

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 шестерни коробки скоростей
универсально-фрезерного станка JET

Обучающийся

М.И. Эктов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.А. Козлов

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

Тема данной выпускной квалификационной работы «Технологический процесс изготовления шестерни коробки скоростей универсально-фрезерного станка JET». Актуальность выбранной темы объясняется необходимостью разработки и совершенствования технологии изготовления шестерни в условиях среднесерийного типа производства. Объектом исследования является технологический процесс изготовления шестерни. Предметом исследования является шестерня. Цель работы состоит в том, чтобы разработать технологию изготовления шестерни способную обеспечивать выпуск годовой программы деталей требуемого качества с минимальными экономическими затратами в течение заданного срока. Основные задачи работы заключаются в проектировании технологического процесса изготовления, его дальнейшем совершенствовании, оценке его безопасности и экологичности, а также определении его экономических показателей.

Объем пояснительной записки работы составляет 64 страниц, графической части 7 листов формата А1.

Первый раздел работы содержит критический анализ основных исходных данных и цели работы. На его основании формулируются задачи работы. Второй раздел работы содержит решение задач направленных на проектирование максимально эффективной технологии изготовления в заданных условиях на базе известных технологических решений. Третий раздел работы содержит решение задач направленных на совершенствование спроектированной технологии изготовления. Для этого совершенствуется технологическая оснастка и режущий инструмент. Четвертый раздел работы содержит комплексное решение задач обеспечения производственной, пожарной и экологической безопасности. В пятом разделе решена задача определения экономической эффективности спроектированной технологии изготовления шнека с учетом предлагаемых в третьем разделе усовершенствований.

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.....	8
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.....	19
2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса.....	21
2.4 Проектирование технологических операций.....	25
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	29
3.1 Проектирование цанговой оправки.....	29
3.2 Проектирование токарного резца.....	34
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	37
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.....	37
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	38
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	39
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	41
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.....	62

Введение

Технологическое оборудование марки «Jet» в последние годы являлось одним из самых доступных на нашем рынке. Это объясняется ценовой политикой компании, а также широким модельным рядом станочного оборудования покрывающего все ниши металлообрабатывающего производства от единичного до среднесерийного. Большая часть оборудования данного производителя изготавливается на заводах Европы, США и Тайваня. В существующих экономических реалиях это привело к необходимости изготовления запасных частей для данного оборудования самостоятельно. Одним из таких станков является универсально-фрезерный станок JET.

В данной работе рассматривается шестерня коробки скоростей данного станка. Важным эксплуатационным показателем любой детали коробки скоростей является надежность функционирования. Обеспечение данного показателя закладывается на стадии изготовления 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.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка такого технологического процесса изготовления шестерни коробки скоростей универсально-фрезерного станка JET, который в условиях среднесерийного типа производства обеспечит выпуск заданного количества деталей с минимальными затратами при условии обеспечения необходимого качества изготовления в установленные сроки.

1 Анализ исходных данных и постановка задач работы

1.1 Функции и условия эксплуатации детали

Шестерня применяется в коробке скоростей для передачи и изменение направления крутящего момента в кинематической схеме. Шестерня представляет собой тело вращения со сложной конфигурацией наружных поверхностей и двумя зубчатыми венцами, что обусловлено функциональным назначением детали и принципами работы.

Как отмечалось ранее, универсально-фрезерные станки JET имеют широкую область применения. Это определяет условия эксплуатации входящих в их конструкцию деталей. Учитывая, что шестерня находится в закрытом корпусе и не входит в непосредственный контакт с окружающей средой, влияние данных факторов на эксплуатационные свойства шестерни минимальны.

Величины нагрузок могут сильно колебаться и достигать значительных величин, что объясняется возможностью реализации на станке различных методов обработки.

Другим фактором, влияющим на износ исполнительных поверхностей шестерни, является наличие частиц износа и других примесей в системе смазки коробки скоростей. Влияние данного фактора на другие поверхности шестерни ограничено, так как они не контактируют с другими поверхностями механизма.

