

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

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

Технология машиностроения
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления поршня-рейки зажимного механизма станочного приспособления

Обучающийся	<u>Ю.О. Мацупа</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>И.В. Резникова</u> (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)	<u>_____</u>

Тольятти 2023

Аннотация

Тема работы: Технологический процесс изготовления поршня-рейки зажимного механизма станочного приспособления.

Цель работы – обеспечить выпуск годовой программы выпуска деталей требуемого качества путем проектирования технологического процесса ее изготовления, обеспечивающего минимальные экономические затраты.

«Структура работы включает пояснительную записку в объеме 60 страниц и графическую часть в объеме 7 листов формата А1» [7].

«В работе проанализированы исходные данные» [7]. В частности, проведен анализ условий эксплуатации детали и ее назначения, основных характеристик типа производства. Результат данного анализа оформлен в виде задач, решение которых позволило достичь цели работы. На первом этапе решены задачи, связанные с проектированием технологического процесса изготовления детали. «А именно, выбран метод получения заготовки, исходя из особенностей материала детали и типа производства, проведено ее проектирование» [7]. «Разработан план изготовления детали на основе типового технологического процесса» [7]. Выбраны средства технологического оснащения в соответствии с серийностью производства. «Решены задачи определения параметров технологических операций путем определения режимов резания и норм времени на их выполнение» [7]. На следующем этапе спроектированы средства оснащения технологического процесса, позволяющие решить основные проблемы лимитирующей фрезерной операции. Проектирование станочного приспособления сократило вспомогательное время на выполнение операции, а проектирование фрезы позволило использовать более интенсивные режимы резания. Далее решены задачи обеспечения безопасности выполнения технологического процесса. «На заключительном этапе определены экономические показатели технологического процесса с учетом решений по его совершенствованию» [7].

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	5
1.1 Анализ назначения и условий эксплуатации детали.....	5
1.2 Анализ технологичности детали	6
1.3 Анализ характеристик типа производства.....	7
1.4 Формулировка задач работы.....	9
2 Разработка технологической части	10
2.1 Выбор и проектирование заготовки.....	10
2.2 Проектирование плана изготовления детали	18
2.3 Выбор средств технологического оснащения	20
2.4 Расчет режимов резания и нормирование	23
3 Проектирование специальных средств оснащения	25
3.1 Проектирование станочного приспособления	25
3.2 Проектирование фрезы	30
4 Безопасность и экологичность технического объекта	34
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	34
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	34
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	37
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	40
4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта	41
5 Экономическая эффективность работы	42
Заключение	46
Список используемой литературы и используемых источников.....	47
Приложение А Технологическая документация.....	50
Приложение Б Спецификации к сборочным чертежам	59

Введение

Станочные приспособления в современном производстве должны отвечать ряду требований. Обеспечивать требуемую точность установки, надежность, быстродействие, механизацию процесса закрепления и ряд других. Механизация процесса закрепления обеспечивается путем применения соответствующего зажимного механизма и привода. Один из вариантов исполнения такого механизма заключается в использовании реечного механизма. При этом такой механизм получается достаточно компактным и обеспечивает хорошее быстродействие. Кроме того, в конструкции можно применить поршень с нарезанными на выходном конце зубьями рейки, что существенно упростит конструкцию и сделает ее еще более компактной за счет исключения промежуточных звеньев между приводом и рейкой. Степень ответственности данной детали достаточно высока. В связи с этим необходимо строго выполнять все требования конструкторской документации при изготовлении детали.

Актуальность выбранной темы выпускной квалификационной работы объясняется необходимостью проектирования соответствующего технологического процесса изготовления поршня-рейки зажимного механизма станочного приспособления, отвечающего всем выше перечисленным требованиям. В ходе проектирования технологического процесса также необходимо обеспечить максимальную эффективность производства, как с технической, так и с экономической точки зрения. Это возможно достичь только путем применения средств производства и методик проектирования, соответствующих типу производства.

Исходя из приведенных соображений, цель работы можно сформулировать следующим образом – обеспечить выпуск годовой программы выпуска деталей требуемого качества путем проектирования технологического процесса ее изготовления, обеспечивающего минимальные экономические затраты.

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ назначения и условий эксплуатации детали

Поршень-рейка является основной деталью зажимного механизма станочного приспособления, так как выполняет сразу несколько функций. Во-первых, исполняет роль поршня, то есть преобразует энергию гидравлической жидкости в поступательное движение. Во-вторых, обеспечивает преобразование поступательного движения во вращательное движение шестерни зажимного механизма. Поршень-рейка устанавливается в направляющей корпуса приспособления. Давление, создаваемое в гидроцилиндре, воздействует на одну из торцовых поверхностей поршня, в результате он перемещается в направляющей и передает движение на шестерню зубчатой поверхностью, выполненной на нем рейки.

Условия эксплуатации детали во многом зависят от операции, на которой применяется станочное приспособление. Влияние внешних климатических факторов практически исключено, так как станочные приспособления работают в производственных помещениях, где поддерживается определенный микроклимат. Выполнение ряда технологических процессов сопровождается возникновением вибраций и ударных нагрузок, что может привести к повышенному износу трущихся поверхностей детали. Наиболее подвержена износу поверхность поршня, контактирующая с направляющим отверстием, так как именно эта поверхность работает в условиях повышенного трения. Поверхность рейки в процессе эксплуатации подвержена знакопеременным нагрузкам. Стоит учитывать, что в процессе механической обработки для охлаждения зоны резания используются агрессивные химические вещества, попадание которых на поверхности детали приводит к их ускоренному износу. Следовательно, условия эксплуатации поршня-рейки достаточно агрессивные.

1.2 Анализ технологичности детали

Технологичность детали определяется по группам критериев [7].

Первый и наиболее важный критерий технологичность материала детали. Деталь предполагается изготавливать из 40Х ГОСТ4543-71. Для оценки технологичности данного материала рассмотрим его характеристики. «Химический состав: углерод от 0,36% до 0,44%, хром от 0,8% до 1,1%, кремний от 0,17% до 0,37%, марганец от 0,5% до 0,8%, никель до 0,3%, сера до 0,035%, фосфор до 0,035%, медь до 0,3%, железо около 97%» [22]. «Предел прочности на растяжение 655 МПа, предел текучести на растяжение 490 МПа, относительное удлинение 15%, относительное сужение 45%» [22]. Материал выбран исходя из служебного назначения детали, а его характеристики полностью соответствуют данному назначению. Как видно из характеристик, «материал обладает неудовлетворительными литейными свойствами, но хорошими пластическими» [22]. «Это определяет выбор метода получения заготовки в пользу методов штамповки» [7], характеризующихся возможностью получения минимальных припусков на обработку. Обрабатываемость резанием можно оценить соответствующим коэффициентом, который для быстрорежущего инструмента равен 0,91, а для твердосплавного инструмента 0,95.

Второй критерий технологичность конфигурации детали. Выполнение оценки технологичности конфигурации детали произведем на основании ее чертежа представленного в графической части работы. Деталь имеет достаточно простой профиль. Поверхность поршня является наиболее технологичным элементом, так как образована простыми поверхностями. Имеется торцевая канавка, что затрудняет ее получение. Получение поверхности рейки может вызвать трудности, так как для этого потребуются специальные средства оснащения. В целом конфигурация детали и размеры поверхностей не потребуют применения специальных методов для их получения.

Третий критерий технологичности механическая обработка. Точность поверхностей детали и параметры их качества могут быть обеспечены стандартными методами обработки с применением стандартного технологического оснащения. Значительное количество поверхностей не требуют механической обработки. Имеется незначительное количество точных поверхностей, получение которых потребует применения чистовой обработки с применением средств технологического оснащения высокой точности. Базирование заготовки может быть осуществлено применением стандартных схем базирования с реализацией стандартными станочными приспособлениями. Некоторые сложности при базировании могут возникнуть из-за сложной формы ряда поверхностей детали. На основании проведенного анализа делаем вывод, что деталь отвечает требованиям технологичности по всем группам критериев.

1.3 Анализ характеристик типа производства

Определим тип производства с целью проведения его дальнейшего анализа. Для этого по чертежу определяем массу детали. Получаем массу равную 0,9 кг. Тип производства определяется исходя из годовой программы выпуска детали, составляющей 7000 штук в год. Из полученных данных следует, что тип производства среднесерийный [13]. Проводим анализ среднесерийного типа производства с целью использования полученных данных для формулирования задач работы и проектирования технологии изготовления [13].

Производство формируется по не поточной форме организации с выпуском деталей партиями, повторяющимися в течении периода планирования. Оборудование на производственных участках располагается по группам. «Технологический процесс проектируется на основе типовых технологических процессов деталей данного типа» [13]. Точность размеров обеспечивается путем настройки станков на заданные размеры. Оформление

технологического процесса производится в виде маршрутной карты. На наиболее сложные и ответственные операции оформляются операционные карты. Заготовки должны иметь контуры и размеры, наиболее приближенные к контурам и размерам готовых деталей. «Метод получения заготовки выбирается путем экономического обоснования с учетом марки материала детали» [13]. «Метод определения припусков на обработку назначается исходя из требуемой точности обработки» [13]. «Для точных поверхностей применяется эмпирический метод» [13], для остальных поверхностей статистический метод.

Технологические операции должны иметь последовательную или параллельно-последовательную структуру. Режимы резания на операции определяются расчетным методом и статистическим. В зависимости от ответственности операции и имеющихся данных. Нормирование выполняется на основе расчетного метода. Схемы базирования операций желательно использовать типовые с соблюдением принципов единства и постоянства баз.

Технологическое оборудование должно обеспечивать реализацию требуемой структуры операции, отвечать требованиям по точности изготовления, обеспечивать требуемую гибкость. Предпочтительным является использование универсального оборудования, оснащенного системами числового управления и адаптивными системами управления. Металлорежущий инструмент должен обеспечивать требуемые режимы обработки, параметры поверхностного слоя и точность, обладать заданной стойкостью. Предпочтительным является использование универсального режущего инструмента. В случае необходимости допускается использование специального режущего инструмента. Станочные приспособления должны обеспечивать требуемую на операции схему базирования, заданное быстродействие и требуемую точность установки, обладать высокой степенью механизации и автоматизации. Предпочтительным является использование универсальных и сборно-разборных станочных

приспособлений. В случае необходимости допускается использование специальных станочных приспособлений. Средства контроля должны обеспечивать требуемую точность контроля, быстродействие, не повреждать контролируемые поверхности. Предпочтительным является использование универсальных средств контроля, выдающих результат в цифровом виде. В случае необходимости допускается использование специальных средств контроля и средств контроля, выдающих результат в относительном виде.

1.4 Формулировка задач работы

Формулируем задачи работы на основе анализа, проведенного выше и с учетом ее цели.

На первом этапе необходимо решить задачи, связанные с проектированием технологического процесса изготовления детали. «Выбрать метод получения заготовки, исходя из особенностей материала детали и типа производства, провести ее проектирование» [7]. «Разработать план изготовления детали на основе типового технологического процесса» [7]. «Выбрать средства технологического оснащения» [7] в соответствии с серийностью производства. «Определить параметры технологических операций путем расчета режимов резания и норм времени на их выполнение. На следующем этапе необходимо решить проблемы лимитирующей фрезерной операции путем проектирования средств оснащения» [7]. «Далее необходимо решить задачи обеспечения безопасности выполнения технологического процесса и его экологичности. На заключительном этапе необходимо определить экономические показатели технологического процесса с учетом решений по его совершенствованию» [7].

