20.04.2022).

11. 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: 05.05.2022).

12. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 15.04.2022).

13. Назначение рациональных режимов резания при механической обработке: учебное пособие / В.М. Кишуров, М.В. Кишуров, П.П. Черников, Н. В. Юрасова. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 216 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/121986> (дата обращения: 24.04.2022).

14. Пелевин В.Ф. Метрология и средства измерений: учеб. пособие / В.Ф. Пелевин. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 273 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/774201> (дата обращения: 10.04.2022).

15. Проектирование металлообрабатывающих инструментов : учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А. Коротков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 256 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64341> (дата обращения: 28.04.2022).

16. 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: 08.04.2022).

17. Расторгуев Д. А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. «Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва». –ТГУ. – Тольятти : ТГУ, 2013. – 51 с.

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

19. Сергель Н.Н. Технологическое оборудование машиностроительных предприятий: учеб. пособие / Н. Н. Сергель. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2018. – 732 с.

20. Сибикин М.Ю. Современное металлообрабатывающее оборудование: справочник. / М.Ю. Сибикин, В.В. Непомилуев, А.Н. Семенов, М.В. Тимофеев. - Электрон. дан. – М. : Машиностроение, 2018. – 308 с.

21.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.

22.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.

23.Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 387 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545572> (дата обращения: 09.04.2022).

24.Химический состав и физико-механические свойства стали 20X [Электронный ресурс]. – URL: [https://metallischekiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/20X?](https://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/20X?) (дата обращения: 06.04.2022).



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тноз	Тшт
Т 19	392133 Резец расточной TNMX160404-WF GC4215 "Sandvik"; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.														
20															
А 21	XX XX XX 015 4110 Токарная														
Б 22	381101 Токарный САМАТ400ХС				3	18217	422	1Р	1	1	1	1200	1		0,94
О 23	Точить последовательно поверхности и торцы: 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 в размеры $\phi 50,326_{0,2}$ , $\phi 47_{0,1}$ .														
О 24	31,65 <sub>0,25</sub> , 32,8 <sub>0,1</sub> , 52,65 <sub>0,12</sub> , 54,75 <sub>0,12</sub> , 3 <sub>0,1</sub> , 1 <sub>0,1</sub> x 45°.														
Т 25	396171 Оправка цанговая; 392101 Резец контурный специальный GC4215 "Sandvik"; 392133 Резец														
Т 26	расточной TNMX160404-WF GC4215 "Sandvik"; 392115 Резец канавочный N123G2-0300-0001-CF GC1125														
Т 27	"Sandvik"; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 394253 Нутромер НМ-50 ГОСТ10-88.														
28															
А 29	XX XX XX 020 4110 Токарная														
Б 30	381101 Токарный САМАТ400ХС				3	18217	422	1Р	1	1	1	1200	1		0,8
О 31	Точить последовательно поверхности и торцы 1, 18 в размеры $\phi 30,49_{0,1}$ ; $54,75_{0,12}$ ; $45,6_{0,1}$ .														
Т 32	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392101 Резец контурный специальный GC4215 "Sandvik";														
Т 33	392133 Резец расточной TNMX160404-WF GC4215 "Sandvik"; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.														
34															
А 35	XX XX XX 025 4180 Протяжная														
Б 36	381751 Горизонтально-протяжной 7Б55 3				16458	422	1Р	1	1	1	1200	1		1,12	
О 37	Протянуть поверхности 19, 20 в размер $\phi 38_{0,1}$ ; $8_{0,05}$ .														
Т 38	396171 Опора шаровая; 392302 Протяжка шлицевая Р6М5 ГОСТ24818-81; 393400 Калибры.														
39															
А 40	XX XX XX 030 4262 Фрезерная														
Б 41	381631 Обрабатывающий центр 500VS 3				18632	422	1Р	1	1	1	1200	1		4,56	
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	Уг <sup>0</sup>	КР	КОД <sup>0</sup>	ЕН	а <sup>0</sup>	Кит <sup>0</sup>	Тлоз
0 69					Фрезеровать поверхности 2 и 3 в размер 47,6 <sup>±0,07</sup>	12,94 <sup>±0,07</sup>			12,87 <sup>±0,07</sup>			11,71 <sup>±0,07</sup>			11,64 <sup>±0,07</sup>	5°±10'
Т 70					396171 Патрон цанговый; 391801 Фреза концевая R216.24-10050BCC16P GC1640 Sandvik; 391801 Фреза											
Т 71					сферическая R216.53-0404ORAL40G GC1630 Sandvik; 391801 Фреза сферическая R216.53-1004ORAL40G											
Т 72					GC1620 Sandvik; 393311 Штангенциркуль ШЦ-3 ГОСТ 160-80; 393400 Калибр; 394253 Нутромер НМ-50											
Т 73					ГОСТ10-88.											
74																
А 75					XX XX XX 035 5130 Термическая.											
76																
А 77					XX XX XX 040 4133 Плоскошлифовальная.											
Б 78					381313 Плоскошлифовальный ЗЕ711В 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 2,98											
0 79					Шлифовать поверхности 1 и 14 в размер 54,55 <sup>±0,07</sup> .											
Т 80					396161 Плита магнитная ГОСТ 17519-81; 397712 Круг шлифовальный 1-500x40x127 23A46K5V											
Т 81					ГОСТ52781-2007; 393123 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.											
82																
А 83					XX XX XX 045 4130 Шлифовальная.											
Б 84					381313 Торцевкругло-шлифовальныйЗТ160 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,46											
0 85					Шлифовать поверхности 9 и 11 в размеры $\phi 50,038^{+0,016}$ , 32,55 <sup>±0,07</sup> .											
Т 86					396161 Оправка цанговая; 397712 Круг шлифовальный 3-500x40x127 23A46K5V ГОСТ52781-2007;											
Т 87					393123 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.											
88																
А 89					XX XX XX 050 4132 Внутршлифовальная											
Б 90					381312 Внутршлифовальный ЗК228Б 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 1,4											
0 91					Шлифовать поверхность 18 в размер $\phi 31,541^{+0,025}$ .											
МК																