Служебное назначение коробки скоростей подразумевает воздействие на шестерню знакопеременных и ударных нагрузок, что может привести к повреждению и разрушению исполнительных и опорных поверхностей.

В общем, условия работы вала 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

Выполнение анализа детали на технологичность подразумевает комплексный анализ ее материала, конструкции и механической обработки.

Технологичность материала детали определяется его химическим составом и физико-механическими свойствами. В данном случае применяется сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71. «Химический состав данной стали: от 0,18% до 0,21% углерод, от 1,0% до 1,3% хром, от 0,8% до 1,1% марганец, от 0,03% до 0,09% титан, до 0,035% сера, до 0,035% фосфор, от 0,17% до 0,37% кремний, от 0,8% до 1,1% марганца» [23]. «Механические свойства данной стали в состоянии поставки: предел текучести 980 МПа, предел прочности 1120 МПа, твердость 217 НВ» [23]. Анализируя полученные данные, приходим к следующим выводам. Свойства стали полностью отвечают функциональному назначению и всем требованиям, предъявляемым к детали. Сталь обладает хорошими пластическими свойствами, что позволит использовать для получения заготовок методы штамповки, позволяющие получать достаточно точные поверхности.

Технологичность конструкции детали оценивается исходя из общей конфигурации детали, наличия и количества сложно профильных и точных поверхностей. Шестерня имеет сложную общую конфигурацию, что потребует для изготовления применения большого количества разнообразных методов обработки. В конструкции имеются эвольвентные поверхности в сочетании с высокой размерной точностью. Изготовление данных конструктивных элементов является сложной задачей, требующей применения дорогостоящего оборудования. Для оценки точности поверхностей детали и обоснованности ее назначения проводим классификацию поверхностей по их назначению [15]. Для этого выполняем эскиз детали и проставляем на нем номер для каждой поверхности. Эскиз приведен на рисунке 1.

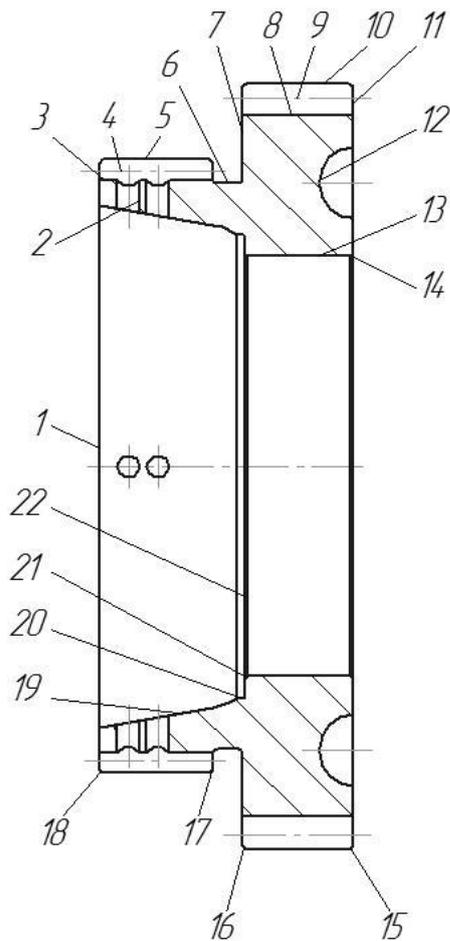


Рисунок 1 – Эскиз шестерни

В соответствии с принятой классификацией поверхностей получаем следующие результаты. «Основные конструкторские базы поверхности с номерами 13, 14; вспомогательные конструкторские базы поверхность номер 22; исполнительные поверхности с номерами 4, 9; свободные поверхности все оставшиеся» [15]. Из приведенной классификации следует, что точность размеров детали не является излишней и определена их функциональным назначением. Для достижения требуемой точности достаточно применения стандартных методов обработки, реализуемых на стандартном оборудовании универсальными средствами технологического оснащения. Анализируя полученные данные, приходим к выводу, что конструкцию детали следует признать технологичной.