«В первом разделе проанализированы исходные данные» [7]. В частности, проведен анализ условий эксплуатации детали и ее назначения, основных характеристик типа производства. Результат данного анализа оформлены в виде задач, решение которых позволит достичь цели работы.

2 Разработка технологической части

2.1 Выбор и проектирование заготовки

Метод получения заготовки выбирается путем экономического обоснования с учетом марки материала детали. Заготовки должны иметь контуры и размеры, наиболее приближенные к контурам и размерам готовых деталей. Проанализировав все имеющиеся данные по выбору заготовки, приходим к выводу, что для рассматриваемой детали следует выполнить экономическое сравнение методов литья и штамповки [8].

«Общие затраты определяются по формуле:

$$C_i = C_{zi} + C_{обри}, \quad (1)$$

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

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

i – индекс варианта получения заготовки» [8].

«Стоимость получения заготовки рассчитывается по формуле:

$$C_{zi} = \frac{C_{mi} \cdot M_{zi}}{1000} \cdot K_{сп} \cdot K_T \cdot K_{сл}, \quad (2)$$

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

M_{zi} – масса заготовки, кг;

$K_{сп}$ – коэффициент, определяемый способом получения заготовки;

K_T – коэффициент, определяемый необходимой точностью заготовки;

$K_{сл}$ – коэффициент, определяемый сложностью получения заготовки» [8].

«Расчет массы заготовки выполняется по формуле:

$$M_{3i} = M_d \cdot K_p, \quad (3)$$

где M_d – масса детали, кг;

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

«Индекс метода получения заготовки принимаем 1 для заготовки, полученной штамповкой, 2 для заготовки, полученной литьем» [8].

«Выполняем расчеты.

$$M_{31} = 0,9 \cdot 1,38 = 1,24 \text{ кг.}$$

$$M_{32} = 0,9 \cdot 1,52 = 1,37 \text{ кг} \gg [8].$$

«Стоимость получения заготовки по формуле (2) равна.

$$C_{31} = \frac{24500 \cdot 0,9}{1000} \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 17,64 \text{ р.}$$

$$C_{32} = \frac{24500 \cdot 0,9}{1000} \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 19,9 \text{ р} \gg [8].$$

«Стоимость механической обработки рассчитывается по формуле:

$$C_{обри} = \frac{C_{уд} \cdot \left(\frac{1}{K_{имi}} - 1\right) \cdot M_d}{K_o}, \quad (4)$$

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

$K_{имi}$ – коэффициент использования материала;

K_o – коэффициент обрабатываемости материала» [8].

«Коэффициент использования материала рассчитывается по формуле:

$$K_{имi} = \frac{M_d}{M_3}. \quad (5) \gg [8].$$

Выполняем расчеты.

$$K_{им1} = \frac{0,9}{1,24} = 0,73.$$

$$K_{им2} = \frac{0,9}{1,37} = 0,67.$$

«Стоимость механической обработки по формуле (4) равна.

$$C_{\text{обр}1} = \frac{180 \cdot \left(\frac{1}{0,73} - 1\right) \cdot 0,9}{1,0} = 59,92 \text{ р.}$$

$$C_{\text{обр}2} = \frac{180 \cdot \left(\frac{1}{0,67} - 1\right) \cdot 0,9}{1,0} = 79,79 \text{ р.} \gg [8].$$

Общие затраты по формуле (1) составят.

$$C_1 = 17,64 + 59,92 = 77,56 \text{ р.}$$

$$C_2 = 19,90 + 79,79 = 99,69 \text{ р.}$$

Штамповка имеет лучшие экономические показатели. Будем проектировать заготовку для данного метода получения.

Алгоритм проектирования заготовки следующий: определяются маршруты обработки поверхностей, затем определяются припуски на механическую обработку и напуски, формируется контур заготовки путем прибавления к контуру детали припусков и напусков, определяются параметры заготовки, выполняется рабочий чертеж заготовки [9].

Маршрут обработки поверхностей формируется из условия обеспечения минимальных затрат на механическую обработку при получении требуемых параметров точности обработки и качества поверхностного слоя с учетом характеристик материала детали. Методика выбора маршрута обработки и необходимые данные подробно приведены в литературе [14]. Для формирования маршрута обработки на рисунке 1 представлен эскиз детали с пронумерованными поверхностями.

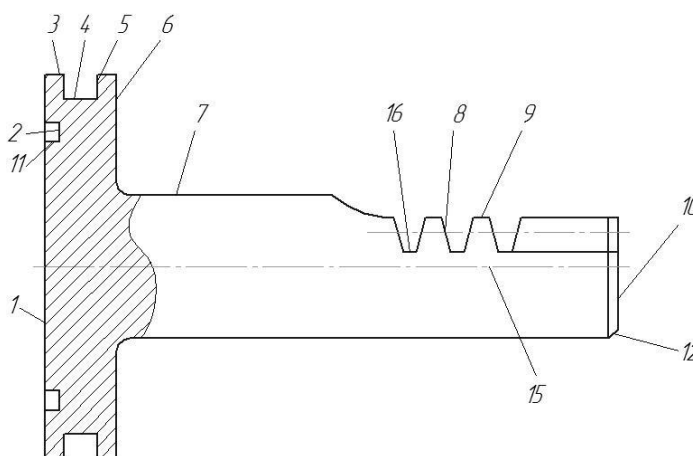


Рисунок 1 – Эскиз поршня-рейки

«Маршруты обработки поверхностей, сформированные с использованием указанной методики, представлены в таблице 1» [7].

Таблица 1 – Маршруты обработки поверхностей

Поверхности	Тип поверхности	Квалитет	Шероховатость, мкм	Маршрут обработки
1	плоская	14	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [14]
2	плоская	14	12,5	«точение, термическая обработка» [14]
3	цилиндрическая	6	0,8	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое» [14]
4	цилиндрическая	14	3,2	«точение, точение чистовое, термическая обработка» [14]
5	плоская	14	3,2	«точение, точение чистовое, термическая обработка» [14]
6	плоская	14	12,5	«точение, термическая обработка» [14]
7	цилиндрическая	6	0,8	«точение, точение чистовое, термическая обработка, шлифование, шлифование чистовое» [14]
8	эвольвента	8	1,25	«зубофрезерование, термическая обработка, зубошлифование» [14]
9	плоская	12	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [14]
10	плоская	14	12,5	«фрезерование, термическая обработка» [14]
11	цилиндрическая	14	6,3	«точение, термическая обработка» [14]
12	коническая	14	12,5	«точение, термическая обработка» [14]
13	внутренняя коническая	9	1,25	«сверление, термическая обработка, шлифование» [14]
14	внутренняя коническая	9	1,25	«сверление, термическая обработка, шлифование» [14]
16	плоская	14	12,5	«зубофрезерование, термическая обработка» [14]

«В соответствии с принятым алгоритмом затем определяем припуски на механическую обработку» [7]. «Метод определения припусков на

обработку назначается исходя из требуемой точности обработки» [13]. Для точных поверхностей применяется эмпирический метод, для остальных поверхностей статистический метод.

Наиболее точный размер детали диаметр $30f6(-0,020_{-0,033})$ мм. Расчет припусков для данного размера ведем по эмпирическому методу [20].

«Минимальные значения припусков определяются по формуле:

$$z_{i\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}, \quad (6)$$

где a – глубина суммарного дефектного слоя, мм;

Δ – суммарные пространственные отклонения, мм;

ε – погрешности установки заготовки на операции, мм;

i – индекс текущего перехода;

$i - 1$ – индекс предыдущего перехода» [20].

«Максимальные значения припусков определяются по формуле:

$$z_{i\max} = z_{i\min} + 0,5 \cdot (Td_{i-1} + Td_i), \quad (7)$$

где Td_i – допуски на выполнение размера на текущем переходе, мм;

Td_{i-1} – допуск на выполнение размера на предыдущем переходе, мм» [20].

«Средние значения припусков определяются по формуле:

$$z_{срi} = 0,5 \cdot (z_{i\max} + z_{i\min}). \quad (8) \text{» [20]}$$

«Выполняем расчеты припусков.

$$z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,300^2 + 0,025^2} = 0,601 \text{ мм.}$$

$$z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,045^2 + 0,025^2} = 0,252 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,030^2 + 0,012^2} = 0,263 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,150 + \sqrt{0,007^2 + 0,012^2} = 0,164 \text{ мм.}$$

$$z_{1max} = z_{1min} + 0,5 \cdot (Td_0 + Td_1) = 0,601 + 0,5 \cdot (0,9 + 0,25) = 1,176 \text{ мм.}$$

$$z_{2max} = z_{2min} + 0,5 \cdot (Td_1 + Td_2) = 0,252 + 0,5 \cdot (0,25 + 0,10) = 0,427 \text{ мм.}$$

$$z_{3max} = z_{3min} + 0,5 \cdot (Td_{T0} + Td_3) = 0,263 + 0,5 \cdot (0,160 + 0,062) = 0,374 \text{ мм.}$$

$$z_{4max} = z_{4min} + 0,5 \cdot (Td_3 + Td_4) = 0,164 + 0,5 \cdot (0,062 + 0,013) = 0,202 \text{ мм.}$$

$$z_{cp1} = 0,5 \cdot (z_{1max} + z_{1min}) = 0,5 \cdot (1,176 + 0,601) = 0,889 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = 0,5 \cdot (z_{2max} + z_{2min}) = 0,5 \cdot (0,427 + 0,252) = 0,340 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = 0,5 \cdot (z_{3max} + z_{3min}) = 0,5 \cdot (0,374 + 0,263) = 0,319 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = 0,5 \cdot (z_{4max} + z_{4min}) = 0,5 \cdot (0,202 + 0,164) = 0,183 \text{ мм} \gg [20].$$

«Минимальное значение операционного размера определяется по формуле:

$$d_{(i-1)min} = d_{imin} + 2 \cdot z_{imin}. \quad (9) \gg [20]$$

«Максимальное значение операционного размера определяется по формуле:

$$d_{(i-1)max} = d_{(i-1)min} + Td_{i-1}. \quad (10) \gg [20]$$

«Среднее значение операционного размера определяется по формуле:

$$d_{i\text{ cp}} = 0,5 \cdot (d_{imax} + d_{imin}). \quad (11) \gg [20]$$

«Для перехода предшествующего термической обработке

минимальный размер определяется по формуле:

$$d_{(TO-1)min} = d_{(i-1)min} \cdot 0,999. \quad (12) \gg [20]$$

«Выполняем расчеты операционных размеров.