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тноз	Тшт
Т 94	396171 Патрон цанговый ГОСТ 2877-80; 397712 Круг шлифовальный 1-32x40x10 23А46К7V														
Т 95	ГОСТ52781-2007; 394253 Нутромер НМ-50 ГОСТ10-88.														
96															
А 97	XX XX XX 055 4133 Плоскошлифовальная.														
Б 98	381313 Плоскошлифовальный ЗЕ711В 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 3,7														
О 99	Шлифовать поверхность 2 в размер 12,89 <sup>+0,07</sup> , 12,82 <sup>+0,07</sup> , 11,66 <sup>+0,07</sup> , 11,59 <sup>+0,07</sup> , 5 <sup>±10</sup> '.														
Т 100	396171 Патрон цанговый ГОСТ 2877-80; 397712 Круг шлифовальный 1-400x8x127 23А46К5V														
Т 101	ГОСТ52781-2007; 393400 Калибр.														
102															
А 103	XX XX XX 060 4130 Шлифовальная.														
Б 104	381313 Торцевкругло-шлифовальный ЗТ160 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 0,72														
О 105	Шлифовать поверхности 9 и 11 в размеры $\phi 50,008_{-0,046}$ , 32,55 <sub>-0,1</sub> .														
Т 106	396161 Оправка цанговая; 397712 Круг шлифовальный 3-500x40x127 24А50К6V 30м/с1А ГОСТ52781-														
Т 107	2007; 393123 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.														
108															
А 109	XX XX XX 065 4132 Внутришлифовальная														
Б 110	381312 Внутришлифовальный ЗК228Б 3 18873 422 1Р 1 1 1 1200 1 3,4														
О 111	Шлифовать поверхность 18 в размер $\phi 31,541_{+0,025}$ , 54,5 <sub>-0,12</sub> .														
Т 112	396171 Патрон цанговый ГОСТ 2877-80; 397712 Круг шлифовальный 1-32x40x10 24А50К6V 30м/с1А														
Т 113	ГОСТ52781-2007; Круг шлифовальный 6 -40x25x13 24А50К6V 30м/с1А ГОСТ52781-2007 23А46К7V														
114	ГОСТ52781-2007; 394253 Нутромер НМ-50 ГОСТ10-88.														
115															
А 116	XX XX XX 070 4133 Плоскошлифовальная.														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тноз
Б 117	381313				Плоскошлифовальный ЭЕ711В	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1		9,3
О 118	Шлифовать поверхность 2 в размер 12,86 <sup>+0,07</sup> 12,79 <sup>+0,07</sup> 11,63 <sup>+0,07</sup> 11,56 <sup>+0,07</sup> 5°±10'															
Т 119	396171 Патрон цанговый ГОСТ 2877-80; 397712 Круг шлифовальный 1-400x8x127 24A50K6V															
Т 120	ГОСТ52781-2007; 393400 Калибр.															
121																
А 122	XX XX XX 075 4191 Полировальная															
Б 123	381337				Полировальный ДШ-99	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1		11
О 124	Полировать поверхность 11 в размер $\phi 50_{-0,025}$															
Т 125	396171 Оправка разжимная цанговая; 397110 Лента полировальная Р400 ГОСТ 3647-2004; 393123															
Т 126	Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.															
127																
А 128	XX XX XX 080 Моечная															
129																
А 130	XX XX XX 085 Контрольная															
131																
132																
133																
134																
135																
136																
137																
138																
139																
МК																