Технологичность механической обработки оценивается исходя из

анализа методов обработки, схем базирования, оборудования и средств технологического оснащения требуемых для изготовления детали. Исходя из требуемой точности обработки и формы поверхностей детали, приходим к следующим выводам. Достигнуть требуемых параметров можно применяя общепринятые методы обработки, такие как точение, фрезерование, шлифование и другие. При проектировании технологических операций можно применять стандартные схемы базирования, что позволит применить универсальную технологическую оснастку для их реализации. Обработка может быть выполнена с применением универсального оборудования, стандартного режущего инструмента. Исходя из формы поверхностей и требуемой точности обработки, для контроля можно использовать универсальные и стандартизированные средства контроля. Следовательно, с точки зрения механической обработки деталь является технологичной.

Анализ детали показал, что по всем рассматриваемым согласно принятой методике критериям деталь является технологичной.

1.3 Определение типа производства и его характеристик

Задача определения типа производства традиционно решается на основе определения коэффициента закрепления операций, однако, в данном случае это не представляется возможным, так как неизвестна вся номенклатура производства. В связи с этим применим упрощенную методику определения типа производства [14] по массе детали и годовой программе выпуска. «Применяя данную методику, исходя из годовой программы выпуска 5000 штук и массы 6,4 кг, тип производства среднесерийный» [14].

Среднесерийный тип производства согласно данным [14] имеет следующие характеристики.

Технологический маршрут изготовления детали проектируется на основе типовых маршрутов обработки с учетом конструктивных особенностей детали.

Для получения заготовок желательно использовать методы, позволяющие получить форму заготовки близкую к детали, то есть методы штамповки и отливки. Припуски на обработку рассчитываются в зависимости от требуемой точности обработки табличным или расчетно-аналитическим методом. Технология изготовления оформляется в виде маршрутной карты и операционных карт.

Технологические операции проектируются на основе типовых схем базирования с применением расчетных и статистических методов определения режимов резания и нормирования.

Оборудование назначается по методу обработки. Желательно использование универсального оборудования и оснащенного системами числового программного управления. Допускается применение специализированного оборудования.

Режущий инструмент назначается исходя из метода обработки, требуемой точности обработки и формы обрабатываемых поверхностей. Желательно применение универсального, стандартизированного режущего инструмента. В экономически обоснованных случаях допускается применение специального режущего инструмента.

Технологическая оснастка назначается исходя из требуемой к реализации схемы базирования. Желательно использование универсальной, универсально-сборной оснастки с применением средств механизации процессов закрепления и раскрепления заготовок.

Средства контроля выбираются исходя из требуемой точности контроля, формы контролируемых поверхностей и допустимых методов контроля. Предпочтение следует отдавать стандартным и универсальным средствам контроля.

Форма организации производственного процесса непоточная, то есть детали запускаются в производство периодически повторяющимися партиями, размер которых определяется технологом. Производственные участки формируются по групповому принципу.

1.4 Постановка задач

Проведенный выше анализ позволяет сформулировать задачи, решение которых необходимо для достижения цели достигается. 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, проектирование маршрутно-операционной технологии изготовления. 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. Все перечисленные задачи решаются в последующих разделах данной выпускной квалификационной работы.

В первом разделе работы проведен анализ исходных данных, определен тип производства и его характеристики. На основе этого, с учетом цели работы, сформулированы ее основные задачи.

2 Проектирование технологического процесса

2.1 Выбор метода получения заготовки и ее проектирование

В ходе проведения анализа типа производства было установлено, что чаще всего применимы методы получения заготовок отливка, штамповка и прокат. 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 [6] 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:

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

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

Q – масса заготовки, кг;

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

q – масса детали, кг;

$C_{ОТХ}$ – стоимость одного кг стружки, руб» [6].

Стоимость получения одного кг заготовок определяется по формуле:

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

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;

$h_{\text{П}}$ – коэффициент программы выпуска» [6].

«Индекс метода получения заготовки принимаем 1 для заготовки полученной штамповкой в открытых штампах, 2 заготовки полученной штамповкой на горизонтально-ковочной машине» [6].

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

Массу заготовки определим ориентировочно с использованием соответствующего коэффициента, так как 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» [6].

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 6,4 кг.