$$d_{4min} = 29,967 \text{ мм.}$$

$$d_{4max} = 29,98 \text{ мм.}$$

$$d_{4cp} = 0,5 \cdot (d_{4max} + d_{4min}) = 0,5 \cdot (29,98 + 29,967) = 29,9735 \text{ мм.}$$

$$d_{3min} = d_{4min} + 2 \cdot z_{4min} = 29,967 + 2 \cdot 0,164 = 30,295 \text{ мм.}$$

$$d_{3max} = d_{3min} + Td_3 = 30,295 + 0,062 = 30,357 \text{ мм.}$$

$$d_{3cp} = 0,5 \cdot (d_{3max} + d_{3min}) = 0,5 \cdot (30,357 + 30,295) = 30,326 \text{ мм.}$$

$$d_{TO min} = d_{3min} + 2 \cdot z_{3min} = 30,295 + 2 \cdot 0,263 = 30,821 \text{ мм.}$$

$$d_{TO max} = d_{TO min} + Td_{TO} = 30,821 + 0,160 = 30,981 \text{ мм.}$$

$$d_{TO cp} = 0,5 \cdot (d_{TO max} + d_{TO min}) = 0,5(30,981 + 30,821) = 30,901 \text{ мм.}$$

$$d_{2min} = d_{TO min} \cdot 0,999 = 30,821 \cdot 0,999 = 30,790 \text{ мм.}$$

$$d_{2max} = d_{2min} + Td_2 = 30,790 + 0,100 = 30,890 \text{ мм.}$$

$$d_{2cp} = 0,5 \cdot (d_{2max} + d_{2min}) = 0,5 \cdot (30,890 + 30,790) = 30,840 \text{ мм}$$

$$d_{1min} = d_{2min} + 2 \cdot z_{2min} = 30,790 + 2 \cdot 0,252 = 31,294 \text{ мм.}$$

$$d_{1max} = d_{1min} + Td_1 = 31,294 + 0,250 = 31,544 \text{ мм.}$$

$$d_{1cp} = 0,5 \cdot (d_{1max} + d_{1min}) = 0,5 \cdot (31,544 + 31,294) = 31,419 \text{ мм.}$$

$$d_{0min} = d_{1min} + 2 \cdot z_{1min} = 31,544 + 2 \cdot 0,601 = 32,746 \text{ мм.}$$

$$d_{0max} = d_{0min} + Td_0 = 32,746 + 0,900 = 33,646 \text{ мм.}$$

$$d_{0cp} = 0,5(d_{0max} + d_{0min}) = 0,5(33,646 + 32,746) = 33,196 \text{ мм} \gg [20].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{min} = d_{0min} - d_{4max}. \quad (13) \gg [20]$$

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{max} = 2z_{min} + Td_0 + Td_4. \quad (14) \gg [20]$$

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{min} + 2z_{max}). \quad (15)» [20]$$

«Выполняем расчет общих припусков.

$$2z_{min} = 32,746 - 29,98 = 2,766 \text{ мм.}$$

$$2z_{max} = 2,766 + 0,900 + 0,013 = 3,679 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2,766 + 3,679) = 3,223 \text{ мм}» [20].$$

Статистический метод определения припусков заключается в определении минимальных припусков на обработку по статистическим таблицам точности, исходя из размеров и характеристик обрабатываемой поверхности, и максимальных припусков путем их расчета по формуле (7) [16]. Припуски для менее точных поверхностей, определенные по данному методу представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты по определению припусков

Номер поверхности	Переход	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм
1, 10	фрезерование черновое	1,8	3,225
15	шлифование	0,3	0,3405
	точение черновое	1,1	2,525
	точение чистовое	0,2	0,445
3	шлифование	0,25	0,343
	шлифование чистовое	0,06	0,0925
4	точение черновое	1,1	2,525
	точение чистовое	0,2	0,41
5	точение черновое	1,8	3,225
	точение чистовое	0,8	1,045
8	зубошлифование	0,15	0,1685

Следуя принятому алгоритму проектирования, «определяем параметры заготовки: класс точности 4, группа стали 2, степень сложности 2, исходный индекс 9, уклоны 7°, радиусы закруглений 3 мм, облой не более 1,2 мм, концентричность шеек не более 1 мм» [4].

«На заключительном этапе проектирования заготовки выполняем ее рабочий чертеж, представленный на листе графической части выпускной квалификационной работы» [7].

2.2 Проектирование плана изготовления детали

План изготовления является графическим отражением технологического процесса изготовления. «Проектирование плана изготовления в соответствии с характеристиками типа производства производится на основе типовых технологических процессов» [11]. За типовые примем технологические процессы, указанные в литературе [11].

Алгоритм проектирования плана изготовления следующий: формируем маршрут изготовления детали, разрабатываем для каждой операции эскиз ее выполнения, определяем схемы базирования на операциях, проставляем операционные размеры, определяем технические характеристики выполнения операций.

Формирование маршрута изготовления производится с учетом необходимости обеспечения последовательной и параллельно-последовательной структуры операций, а также рекомендаций [11]. Маршрут изготовления крышки приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Маршрут изготовления

Операция	Содержание операции	Номера поверхностей
005 Фрезерно-центровальная	фрезерование, сверление	1, 10, 13, 14
010 Токарная	точение	6, 7
015 Токарная	точение	2, 3, 4, 5, 11
020 Токарная	точение	7, 12
025 Токарная	точение	3, 4, 5, 11
030 Фрезерная	фрезерование	9
035 Зубофрезерная	зубофрезерование	8, 16
040 Зубофасочная	фрезерование	–
045 Термическая	закалка, отпуск	все
050 Центрошлифовальная	шлифование	13, 14

Продолжение таблицы 3

Операция	Содержание операции	Номера поверхностей
055 Шлифовальная	шлифование	7
060 Шлифовальная	шлифование	3
065 Шлифовальная	шлифование	7
070 Шлифовальная	шлифование	3
075 Зубошлифовальная	шлифование	8
080 Моечная	мойка	все
085 Контрольная	контроль	все

«Далее разрабатываем для каждой операции эскиз ее выполнения» [15] с учетом обеспечения требуемой концентрации переходов. Эскизы полученных операций приведены на листе графической части работы. Также на данном листе приведены «схемы базирования заготовок, разработанные на основе типовых схем базирования с учетом необходимости обеспечения принципов единства и постоянства баз и рекомендаций» [15].

«Далее проставляем операционные размеры с учетом припусков на выполнение последующих операций. Назначение технических требований выполняется с применением таблиц среднестатистической точности обработки. В технические требования входят: шероховатость, получаемая на операции, допуски на операционные размеры и отклонения форм и взаимного расположения поверхностей» [14].

Вся необходимая информация по формированию плана изготовления детали и назначению «технических требований на выполнение операции содержится в рекомендациях» [14].

«Кроме плана изготовления полученная информация используется при формировании маршрутной карты и операционных карт с картами эскизов, приведенных в приложении А «Технологическая документация»» [7].

2.3 Выбор средств технологического оснащения

Решение задачи выбора средств технологического оснащения существенно влияет на экономические показатели проектируемого техпроцесса. С целью обеспечения максимальной эффективности решения данной задачи следует придерживаться следующих рекомендаций.

Требования к технологическому оборудованию: реализация требуемой структуры операции, обеспечение требований точности изготовления, обеспечение требуемой гибкости производства. Предпочтительным является использование универсального оборудования, оснащенного системами числового управления и адаптивными системами управления. В случае необходимости допускается использование специализированного оборудования.

Требования к металлорежущему инструменту: обеспечение требуемых режимов обработки, параметров поверхностного слоя, точности обработки, заданной стойкости. Предпочтительным является использование универсального режущего инструмента. В случае необходимости допускается использование специального режущего инструмента.

Требования к станочным приспособлениям: реализация требуемой на операции схемы базирования, обеспечение заданного быстродействия и требуемой точности установки, высокая степень механизации и автоматизации. Предпочтительным является использование универсальных и сборно-разборных станочных приспособлений. В случае необходимости допускается использование специальных станочных приспособлений.

Требования к средствам контроля: обеспечение требуемой точности контроля, быстродействия, не повреждать контролируемые поверхности. Предпочтительным является использование универсальных средств контроля, выдающих результат в цифровом виде. В случае необходимости допускается использование специальных средств контроля и средств контроля, выдающих результат в относительном виде.

«Выбор средств технологического оснащения выполняем с использованием данных [2], [5], [6], [12], [18], [19], [21]. Результаты оформлены в таблице 4» [7].

Таблица 4 – Результаты выбора оборудования и технологической оснастки

Операция	Оборудование	Инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
005 Фрезерно-центровальная	«фрезерно-центровальный МР-71М» [18]	«фрезы торцевые ГОСТ 1695-80 Ø100 Т5К10, сверло центровочное А 6,3 ГОСТ 14952-80 Р6М5» [19]	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80, калибр контроля отверстия» [12]	«осевой упор, тиски самоцентрирующие» [6]
010 Токарная	«станок токарно-винторезный 16К20Ф3» [18]	«резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10» [19]	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80» [12]	«центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75, патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-73» [6]
015 Токарная	«станок токарно-винторезный 16К20Ф3» [18]	«резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10, резец канавочный ОСТ 2.И.010.1-83 Т5К10» [19]	«штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80» [12]	«центр подпружиненный А1-3-НП-ЧПУ ГОСТ 8742-75, патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-73» [6]
020 Токарная	«станок токарно-винторезный 16К20Ф3» [18]	«резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4» [19]	«микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78» [12]	«центр вращающийся ГОСТ 8742-75, патрон поводковый ГОСТ 2571-71» [6]
025 Токарная	«станок токарно-винторезный 16К20Ф3» [18]	«резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4, резец канавочный Т30К4» [19]	«микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78» [12]	«центр вращающийся ГОСТ 8742-75, патрон поводковый ГОСТ 2571-71» [6]
030 Фрезерная	горизонтальный фрезерный 6Р82Г	фреза цилиндрическая специальная Р6М5	«микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78» [12]	осевой упор, тиски пневматические специальные
035 Зубофрезерная	широкоуниверсальный фрезерный	фреза зубонарезная ГОСТ 9324-80	шаблон	«центр ГОСТ 2375-79, патрон поводковый» [6]

Продолжение таблицы 4

Операция	Оборудование	Инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
035 Зубофрезерная	6Р80Ш	Р6М5	–	ГОСТ 2571-71
040 Зубофасочная	«зубофасочный ВС-320А» [18]	«фреза специальная Р6М5» [19]	«шаблон» [12]	«центр плавающий ГОСТ 2375-79, патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-73» [6]
045 Термическая	печь термическая	–	–	–
050 Центрошлифовальная	«центрошлифовальный 3922» [18]	головка шлифовальная алмазная АГК ГОСТ 2447-82	шаблон	«центр неподвижный ГОСТ 8742-75, тиски самоцентрирующие» [6]
055 Шлифовальная	«круглошлифовальный 3У10В» [18]	«круг шлифовальный 1 500х50х305 23А46М8V35м/с 1А» [2]	«скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75» [12]	«центр неподвижный ГОСТ 8742-75, патрон поводковый ГОСТ 2571-71» [6]
060 Шлифовальная	«круглошлифовальный 3У10В» [18]	«круг шлифовальный 1 500х50х305 23А46М8V35м/с 1А» [2]	«скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75» [12]	«центр неподвижный ГОСТ 8742-75, патрон поводковый ГОСТ 2571-71» [6]
065 Шлифовальная	«круглошлифовальный 3У10В» [18]	«круг шлифовальный 1 500х50х305 24А80М5V35м/с 1А» [2]	«скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75» [12]	«центр неподвижный ГОСТ 8742-75, патрон поводковый ГОСТ 2571-71» [6]
070 Шлифовальная	«круглошлифовальный 3У10В» [18]	«круг шлифовальный 1 500х50х305 24А80М5V35м/с 1А» [2]	«скоба рычажная СР ГОСТ 11098-75» [12]	«центр неподвижный ГОСТ 8742-75, патрон поводковый ГОСТ 2571-71» [6]
075 Зубошлифовальная	«зубошлифовальный 5843» [18]	«круг шлифовальный 1 500х50х305 25А80М5V35м/с 1А» [2]	«шаблон» [12]	«центр неподвижный ГОСТ 8742-75, патрон поводковый ГОСТ 2571-71» [6]
080 Моечная	«моечная машина» [18]	–	–	–
085 Контрольная	«контрольный стол» [18]	–	–	«средства комплексного контроля» [6]

Приведенные в таблице 4 средства технологического оснащения полностью соответствуют выше описанным требованиям. Далее заносим данные по средствам технологического оснащения в технологическую документацию (приложение А «Технологическая документация»), а также используем их в дальнейшем при проектировании технологических операций.