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	<i>Каширкин</i>												
Проверил	<i>Козлов</i>												
Н.контр.										Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
													<i>010</i>
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
<i>Токарная</i>		<i>Сталь 20Х ГОСТ 4543-71</i>		<i>НВ 210</i>	<i>166</i>	<i>0,59</i>	<i>φ72,4x57,3</i>			<i>0,95</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		т <sub>а</sub>	т <sub>б</sub>	т <sub>в</sub>	т <sub>ш</sub>	СОЖ					
<i>SAMAT400XC</i>				<i>0,23</i>			<i>0,93</i>	<i>Ужиднол-1</i>					
			пи	д	ц	л	т	и	с	п	в		
<i>01</i>	<i>1. Установить заготовку</i>												
<i>Т.02</i>	<i>396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ2675-80; 392101Резец контурный специальный GC4225"Sandvik";</i>												
<i>03</i>	<i>392133Резец расточной TNMX160404-WF GC4215 "Sandvik".</i>												
<i>04</i>	<i>2. Точить последовательно поверхности и торцы: 6, 7, 8, 9, 11, 14, 16, 17, 18 выдерживая размеры</i>												
<i>05</i>	<i>согласно эскиза.</i>												
<i>Р.06</i>		<i>1</i>				<i>3,0</i>		<i>0,2</i>	<i>2300</i>	<i>510</i>			
<i>Р.07</i>		<i>2</i>				<i>3,0</i>		<i>0,2</i>	<i>2500</i>	<i>300</i>			
<i>08</i>	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, положить на тележку.</i>												
<i>09</i>													
<i>10</i>													



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.118-82										Форм 1		
Дубл.												
Взам.												
Подп.												
Разраб.	<i>Каширкин</i>											
Проверил	<i>Козлов</i>											
Н.контр.	<i>Полумуфта</i>											
Цех	Уч.	Р.М.	Опер. 030									
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД
<i>Фрезерная</i>		<i>Сталь 20Х ГОСТ 4543-71</i>		<i>НВ 210</i>		<i>166</i>	<i>0,59</i>	<i>φ72,4x57,3</i>			<i>0,95</i>	<i>1</i>
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		т <sub>0</sub>	т <sub>б</sub>	т <sub>пв</sub>	т <sub>шп</sub>	СОЖ				
<i>Обрабатывающий центр 500VS</i>				<i>3,76</i>			<i>4,56</i>	<i>Укранол-1</i>				
		п	и	д	ц	л	т	и	с	п	в	
01	<i>1. Установить заготовку</i>											
T <sub>ф</sub>	<i>396171 Патрон цанговый; 391801 Фреза концевая R216.24-10050BCC16P GC1640Sandvik; 391801 Фреза сферическая R216.53-0404ORAL4.0G GC1630Sandvik; 391801 Фреза сферическая R216.53-1004ORAL4.0G GC1620 Sandvik.</i>											
02	<i>2. Фрезеровать поверхности 2, 3 выдерживая размеры согласно эскиза.</i>											
P <sub>ф</sub>		1					9,39	0,011	7600	120		
P <sub>ф</sub>		2					0,15	0,05	10300	130		
P <sub>ф</sub>		3					0,1	0,08	12000	150		
03	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.</i>											
10												



Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат Зона Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		<u>Документация</u>		
A1	22.БР.ОТМП.288.065.00.000СБ	Сборочный чертеж		
		<u>Детали</u>		
A2	1 22.БР.ОТМП.288.065.00.001	Корпус	1	
A2	2 22.БР.ОТМП.288.065.00.002	Корпус цанги	1	
A3	3 22.БР.ОТМП.288.065.00.003	Цанга	1	
A4	4 22.БР.ОТМП.288.065.00.004	Втулка	4	
A2	5 22.БР.ОТМП.288.065.00.005	Опора	1	
A4	6 22.БР.ОТМП.288.065.00.006	Тяга	1	
A4	7 22.БР.ОТМП.288.065.00.007	Шток	1	
A3	8 22.БР.ОТМП.288.065.00.008	Корпус пневмоцилиндра	1	
A4	9 22.БР.ОТМП.288.065.00.009	Поршень	1	
A4	10 22.БР.ОТМП.288.065.00.010	Крышка пневмоцилиндра	1	
		<u>Стандартные изделия</u>		
	11	Винт М8х50 ГОСТ17476-84	4	
	12	Пружина ГОСТ13766-86	1	
	13	Винт М8х30 ГОСТ17476-84	8	
	14	Винт М5х18 ГОСТ17476-84	8	
	15	Кольцо ГОСТ 1567-68	2	
	16	Демпфер ГОСТ8754-79	2	
	17	Кольцо ГОСТ 1567-68	2	
	18	ГайкаМ20х15ГОСТ 15522-70	1	
<b>22.БР.ОТМП.288.065.00.000</b>				
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб. Кашуркин				
Проб. Козлов				
Н.контр. Козлов				
Утв. Логинов				
<b>Приспособление станочное</b>			Лит. 1	Листов 2
			<b>ТГУ, ТМдп-1702а</b>	
Копировал			Формат А4	