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

$$\llcorner Q_1 = 6,4 \cdot 1,8 = 11,52 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 6,4 \cdot 1,7 = 10,58 \text{ кг} \text{ [6].}$$

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

$$C_{\text{МЕХ } i} = C_C + E_H \cdot C_K, \quad (4)$$

где C_C – приведенные затраты, руб.;

C_K – приведенные капитальные вложения, руб.;

E_H – коэффициент эффективности капитальных вложений» [6].

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.

$$\begin{aligned} C_{T_1} &= 41,66 \cdot 11,52 + 6,04 \cdot (11,52 - 6,4) - 1,4 \cdot (11,52 - 6,4) = \\ &= 503,68 \text{ р.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{T_2} &= 41,66 \cdot 10,88 + 6,04 \cdot (10,88 - 6,4) - 1,4 \cdot (10,88 - 6,4) = \\ &= 474,05 \text{ р.} \end{aligned}$$

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 [2] 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 их

обработки.

Поверхности 1, 22: черновое точение, чистовое точение, закалка.

Поверхность 2: сверление, закалка.

Поверхность 3: долбление, закалка.

Поверхность 4: зубодолбление, шевингование, закалка.

Поверхности 5, 6, 12, 20: черновое точение, закалка.

Поверхности 7, 10: черновое точение, закалка.

Поверхность 8: черновое фрезерование, закалка.

Поверхность 9: зубофрезерование, шевингование, закалка.

Поверхность 11: черновое точение, чистовое точение, закалка, черновое шлифование.

Поверхность 13: черновое точение, чистовое точение, закалка, черновое шлифование, чистовое шлифование.

Поверхности 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21: чистовое точение, закалка.

Используя приведенные маршруты обработки поверхностей, определяем припуски на механическую обработку поверхностей.

Припуски для наиболее точной поверхности диаметром 115 $H7^{(+0,035)}$ следует определять с применением расчетно-аналитического метода [21]. Это позволит минимизировать величину припусков, рассчитать операционные размеры и обеспечить заданную точность обработки. В соответствии с принятой методикой припуск определяется в следующей последовательности. Сначала определяется минимальный припуск, затем максимальный и средний припуск. После этого выполняются расчеты минимального, максимального и среднего операционных размеров. Расчеты выполняются для каждого перехода. На основании полученных данных определяются общие максимальный, минимальный и средний припуски.

«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;

Δ – величина суммарных пространственных отклонений, мм;

ε – 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.

$$z_{1min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,300 + \sqrt{0,800^2 + 0,025^2} = 1,1 \text{ мм.}$$

$$z_{2min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,200 + \sqrt{0,088^2 + 0,025^2} = 0,291 \text{ мм.}$$

$$z_{3min} = a_{T0} + \sqrt{\Delta_{T0}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,250 + \sqrt{0,045^2 + 0,020^2} = 0,394 \text{ мм.}$$

$$z_{4min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,090 + \sqrt{0,010^2 + 0,020^2} = 0,112 \text{ мм} \text{» [21].}$$

«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.

$$z_{1 \max} = z_{1 \min} + 0,5 \cdot (TD_0 + TD_1) = 1,1 + 0,5(3,2 + 0,35) = 2,875 \text{ мм.}$$

$$z_{2 \max} = z_{2 \min} + 0,5 \cdot (TD_1 + TD_2) = 0,291 + 0,5 \cdot (0,35 + 0,14) = 0,536 \text{ мм.}$$

$$z_{3 \max} = z_{3 \min} + 0,5 \cdot (TD_{T0} + TD_3) = 0,394 + 0,5 \cdot (0,18 + 0,054) = 0,511 \text{ мм.}$$

$$z_{4 \max} = z_{4 \min} + 0,5 \cdot (TD_3 + TD_4) = 0,112 + 0,5 \cdot (0,054 + 0,035) = 0,157 \text{ мм} \gg [21].$$

«Определение среднего припуска для каждого перехода производится по формуле:

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

$$z_{ср1} = 0,5 \cdot (z_{1 \max} + z_{1 \min}) = 0,5 \cdot (2,875 + 1,1) = 1,988 \text{ мм.}$$

$$z_{ср2} = 0,5 \cdot (z_{2 \max} + z_{2 \min}) = 0,5 \cdot (0,536 + 0,291) = 0,414 \text{ мм.}$$

$$z_{ср3} = 0,5 \cdot (z_{3 \max} + z_{3 \min}) = 0,5 \cdot (0,511 + 0,394) = 0,453 \text{ мм.}$$

$$z_{ср4} = 0,5 \cdot (z_{4 \max} + z_{4 \min}) = 0,5 \cdot (0,157 + 0,112) = 0,135 \text{ мм} \gg [21].$$

«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:

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

«Максимальный диаметр определяется по формуле:

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

«Средний диаметр определяется по формуле:

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

«Выполняем расчеты.

$$D_{4\text{ max}} = 115,035 \text{ мм.}$$

$$D_{4\text{ min}} = 115,000 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} D_{4\text{ ср}} &= 0,5 \cdot (D_{4\text{ max}} + D_{4\text{ min}}) = 0,5 \cdot (115,035 + 115,000) = \\ &= 115,018 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$D_{3\text{ max}} = D_{4\text{ max}} - 2 \cdot z_{4\text{ min}} = 115,035 - 2 \cdot 0,112 = 114,811 \text{ мм.}$$

$$D_{3\text{ min}} = D_{3\text{ max}} - TD_3 = 114,811 - 0,054 = 114,757 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} D_{3\text{ ср}} &= 0,5 \cdot (D_{3\text{ max}} + D_{3\text{ min}}) = 0,5 \cdot (114,811 + 114,757) = \\ &= 114,784 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$D_{то\text{ max}} = D_{3\text{ max}} - 2 \cdot z_{3\text{ min}} = 114,811 - 2 \cdot 0,394 = 114,023 \text{ мм.}$$

$$D_{то\text{ min}} = D_{то\text{ max}} - TD_3 = 114,023 - 0,18 = 113,843 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} D_{то\text{ ср}} &= 0,5 \cdot (D_{то\text{ max}} + D_{то\text{ min}}) = 0,5 \cdot (114,023 + 113,843) = \\ &= 113,876 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$D_{2\text{ max}} = D_{то\text{ max}} \cdot 0,999 = 113,843 \cdot 0,999 = 113,729 \text{ мм.}$$

$$D_{2\text{ min}} = D_{2\text{ max}} - TD_2 = 113,729 - 0,14 = 113,589 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} D_{2\text{ ср}} &= 0,5 \cdot (D_{2\text{ max}} + D_{2\text{ min}}) = 0,5 \cdot (113,729 + 113,589) = \\ &= 113,438 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$D_{1\text{ max}} = D_{2\text{ max}} - 2 \cdot z_{2\text{ min}} = 113,729 - 2 \cdot 0,291 = 113,147 \text{ мм.}$$

$$D_{1\text{ min}} = D_{1\text{ max}} - TD_1 = 113,147 - 0,35 = 112,797 \text{ мм.}$$

$$D_{1 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (113,147 + 112,797) = \\ = 112,972 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ max}} = D_{1 \text{ max}} - 2 \cdot z_{1 \text{ min}} = 113,147 - 2 \cdot 0,291 = 110,947 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ min}} = D_{0 \text{ max}} - TD_0 = 110,947 - 3,2 = 107,747 \text{ мм.}$$

$$D_{0 \text{ ср}} = 0,5 \cdot (D_{2 \text{ max}} + D_{2 \text{ min}}) = 0,5 \cdot (110,947 + 107,747) = \\ = 109,347 \text{ мм} \gg [21].$$

«Общий минимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

«Общий максимальный припуск рассчитывается по формуле:

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

«Общий средний припуск рассчитывается по формуле:

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

$$2z_{\text{min}} = 115,035 - 107,747 = 7,288 \text{ мм.}$$

$$2z_{\text{max}} = 7,288 + 3,2 + 0,035 = 10,523 \text{ мм.}$$

$$2z_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (7,288 + 10,523) = 8,906 \text{ мм.}$$