2.4 Расчет режимов резания и нормирование

Расчет режимов резания и нормирование технологических операций определяют не только технические параметры технологического процесса, но и позволяет определить лимитирующие операции, которые, как правило, наиболее проблемные и требуют доработки.

Режимы резания на операции определяются расчетным методом [21] и статистическим [17]. В зависимости от ответственности операции и имеющихся данных. Нормирование выполняется на основе расчетного метода [15].

«Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{р.х.}}{S \cdot n}, \quad (16)$$

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

S – подача, мм/об» [15].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{р.х.} = l_1 + l_{рез} + l_2, \quad (17)$$

где l_1 – длина врезания, мм;

$l_{рез}$ – длина резания, мм;

l_2 – длина перебега, мм» [15].

«В таблице 5 отражены результаты определения режимов резания и нормирования технологических операций» [7].

Таблица 5 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Номер операции	Номер перехода	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Длина рабочего хода, мм	Основное время, мин
005	1	0,15	46,4	250	42	0,3
010	1	0,3	210	1250	147	0,4
015	1	0,3	190	630	17	0,14
	2	0,2	140	630	5	0,1
	3	0,1	130	630	3	0,09
020	1	0,13	180	1900	107	0,43
025	1	0,13	234	1000	73	0,56
	2	0,09	219	1000	5	0,06
	3	0,04	209	1000	3	0,08
030	1	0,25	180	1250	49	0,41
035	1	2,5	40	930	33	0,8
040	1	–	–	600	132	0,43
050	1	0,55	15	320	0,8	0,68
055	1	0,013	26	320	44	0,65
060	1	0,009	26	320	0,3	0,12
065	1	0,008	30	320	44	0,73
070	1	0,003	30	320	0,076	0,09
075	1	0,01	250	1500	33	0,75

Приведенные в таблице 5 данные заносим в технологическую документацию (приложение А «Технологическая документация»). Анализ нормирования показал, что лимитирующей является операция 030. В дальнейшем необходимо снизить время ее выполнения.

Во втором разделе решены задачи, связанные с проектированием технологического процесса изготовления детали. «Произведен выбор метода получения заготовки, проведено ее проектирование» [7]. «Разработан план изготовления детали на основе типового технологического процесса. Выбраны средства технологического оснащения в соответствии с серийностью производства» [7]. «Решены задачи определения параметров технологических операций путем определения режимов резания и норм времени на их выполнение» [7].

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование станочного приспособления

Анализируя лимитирующую операцию приходим к выводу, что одна из причин больших затрат времени на данной операции заключается в отсутствии стандартного станочного приспособления способного реализовать теоретическую схему базирования с механизированным приводом закрепления. Это существенно увеличивает вспомогательное время выполнения операции. С целью устранения данной проблемы спроектируем механизированное приспособление по методике [1].

Алгоритм проектирования приспособления: расчет сил резания, определение усилия закрепления, определение усилия привода, определение точности установки в приспособлении, проектирование конструкции приспособления.

«Основная составляющая определяется по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^g \cdot n^w} k_{\text{мп}}, \quad (18)$$

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» [20].

$$\llcorner k_{\text{mp}} = \left(\frac{\sigma_{\text{B}}}{750} \right)^{0,3}. \quad (19)\gg [20]$$

$$k_{\text{mp}} = \left(\frac{690}{750} \right)^{0,3} = 0,98.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4,0^{0,86} \cdot 0,25^{0,72} \cdot 6^{1,0} \cdot 18}{40^{0,86} \cdot 1250^0} 0,98 = 470 \text{ Н.}$$

«Другие составляющие силы резания определяются из выражений:

$$P_h = P_z(1,1 \dots 1,2), \quad (20)$$

$$P_v = P_z(0 \dots 0,25), \quad (21)$$

$$P_y = P_z(0,4 \dots 0,6), \quad (22)$$

$$P_x = P_z(0,2 \dots 0,4) \text{tg}\omega. \quad (23)$$

где ω – угол наклона зубьев фрезы, град» [20].

«Подставив соответствующие значения получаем:

$$P_h = 470 \cdot 1,15 = 540,5 \text{ Н.}$$

$$P_v = 470 \cdot 0,125 = 59 \text{ Н.}$$

$$P_y = 470 \cdot 0,5 = 235 \text{ Н.}$$

$$P_x = 470 \cdot 0,3 \cdot \text{tg}20^\circ = 51 \text{ Н} \gg [20].$$

Расчет усилия закрепления выполняется из условия равновесия системы сил, действующих при обработке.

«Сила P_x создает момент, который определяется из выражения:

$$M_{\text{кр}} = P_x \cdot \frac{d}{2}, \quad (24)$$

где d – диаметр обработки, мм» [1].

«Данный момент уравновешивается моментом силы закрепления,

который определяется выражением:

$$M_{3M} = \frac{W \cdot d \cdot \left(f_{3M} + \frac{f_{оп}}{\cos \frac{\alpha}{2}} \right)}{2}, \quad (25)$$

где f_{3M} – коэффициент трения на поверхности контакта зажимного элемента и заготовки;

$f_{оп}$ – коэффициент трения на поверхности контакта установочных элементов и заготовки;

α – угол призм, град» [1].

«Приравнивая моменты, выводим уравнения для определения силы закрепления:

$$W = \frac{P_x \cdot k}{f_{3M} + \frac{f_{оп}}{\cos \frac{\alpha}{2}}}, \quad (26)$$

где k – коэффициент запаса» [1].

«Данный коэффициент определяется по формуле:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (27)$$

где: k_0 – гарантированный коэффициент запаса;

k_1 – учитывает состояние поверхности обрабатываемой заготовки;

k_2 – учитывает увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента;

k_3 – учитывает прерывистость процесса резания;

k_4 – характеризует постоянство усилия зажима;

k_5 – характеризует эргономику немеханизированного привода;

k_6 – учитывает наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку, при базировании ее по плоскости» [1].

Получаем следующее значение силы закрепления:

$$W = \frac{51 \cdot 2,5}{0,16 + \frac{0,16}{\cos 45}} = 330 \text{ Н.}$$

«Совместный момент от действия составляющих силы резания P_h и P_v определяется по формуле:

$$M_p = P_v \cdot l + P_h \cdot a, \quad (28)$$

где: l – общая длина обрабатываемой заготовки, мм;

a – длина плеча приложения силы P_h , мм» [1].

«Данный момент уравнивается моментом силы закрепления, который определяется выражением:

$$W_{з.м.} = W \cdot b + f_{з.м.} \cdot W \cdot a, \quad (29)$$

где a, b – размерные характеристики прихвата, мм» [1].

«Приравняв моменты, выводим уравнения для определения силы закрепления:

$$W = \frac{(P_v \cdot l + P_h \cdot a) \cdot k}{b + f_{з.м.} \cdot a}. \quad (30) \gg [1]$$

«Коэффициент запаса принимается равным рассчитанному ранее» [1].

$$W = \frac{(59 \cdot 120 + 540,5 \cdot 231) \cdot 2,5}{50 + 0,16 \cdot 23} = 1115 \text{ Н.}$$

«Из двух полученных значений силы закрепления в дальнейших расчетах используем наибольшую» [1].

«Привод приспособления должен развивать усилие, определяемое по формуле:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (31)$$

где: i – передаточное отношение зажимного механизма» [1].

«Данное отношение определяется по формуле:

$$i = \frac{y}{x}, \quad (32)$$

где x и y – плечи создаваемые силами W и Q , мм» [1].

$$i = \frac{80}{60} = 1,33.$$

$$Q = \frac{1115}{1,33} = 838 \text{ Н.}$$

«Создание данного усилие планируется производить при помощи гидроцилиндра, диаметр поршня которого определяется по формуле:

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

где P – давление масла в гидросистеме, МПа» [1].

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{838}{1,0}} = 74 \text{ мм.}$$

«С целью применения в конструкции стандартного гидравлического привода округляем значение диаметра поршня до ближайшего большего стандартного, которое составляет 80 мм» [1].

«В соответствии с принятым алгоритмом проектирования определяем точность установки в приспособлении» [1].

«Расчет погрешности установки заготовки в приспособлении выполняется по формуле:

$$\varepsilon_y^{\text{расч}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (34)$$

где: ε_6 – погрешность базирования, мм;

ε_3 – погрешность закрепления, мм;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – погрешность установочных элементов, мм» [1].

Выполняем расчет погрешности установки заготовки в приспособлении:

$$\varepsilon_y^{\text{расч}} = \sqrt{0^2 + 0,018^2 + 0,061^2} = 0,062 \text{ мм.}$$

«Приспособление считается отвечающим заданной точности, если расчетное значение погрешности установки составляет не более трети от поля допуска на изготавливаемый размер» [1].» В данном случае это значение составляет 0,063 мм» [1]. «Следовательно, приспособление обеспечивает требуемую точность установки» [1]. «Конструкция приспособления приведена в графической части работы» [1] и в приложении Б «Спецификации к сборочным чертежам.

3.2 Проектирование фрезы

Дальнейший анализ технологического процесса позволяет сделать следующий вывод. На 030 фрезерной операции, технологическое оборудование позволяет использовать более интенсивные режимы резания. С применением стандартного режущего инструмента этого невозможно добиться без потери качества обработки и снижения стойкости. Необходимо спроектировать инструмент, который по своим параметрам превосходит стандартный режущий инструмент, но при этом обладает лучшими экономическими показателями. Проектирование такой фрезы произведем по данным [5].

Сначала подбираем материал режущей части. Проанализировав литературу приходим к выводу, что в данном случае наиболее оптимальным решением будет применение быстрорежущей стали P6M5 [5].

«Наружный диаметр определяем по формуле:

$$d_A = 0,2 \cdot B^{0,26} \cdot t^{0,09} \cdot l^{0,78} \cdot \delta^{-0,26}, \quad (35)$$

где B – ширина фрезеруемой поверхности, мм;

t – глубина резания, мм;

l – расстояние между опорами оправки фрезы, мм;

δ – прогиб оправки, мм» [5].

$$d_A = 0,2 \cdot 21^{0,26} \cdot 4^{0,09} \cdot 80^{0,78} \cdot 0,4^{-0,26} = 33 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартное значение наружного диаметра равного 40 мм.

«Диаметр посадочного отверстия фрезы:

$$D^0 = \frac{d_A}{2,25}. \quad (36) \text{» [5]}$$

$$D^0 = \frac{40}{2,25} = 17 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартное значение диаметра посадочного отверстия равного 16 мм.

«Задний угол фрезы определяем из соотношения:

$$\sin \alpha = \frac{0,13}{a_{MAX}^{0,3}}, \quad (37)$$

где a_{MAX} – максимально возможная толщина среза стружки, мм» [5].

$$\text{«} a_{MAX} = S_Z \cdot \sin \psi, \quad (38)$$

где S_Z – подача на один зуб фрезы, мм/об;

ψ – угол контакта при резании, град» [5].

$$\text{«} \psi = \arccos \left(1 - \frac{2t}{d_A} \right). \quad (39) \text{» [5]}$$

Выполняем расчеты.

$$\psi = \arccos \left(1 - \frac{2 \cdot 4}{40} \right) = 31,78^\circ.$$

$$a_{MAX} = 0,25 \cdot \sin 31,78^\circ = 0,316 \text{ мм.}$$

$$\sin \alpha = \frac{0,13}{0,316^{0,3}} = 0,18.$$

$$\alpha = 10,28^\circ \approx 11^\circ.$$

«Передний угол γ принимаем в зависимости от свойств материала равным 12° » [5].

Количество зубьев фрезы должно быть таким, чтобы обеспечить равномерный процесс фрезерования. «Расчет выполняется по формуле:

$$Z = 360 \cdot \frac{\varepsilon}{\psi}, \quad (40)$$

где ε – коэффициент, равномерности фрезерования» [5].

$$Z = 360 \cdot \frac{2}{31,78} = 22,65.$$

Округляем полученное значение до значения из стандартного ряда, получаем 18 зубьев.

«В зависимости от свойств обрабатываемого материала выбираем угол наклона зубьев ω равного 15° » [5].

«Шаг зубьев по окружности рассчитывается по формуле:

$$P_T = \frac{\pi \cdot d_A}{Z}. \quad (41) \gg [5]$$

$$P_T = \frac{\pi \cdot 40}{18} = 6,98 \text{ мм.}$$

«При шаге зуба менее 10 мм, принимается мелкий зуб трапецидальной формы» [5].

«Угол стружечной канавки рассчитывается по формуле:

$$\Theta = \eta + \varepsilon, \quad (42)$$

где η – угол тела зубьев, град;

ε – шаг зуба угловой, град» [5].

$$\Theta = 47^\circ + 20^\circ = 67^\circ.$$

«Зуб фрезы должен иметь вершину шириной 1 мм и дно впадины радиусом 2 мм» [5]. Такое решение позволяет избежать образования трещин при термической обработке.

«Высота зуба рассчитывается по формуле:

$$H = 0,65 \cdot P_T. \quad (43)$$

$$H = 0,65 \cdot 6,98 = 4,54 \text{ мм} \gg [5].$$

«Шаг стружечной канавки рассчитывается по формуле:

$$P_Z = \pi \cdot d_M \cdot \text{ctg}\omega, \quad (44)$$

где d_M – диаметр начального цилиндра фрезы, мм» [5].

$$\ll d_M = d_A - 2H. \quad (45) \gg [5]$$

$$d_M = 40 - 2 \cdot 4,54 = 30,92 \text{ мм.}$$

$$P_Z = \pi \cdot 30,92 \cdot \text{ctg}15^\circ = 362,5 \approx 363 \text{ мм.}$$

По данным [5], таким образом, увеличивается стойкость режущего инструмента от 1,5 до 2 раз по сравнению с фрезой обычной конструкции.

Подробно конструкция фрезы и технические требования на ее изготовление приведены в графической части работы.

В третьем разделе спроектированы средства оснащения технологического процесса, позволяющие решить основные проблемы лимитирующей фрезерной операции. Проектирование станочного приспособления сократило вспомогательное время на выполнение операции, а проектирование фрезы позволило сократить основное время обработки и увеличить стойкость режущего инструмента.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

Основными операциями механической обработки данного технологического процесса являются фрезерно-центровальные, токарные, фрезерная, зубофрезерная, зубофасочная, шлифовальные операции.

Используются следующие средства оснащения технологического процесса. Станки: фрезерно-центровальный МР-71М, токарно-винторезный 16К20Ф3, горизонтально-фрезерный 6Р82Г, широкоуниверсальный фрезерный 6Р80Ш, зубофасочный ВС-320А, центрошлифовальный 3922, круглошлифовальный 3У10В, зубошлифовальный 5843. Режущий инструмент: фрезы, резцы, сверло, шлифовальные круги. Станочные приспособления: тиски, центра, патроны трехкулачковые, патроны поводковые.

Работники производственного участка по изготовлению детали: операторы станков с числовым программным управлением, наладчики станков с числовым программным управлением, фрезеровщики, зуборезчики, шлифовщики.

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 6 представлен анализ профессиональных рисков, выполненный на основе: ГОСТ 12.0.003-2015 и Приказа Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 776н.

Таблица 6 – Реестр рисков

Рабочее место	Группа ОВПФ	Источник ОВПФ	Наименование ОВПФ	Опасности/ риски
операторы станков с числовым программным управлением, наладчики станков с числовым программным управлением, фрезеровщики, зуборезчики, шлифовщики	факторы физического воздействия	станки, средства оснащения, инструменты	«действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего» [3]	«падение с высоты, падение предметов» [3]
			«движущиеся (в том числе разлетающиеся) твердые, жидкие или газообразные объекты, наносящие удар по телу работающего» [3]	«разрыв сосудов под давлением, разрушение механизмов и сооружений, наезд транспортных средств, опасность ранения, опасность затягивания или попадания в ловушку, опасность удара, опасность быть уколотым или проткнутым, опасности, обусловленные трением или абразивным воздействием, опасности, обусловленные выбросом жидкости, неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобные нештатные состояния) от неполадок или повреждения систем управления» [3]
		обработываемые заготовки, средства технологического оснащения, инструменты	«опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека» [3]	«ожог или ошпаривание или другое повреждение от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за воспламенения а также теплового излучения» [3]
		станки	«производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в» [3]	«опасность потери слуха (глухота), других физиологических расстройств» [3]

Продолжение таблицы 6

Рабочее место	Группа ОВПФ	Источник ОВПФ	Наименование ОВПФ	Опасности/ риски
—	—	—	«производственной среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума» [3]	—
			«производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей, характеризуемые повышенным уровнем общей вибрации» [3]	«использование ручных механизмов, приводящих к различным неврологическим или сосудистым расстройствам» [3]
			«производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [3]	«контакт с токоведущими частями (прямой контакт), контакта с токоведущими частями, которые в неисправном состоянии, находясь под напряжением (косвенный контакт), неожиданные пуски, повороты, прокручивания (или любые подобныенештатные состояния) от возобновления энергоснабжения после его прерывания» [3]
			факторы химического воздействия	смазочно-охлаждающая жидкость, масло
факторы психофизиологического воздействия	станки, средства технологического оснащения, инструменты	«монотонность труда, тяжесть трудового процесса» [3]	«физические перегрузки» [3]	
		«перегрузки статические, связанные с рабочей позой» [3]	«физические перегрузки» [3]	

В таблице 6 проведена идентификация наиболее вероятных опасностей, которые могут возникнуть при выполнении технологических операциях на участке по изготовлению детали.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Анализируя результаты выполнения предыдущего пункта, можно сделать вывод, что значительный риск представляет воздействие электрического тока вследствие контакта с частями электрооборудования, находящимися под напряжением, из-за неисправного оборудования, неприменения средств индивидуальной защиты, а также удар работника или падение на работника тяжелого инструмента, груза при перемещении или подъеме.

Предложим мероприятия по улучшению условий и охраны труда, на основании Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 771н (таблица 7) [3].

Таблица 7 - Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«падение с высоты, падение предметов» [3]	«издание (тиражирование) инструкций, правил (стандартов) по охране труда» [3]	использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места; обеспечение безопасных условий труда
«разрыв сосудов под давлением, разрушение механизмов и сооружений, наезд транспортных средств, опасность ранения, опасность затягивания или попадания в ловушку, опасность удара, опасность быть уколотым или проткнутым, опасности, обусловленные трением» [3]	«устройство и содержание пешеходных дорог, тротуаров, переходов, тоннелей, галерей на территории организации в целях обеспечения безопасности работников» [3], «устройство ограждений элементов производственного оборудования,» [3]	«соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения транспортных средств по территории работодателя; соблюдение скоростного режима; применение исправных транспортных средств, подача звуковых сигналов при движении и своевременное» [3]

Продолжение таблицы 7

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«или абразивным воздействием, опасности, обусловленные выбросом жидкости, неожиданные пуски, повороты, прокручивания от неполадок или повреждения систем управления» [3]	«защищающих от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов» [3]	«применение систем торможения» [3], «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования; допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [3]
«опасности от контакта или вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма» [3]	«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» [3]	«устройство систем удаления вредных веществ, выделяющихся в технологическом процессе, на станки и инструменты; организация первичного и периодического обучения и инструктажей работников безопасным методам и приемам выполнения работ; использование средств индивидуальной защиты, герметизация технологического оборудования» [3]
«ожог или ошпаривание или другое повреждение от касания с предметами или материалами с высокой температурой из-за воспламенения а также теплового излучения» [3]	«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» [3]	«применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [3]

Продолжение таблицы 7

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«опасность потери слуха (глухота), других физиологических расстройств» [3]	«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» [3]	«применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [3]
«использование ручных механизмов, приводящих к различным неврологическим или сосудистым расстройствам» [3]	«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» [3]	«своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик; установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции» [3]
физические перегрузки	«проведение специальной оценки условий труда, выявления и оценки опасностей, оценки уровней профессиональных рисков, реализация мер, разработанных по результатам их проведения» [3]	«проведение инструктажа на рабочем месте; соблюдение основных требований эргономики, соблюдение режимов труда и отдыха; организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [3]
«контакт» [3]	«внедрение и (или)» [3]	«изоляция токоведущих» [3]

Продолжение таблицы 7

Опасность / риск	Мероприятия по улучшению условий и охраны труда	Методы и средства снижения профессиональных рисков
«с токоведущими частями (прямой контакт), контакта с токоведущими частями, которые в неисправном состоянии» [3]	«модернизация технических устройств и приспособлений, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током» [3]	«частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, применение ограждений, знаков безопасности» [3]

Предлагаемые мероприятия позволят обеспечить требуемые условия труда на рассматриваемом производственном участке и снизить возможность возникновения профессиональных рисков.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Пожарная безопасность на производственном участке обеспечивается путем применения специальных технических средств и разработки организационных мероприятий.

«В данном случае по виду используемого горючего материала класс D пожары, связанные с воспламенением и горением металлов» [3]. «Опасные факторы потенциального пожара: пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах)» [3].

«Определяем технические средства обеспечения пожарной безопасности. Первичные средства пожаротушения огнетушители: ОП-10, ОВП-10, ОВП-100, ОП-100» [3]. «Мобильные средства пожаротушения мотопомпа пожарная» [3]. «Средства пожарной автоматики пожарный извещатель ИП-212-141» [3]. «Пожарное оборудование пожарный щит класса ЩП-А» [3]. «Пожарные сигнализация, связь и оповещение оповещатель

охранно-пожарный звуковой Маяк-220» [3].

«Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности: разрабатываются инструкции, проводится инструктаж» [3].

4.5 Обеспечение экологической безопасности объекта

Определим негативные экологические факторы, возникающие в результате технологического процесса изготовления рассматриваемой детали.

«Загрязнение гидросферы остатками масла, смазочно-охлаждающих жидкостей, смазочных материалов, частиц абразива и мелкой стружки» [3].

«Загрязнение литосферы металлическим ломом, стружкой, промышленным мусором, отработанными маслами и смазочно-охлаждающими жидкостями» [3].

«Загрязнение атмосферы в виде образования незначительного количества паров смазочно-охлаждающей жидкости и абразивной пыли. Количество данных выбросов мало, следовательно, ими можно пренебречь» [3].

Снижение негативного антропогенного воздействия на окружающую среду регламентируется путем проведения мероприятий регламентированных в ГОСТ Р 53692–2009 [3]. «С целью снижения и устранения загрязнения гидросферы применяются технические средства по очистке сточных вод, которые должны соответствовать ГОСТ 31952–2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения»» [3].

Выполнение раздела позволило решить задачи обеспечения безопасности выполнения технологического процесса на производственном участке. В том числе обеспечена пожарная безопасность и выполнение экологических норм.

5 Экономическая эффективность работы

Данный раздел предполагает решение главной задачи бакалаврской работы, которая заключается в экономическом обосновании целесообразности внедрения предложенных в технологический процесс изменений.

Для решения поставленной задачи необходимо провести сравнительный анализ технических и экономических параметров, двух вариантов технологического процесса, описанных в предыдущих разделах.

Основное изменение технологического процесса предполагает совершенствование двух операций. А именно, применение более современной оснастки, за счет этого достигается сокращение вспомогательного времени и, соответственно, штучного времени. Наименование и характеристика применяемой оснастки в базовом и проектном варианте представлены в соответствующих разделах бакалаврской работы. Совместно с заменой оснастки было предложено заменить инструмент, что также привело к снижению общей трудоемкости выполнения операции и основного времени.

Результатом совершенствований операций, а именно замены оснастки и инструмента, стало:

- сокращение основного времени на 36,4%
- сокращение вспомогательного времени на 29,3%;
- сокращение общей трудоемкости операций – на 35,1%.

Такой результат достаточно существенен для того чтобы сделать предварительное положительное заключение о необходимости внедрения данных изменений. Однако, чтобы полноценно в этом убедиться, необходимо провести некоторые экономические расчеты. Они связаны с определением величины инвестиций и их сроком окупаемости, а также с расчетом самого важного показателя, такого как экономический эффект.

На рисунке 2 представлены методики, которые позволяют грамотно

рассчитать все вышеперечисленные экономические показатели.



Рисунок 2 – Применяемые методики для определения необходимых экономических показателей [10]

Используя, описанную на рисунке 2, методику расчета капитальных вложений, в совокупности с программой Microsoft Excel, была определена величина инвестиций (K_{BV}), которая составила 63393,68 руб. Данное значение учитывает все необходимые финансовые вливания в совершенствование проекта. На рисунке 3 представлены показатели, из которых сложилась итоговая величина инвестиций.

Анализируя рисунок 3, можно сказать, что затраты на проектирование являются самыми существенными, так как их доля составила 89,4 % в общем объеме инвестиций.

Для определения срока окупаемости заявленных инвестиций необходимо последовательно определить некоторое количество дополнительных показателей, которые представлены на рисунке 4.

Как видно из рисунка 4, для получения результата по сроку окупаемости, сначала необходимо определить значение такого экономического показателя как полная себестоимость изменяемых операций.

Квв = 63393,68 руб.

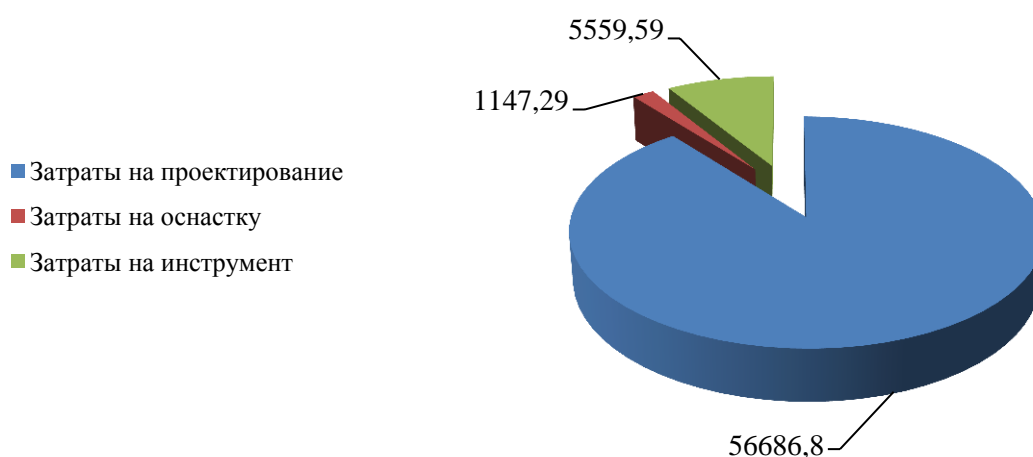


Рисунок 3 – Показатели и их значения, которые вошли в величину инвестиций для предлагаемых совершенствований

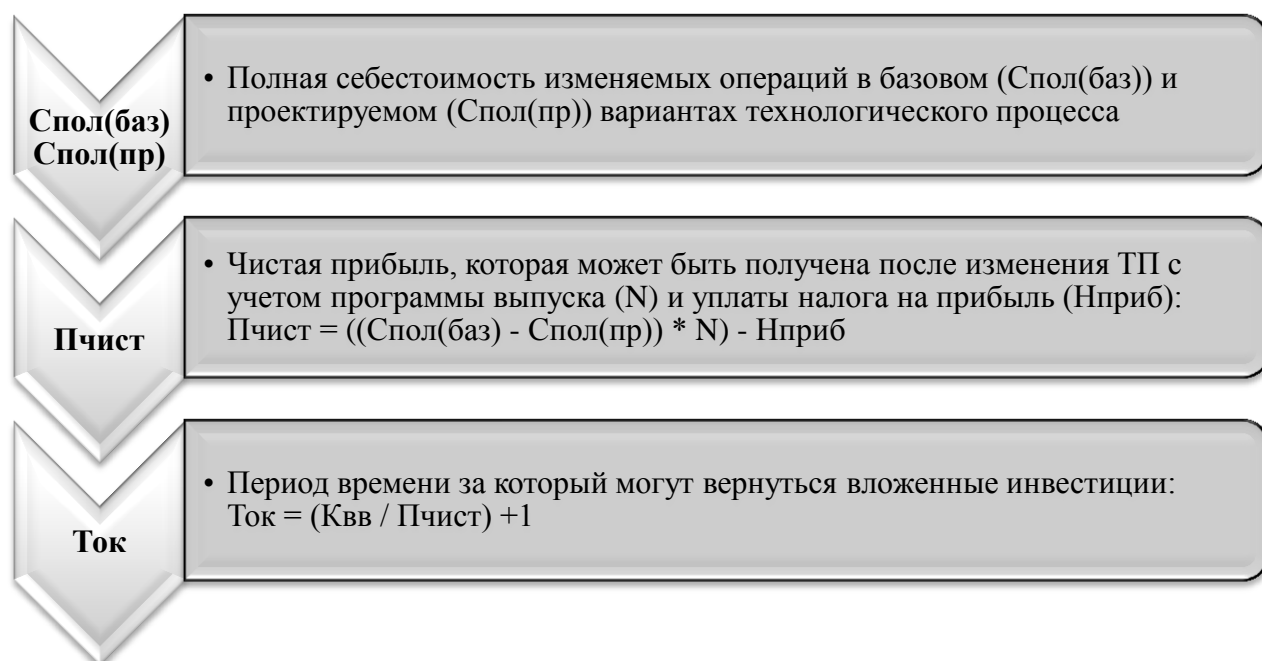


Рисунок 4 – Дополнительные экономические показатели для определения срока окупаемости и их взаимосвязь

Эту величину рассчитывают по двум вариантам, базовому и проектируемому. Это необходимо для того чтобы можно было определить изменения, то есть посмотреть на сколько снизиться или увеличится

себестоимость выполнения этих операций. Чтобы окупить вложенные инвестиции себестоимость проектируемого варианта должна снижаться. Также важно, насколько она снизится, потому что чем больше будет разница у полной себестоимости, тем быстрее окупятся вложенные инвестиции.

Учитывая срок окупаемости инвестиций, определяется интегральный экономический эффект ($\mathcal{E}_{ИИТ}$) путем расчета через сложные проценты. Они позволят максимально учесть потерю стоимости денежных средств и показать максимально реалистичное значение экономического эффекта. Данный способ расчета экономического эффекта основывается на расчетном сроке окупаемости инвестиций, величине чистой прибыли и процентной ставке на капитал.

На рисунке 5 представлены рассчитанные значения следующих показателей: чистая прибыль, срок окупаемости и экономический эффект.



Рисунок 5 – Значения показателей чистой прибыли ($P_{чист}$), срока окупаемости ($T_{ок}$) и экономического эффекта ($\mathcal{E}_{ИИТ}$)

Как показано на рисунке 5, экономический эффект является положительной величиной, то есть он получен, поэтому внедрение предлагаемых совершенствований можно считать целесообразными.

В данном разделе выпускной квалификационной работы определены экономические показатели с учетом решений по совершенствованию технологического процесса, которые подтвердили правильность принятых решений.

Заключение

Выполнение работы позволило получить следующие результаты. Проанализированы исходные данные, такие как условия эксплуатации детали и ее назначение, технологичность по всем группам критериев и основные характеристики типа производства. Результат данного анализа оформлен в виде задач, решение которых позволило достичь цели работы.

«Решены задачи связанные с проектирование технологического процесса изготовления детали» [7]. «Выбран метод получения заготовки, исходя из особенностей материала детали и типа производства, проведено ее проектирование» [7]. «Разработан план изготовления детали на основе типового технологического процесса. Выбраны средства технологического оснащения в соответствии с серийностью производства» [7]. «Решены задачи определения параметров технологических операций путем определения режимов резания и норм времени на их выполнение» [7].

Проведено проектирование средств технологического процесса, позволяющих решить проблемы лимитирующей фрезерной операции. Проектирование станочного приспособления сократило вспомогательное время на выполнение операции, а проектирование фрезы позволило сократить основное время операции за счет увеличения режимов резания.

Решены задачи обеспечения безопасности выполнения технологического процесса на производственном участке. В том числе обеспечена пожарная безопасность и выполнение экологических норм.

Определены экономические показатели с учетом решений по совершенствованию, которые подтвердили правильность принятых решений.

Цель работы, которая заключается в обеспечении выпуска годовой программы выпуска деталей требуемого качества, путем проектирования технологического процесса ее изготовления, обеспечивающего минимальные экономические затраты, можно считать достигнутой.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Блюменштейн В.Ю. Проектирование технологической оснастки: учебное пособие для вузов / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. – 4 –е изд., стер. – Санкт –Петербург: Лань, 2021. – 220 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/166346> (дата обращения: 20.04.2023).

2. Вереина Л. И. Абразивная обработка: справочник / Л.И. Вереина, М.М. Краснов, Е.И. Фрадкин; под общ. ред. Л.И. Вереиной. – Москва: ИНФРА – М, 2021. – 304 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1282222> (дата обращения: 12.04.2023).

3. 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.

4. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990 –01 –07. – М.: Изд –во стандартов, 1990. – 83 с.

5. Зубарев Ю. М. Режущий инструмент: учебник для вузов / Ю. М. Зубарев, А. В. Вебер, М. А. Афанасенков; Под общей редакцией Ю. М. Зубарева. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 432 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/254675> (дата обращения: 22.04.2023).

6. Клепиков В. В. Технологическая оснастка. Станочные приспособления: учебное пособие / В. В. Клепиков. – Москва: ИНФРА –М, 2022. – 345 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836736> (дата обращения: 16.04.2023).

7. Клепиков В. В. Технология машиностроения: курсовое проектирование: учебное пособие / В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – Москва: ИНФРА –М, 2020. – 229 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1081966> (дата обращения: 28.03.2023).

8. Клименков С. С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА –М, 2019. – 269 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1008022> (дата обращения: 02.04.2023).

9. Копылов Ю.Р. Технология машиностроения : учебное пособие / Ю.Р. Копылов. – Санкт –Петербург : Лань, 2020. – 252 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142335> (дата обращения: 10.04.2023).

10. 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: 12.05.2023).

11. 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: 13.04.2023).

12. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов / И. А. Иванов, С. В. Урушев, Д. П. Кононов [и др.]; Под редакцией И. А. Иванова и С. В. Урушева. – 4 –е изд., стер. – Санкт –Петербург: Лань, 2022. – 356 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/208667> (дата обращения: 27.04.2023).

13. Погонин А.А. Технология машиностроения : учебник / А.А. Погонин, А.А. Афанасьев, И.В. Шрубченко. – 3 –е изд., доп. – Москва : ИНФРА –М, 2022. – 530 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1045711> (дата обращения: 07.04.2023).

14. 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: 05.04.2023).

15. Расторгуев Д. А. Проектирование технологических операций [Электронный ресурс] : электрон. учеб. –метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин –т машиностроения ; каф. «Оборудование и технологии машиностроит. пр –ва». – Тольятти : ТГУ, 2015. – 140 с.

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

17. Режимы резания металлов : справочник / Ю. В. Барановский [и др.] ; под ред. А. Д. Корчемкина. – 4 –е изд., перераб. и доп. – Москва : НИИТавтопром, 1995. – 456 с.

18. Сибикин М. Ю. Технологическое оборудование. Металлорежущие станки: учебник / М.Ю. Сибикин. – 2–е изд., перераб. и доп. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА–М, 2021. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1288990> (дата обращения: 22.04.2023).

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

20. 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.

21. 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.

22. Химический состав и физико-механические свойства стали 40X [Электронный ресурс]. – URL: https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X?ysclid=lg9sjd42435818740 (дата обращения: 25.03.2023).

Приложение А
Технологическая документация

Таблица А.1 – Технологическая документация

Длина																						
Взам																						
Подп																						
Разработал		Мацула						ТГУ Кафедра ОТМП														
Проверил		Козлов																				
Утвердил		Логинав						Поршень-рейка														
Н. контр		Козлов																				
МД1		Сталь 40Х ГОСТ 4543-71																				
		Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. раск.	КММ	Код заготовки	Профиль и размеры				КД	МЗ								
МД2		12	166	0,9кг	1		0,73	22	φ85x125				1	1,24кг								
А		Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции				Обозначение документа												
Б		Код наименования оборудования				СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тпаз	Тшт						
А03		XX XX XX		000		Заготовительная																
Б04		Горизонтально-ковачная машина																				
О5																						
А06		XX XX XX		005		4269 Фрезерно-центральная																
Б07		381631 Фрезерно-центральный МР-71М3 17845 312 1Р 1 1 1 1200 1 0,38																				
О 08		Подрезать торцы: пов. 1, 10 в размер 120 ^{+0,35} ; сверлить отверстия: пов. 13, 14 в размер φ6,3 ^{+0,07} .																				
Т 09		396131 Тиски машинные специальные; 391801 Фреза торцовая ГОСТ 1695-80 Т5К10; 3961267 Сверло центровочное ГОСТ 14952-80 Р6М5; 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80; 393141 Калибр.																				
Т 10																						
11																						
А 12		XX XX XX		010		4110 Токарная																
Б 13		381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1 1200 1 0,5																				
О 14		Точить последовательно поверхности и торцы пов. 6, 7 φ31,544 _{-0,25} ; 15 ^{+0,21} .																				
Т 15		396171 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-73; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10;																				
Т 16		393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.																				
МК																						

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт
А 19	XX	XX	XX	015	4110 Токарная											
Б 20	381101 Токарный 16К20Ф3					3	18217	312	1Р	1	1	1	1200	1		0,42
О 21	Точить пов. 2, 3, 4, 5, 11 в размер $\phi 52,6_{-0,3}$, $\phi 59,4_{+0,3}$, $\phi 70,6_{-0,3}$, $\phi 81,4_{-0,35}$, $109,7_{+0,35}$, $116,7_{+0,35}$, $117_{+0,35}$.															
Т 22	396171 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-73; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т5К10; 392101															
Т 23	Резец канавочный ОСТ 2И.010.1-83 Т5К10, 393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.															
24																
А 25	XX	XX	XX	020	4110 Токарная											
Б 26	381101 Токарный 16К20Ф3					3	18217	312	1Р	1	1	1	1200	1		0,54
О 27	Точить последовательно поверхности и торцы пов. 7, 12 в размер $\phi 30,890_{-0,084}$; $2 \times 45^\circ$.															
О 28	396171 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4.															
Т 29	393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.															
30																
А 31	XX	XX	XX	025	4110 Токарная											
Б 32	381101 Токарный 16К20					3	18217	312	1Р	1	1	1	1200	1		0,88
О 33	Точить пов. 3, 4, 5, 11 в размер $\phi 52_{-0,12}$, $\phi 60_{+0,12}$, $\phi 70_{-0,12}$, $\phi 80,8_{-0,14}$, $109_{+0,14}$, $116_{+0,14}$.															
Т 34	396171 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392101															
Т 35	Резец канавочный ОСТ 2И.010.1-83 Т5К10, 393410 Микрометр МК-50 ГОСТ 6507-78.															
36																
А 37	XX	XX	XX	030	4262 Фрезерная											
Б 38	381631 Горизонтально-фрезерный 6Р82Г 3 18632					312	1Р	1	1	1	1	1200	1		0,52	
О 39	Фрезеровать поверхность 9 в размер $26_{-0,21}$, $73_{+0,004}$.															
Т 40	396131 Приспособление специальное; 391820 Фреза цилиндрическая специальная Р6М5.															
Т 41	393311 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 160-80.															
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа											
						СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоз	Тшт	
А 69	XX XX XX	035	4262	Фрезерная													
Б 70	381631	Фрезерный 6Р80Ш	318632	312	1Р	1	1	1	1200	1							0,98
О 71	Фрезеровать поверхность 8 в размер 10-й степени точности.																
Т 72	396131 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 391802 Фреза зубонарезная ГОСТ 9324-80 Р6М5;																
Т 73	394300 Прибор измерительный универсальный.																
74																	
А 75	XX XX XX	040	4162	Зубофасочная													
Б 76	381574	Зубофасочный ВС-320А	312287	312	1Р	1	1	1	1200	1							0,54
О 77	Снять фаску в размер 15°±30'																
Т 78	396110 Патрон 3-х цулачковый ГОСТ 2675-73; 391810 Фреза Р6М5 специальная; 393400 Калибр.																
79																	
А 80	XX XX XX	045		Термическая													
81																	
А 82	XX XX XX	050	4142	Центрошлифовальная													
Б 83	381317	Центрошлифовальный 3922	318873	312	1Р	1	1	1	1200	1							0,85
О 84	Шлифовать поверхности: пов. 13, 14 в размер $\phi 6,3^{+0,011}$																
Т 85	396131 Тиски самоцентрирующие ГОСТ 12195-66; 397120 Круг шлифовальный АГК ГОСТ 2447-82;																
Т 86	393120 Калибры.																
87																	
А 88	XX XX XX	055	4131	Шлифовальная													
Б 89	381311	Круглошлифовальный 3У10В	318873	312	1Р	1	1	1	1200	1							0,82
О 90	Шлифовать поверхность 7 в размер $\phi 30,357_{-0,039}$																
Т 91	396110 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная																
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	Тпоз	Тшт
А 94	XX	XX	XX	060	4131 Шлифовальная												
Б 95	381311	Круглошлифовальный	ЗУ10В	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1					0,18
О 96	Шлифовать поверхность 3 в размер $\phi 80,16$ ^{-0,016} .																
Т 97	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная																
98																	
А 99	XX	XX	XX	065	4131 Шлифовальная												
Б 100	381311	Круглошлифовальный	ЗУ10В	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1					0,91
О 101	Шлифовать поверхность 7 в размер $\phi 30$ ^{-0,020} _{0,033} .																
Т 102	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная																
103																	
А 104	XX	XX	XX	070	4131 Шлифовальная												
Б 105	381311	Круглошлифовальный	ЗУ10В	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1					0,15
О 106	Шлифовать поверхность 3 в размер $\phi 80$ ^{-0,030} _{0,019} .																
Т 107	396110 Патрон поводковый ГОСТ2571-71; 39810 Круг шлифовальный; 394300 Скоба рычажная																
108																	
А 109	XX	XX	XX	075	4151 Зубошлифовальная												
Б 110	381562	Зубошлифовальный	5843	3	18632	312	1Р	1	1	1	1200	1					0,94
О 111	Фрезеровать поверхность 8 в размер 8-й степени точности.																
Т 112	396131 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 39810 Круг шлифовальный;																
Т 113	394300 Прибор измерительный универсальный.																
114																	
А 115	XX	XX	XX	080	Моечная												
116																	
МК																	

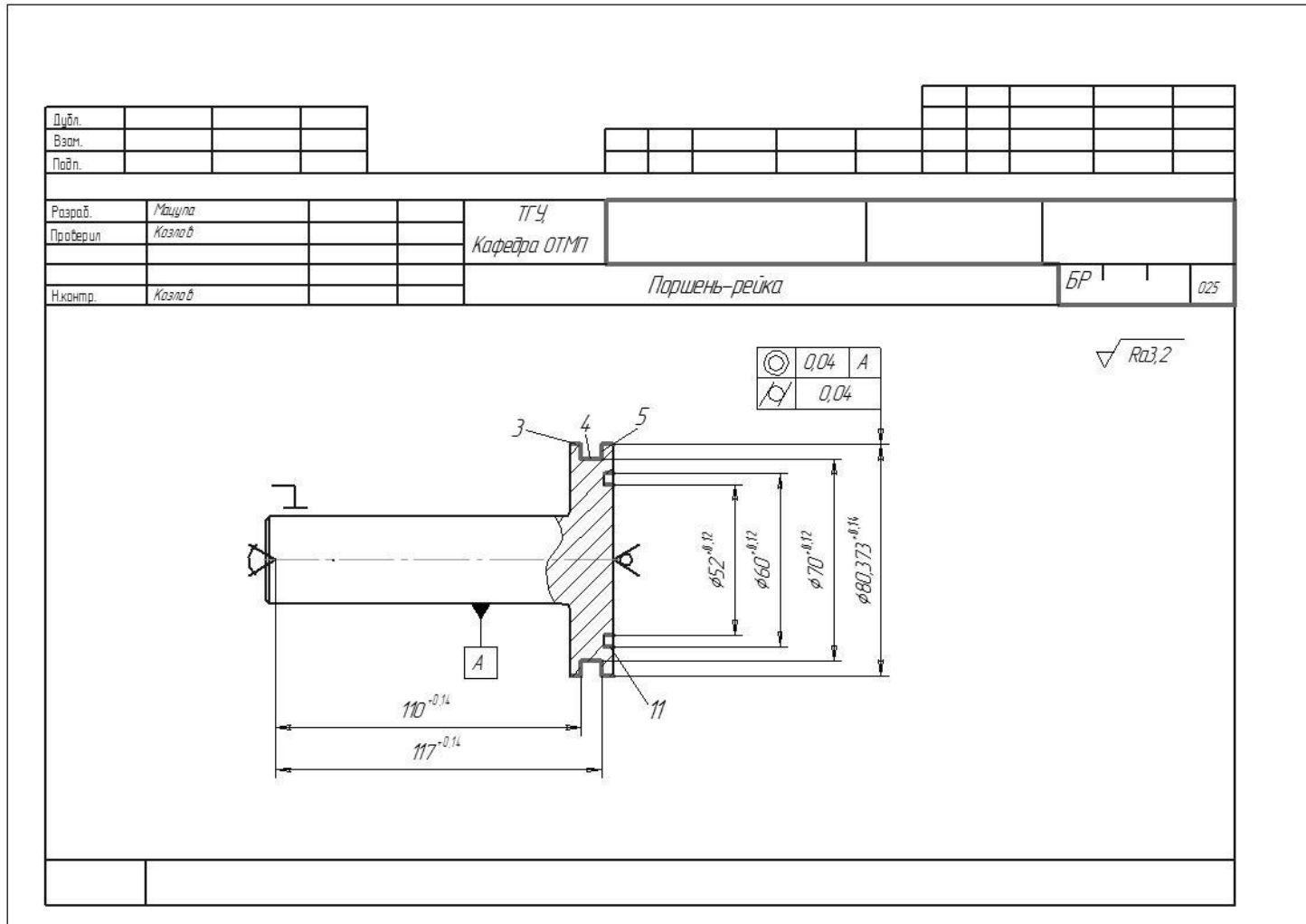
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код	наименование	наименование	Обозначение документа											
Б	Код						наименование	оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшм	Тпоз	Тшм
А 117	<i>XX</i>	<i>XX</i>	<i>XX</i>	<i>085</i>	<i>085</i>	<i>Контрольная</i>													
118																			
А 119																			
120																			
А 121																			
122																			
123																			
124																			
125																			
МК																			

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



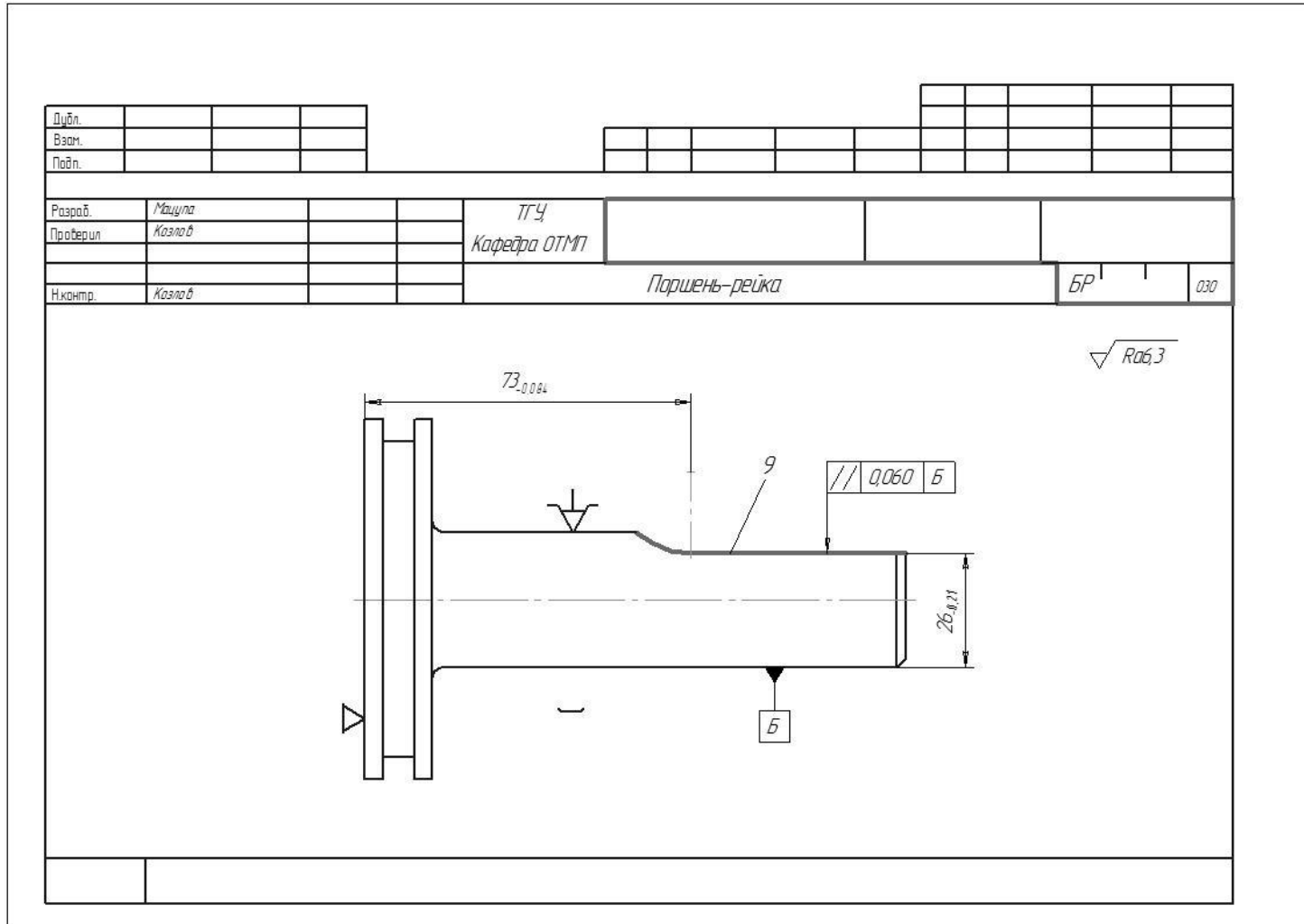
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Машула			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов			Поршень-рейка						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МВ	КОИД			
Токарная с ЧПУ		Сталь 40Х ГОСТ 4543-71		НВ 210	166	0,9к2	Ø85х125		1,24к2	1			
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тгв	тип	слож					
16К20Ф3				0,7			0,88	Угринал-1					
		пи	о или в	L	t	i	s	п	v				
от	1. Установить заготовку												
Т.оз	396171 Патрон поводковый ГОСТ 2571-71; 392101 Резец контурный ГОСТ 18879-73 Т30К4; 392101												
Т.оз	Резец канавочный ОСТ 2И10.1-83 Т5К10.												
о.оз	2. Точить последовательно поверхности и торцы: 3, 4, 5, 11 выдерживая размеры согласно эскиза												
Р.оз		1				0,323	0,13	1000	234				
Р.оз		2				0,923	0,09	1000	219				
Р.оз		3				0,923	0,02	1000	209				
Т.оз	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.												
оз													
оз													

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 2118-82										Форм 1			
Дубл.													
Взам.													
Подп.													
Разраб.	Машула			ТГУ									
Проверил	Козлов			Кафедра ОТМП									
Н.контр.	Козлов			Поршень-рейка						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			MB	КОИД		
Фрезерная		Сталь 40X ГОСТ 4543-71		HВ 210	166	0,9к2	Ø85x125			1,24к2	1		
Оборудование, устройства ЧПУ		Обозначение программы		то	тв	тгв	тип	СОЖ					
6Р82Г				0,41			0,52	Ужинал-1					
		пи	о или в	L	t	i	s	p	v				
01	1. Установить заготовку												
T _{оп}	396131 Приспособление специальное; 391820 Фреза цилиндрическая специальная Р6М5.												
02	2. Фрезеровать поверхность 9 выдерживая размеры согласно эскиза												
P _{оп}	1		4		0,25		1250		180				
T _{оп}	3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.												
03													
04													
05													
06													
07													
08													
09													
10													

Приложение Б

Спецификации к сборочным чертежам

Таблица Б.1 – Спецификации к сборочным чертежам

Формат Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>					
A1		23.БР.ОТМП.288.65.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>					
A3	1	23.БР.ОТМП.288.65.00.001	Винт	1	
A4	2	23.БР.ОТМП.288.65.02.002	Корпус	1	
A4	3	23.БР.ОТМП.288.65.03.003	Корпус	1	
A4	4	23.БР.ОТМП.288.65.00.004	Корпус пневмоцилиндра	1	
A4	5	23.БР.ОТМП.288.65.00.005	Крышка пневмоцилиндра	1	
A4	6	23.БР.ОТМП.288.65.00.006	Поршень	1	
A4	7	23.БР.ОТМП.288.65.00.007	Призма	1	
A4	8	23.БР.ОТМП.288.65.00.008	Прихват	1	
A4	9	23.БР.ОТМП.288.65.00.009	Шток	1	
<u>Стандартные изделия</u>					
	10		Винт М5х45 ГОСТ 11871-69	4	
	11		Винт М8х25 ГОСТ 11871-69	4	
	12		Винт М8х30 ГОСТ 11871-69	4	
	13		Винт М8х30 ГОСТ 11871-69	2	
	14		Гайка М10 ГОСТ 14726-69	1	
23.БР.ОТМП.288.65.00.000					
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	
Разраб. Рыгаев					
Проб. Козлов					
Н.контр. Егоров					
Утв. Логинов					
Станочное приспособление				Лит.	Лист
					1
				Листов	
				2	
				ТГУ, ИМ гр. ТМдп-1801б	
Копировал				Формат А4	

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм. № подл.	Лист	Взам. инв. №	Изм. № инв.	№ подл.	Лист	Дата
		15		Гайка М10 ГОСТ 14726-69	1													
		16		Гайка М10 ГОСТ 14726-69	1													
		17		Гайка М20 ГОСТ 14767-70	1													
		18		Кольцо ГОСТ 1223-89	1													
		19		Кольцо ГОСТ 1223-89	1													
		20		Прокладка ГОСТ 1569-67	1													
		21		Пружина ГОСТ 18934-68	1													
		22		Упор ГОСТ 12212-66	1													
		23		Шайба ГОСТ 12945-67	1													
		24		Шайба ГОСТ 12943-67	1													
		25		Шайба стопорная ГОСТ 17778-72	1													
		26		Шпонка ГОСТ 14737-69	2													
		27		Шпонка ГОСТ 14737-69	2													
		28		Штифт ОСТ92-0746-72	1													
												23.БР.ОТМП.288.65.00.000						Лист
																		2
												Копировал						Формат А4