Остальные поверхности детали имеют меньшую точность, поэтому припуски на их обработку определяются с использованием упрощенной методики основанной на статистических данных [4]. Результаты определения припусков с использованием данной методики для определения минимального, максимального и среднего значений припусков по переходам приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения припусков по переходам

Номер поверхности	Номер перехода	Минимальный припуск, мм	Максимальный припуск, мм	Средний припуск, мм
1	1	2,2	3,75	2,975
	1	1,0	1,21	1,105
4	1	0,6	0,684	0,642
5	1	1,4	3,325	2,363
7	1	2,2	4,23	3,215
9	1	0,8	0,94	0,87
10	1	1,4	3,43	2,415
11	1	2,2	3,75	2,975
	2	1,0	1,21	1,105
	3	0,5	0,62	0,56
19	1	1,1	2,9	2,0
20	1	1,0	2,8	1,9
22	1	2,2	3,555	2,878
	2	1,0	1,147	1,074
	3	0,5	0,584	0,542

На следующем этапе проектирования заготовки определяются ее характеристики, данные по напускам и допускам на размеры. Для этого используется методика и данные [8], [12]. В данном случае результаты выполнения данного этапа проектирования заготовки отражены в графической части работы.

Результатом проектирования заготовки является ее рабочий чертеж.

2.2 Проектирование маршрута и плана изготовления детали

Исходя из характеристик среднесерийного типа производства, маршрут изготовления детали разрабатывается на основе типовых маршрутов [3], [14], [15]. Маршрут изготовления детали формируется на основе маршрутов обработки поверхностей. При формировании маршрута изготовления детали следует учитывать, что в одну операцию объединяются поверхности, имеющие одинаковые методы обработки. «Следует учитывать отношения между поверхностями, то есть их наложение и точность взаимного расположения данных поверхностей. Наложение поверхностей заключается в

том, что одна поверхность расположена на другой и не может быть обработана раньше. Точность взаимного расположения поверхностей заключается в том, что сначала обрабатывается базовая поверхность, а только потом поверхности, точность взаимного расположения которых заданы относительно нее» [14].

В результате анализа имеющихся типовых маршрутов изготовления деталей данного типа получаем следующий маршрут изготовления.

Операция 005 Токарная. Обрабатываются поверхности 1, 5, 6, 7, 19, 20, 22.

Операция 010 Токарная. Обрабатываются поверхности 10, 11, 12, 13.

Операция 015 Токарная. Обрабатываются поверхности 1, 16, 17, 18, 21, 22.

Операция 020 Токарная. Обрабатываются поверхности 11, 13, 14, 15.

Операция 025 Зубофрезерная. Обрабатываются поверхности 8, 9.

Операция 030 Зубодолбежная. Обрабатываются поверхности 3, 4.

Операция 035 Сверлильная. Обрабатывается поверхность 2.

Операция 040 Слесарная. Производится зачистка заусенцев.

Операция 045 Шевинговальная. Обрабатывается поверхность 9.

Операция 050 Шевинговальная. Обрабатывается поверхность 4.

Операция 055 Термическая. Термическая обработка всех поверхностей.

Операция 060 Плоскошлифовальная. Обрабатывается поверхность 11.

Операция 065 Внутришлифовальная. Обрабатывается поверхность 13.

Операция 070 Внутришлифовальная. Обрабатывается поверхность 13.

Операция 075 Моечная. Выполняется мойка всех поверхностей.

Операция 080 Контрольная. Выполняется контроль 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 [19]. Операционные размеры рассчитываются с учетом принятых схем базирования и припусков на обработку с использованием рекомендаций [19]. Технические требования назначаются исходя из точности обработки обеспечиваемой на операции, используемых средств технологического оснащения, принятых схем базирования и рекомендаций [19].

Основные требования к содержанию и оформлению плана изготовления детали приведены в литературе [19]. Результаты проектирования плана изготовления представлены в графической части работы.

2.3 Выбор средств оснащения технологического процесса

Эффективность решения задачи по выбору средств оснащения технологического процесса основана на анализе характеристик типа производства, размеров поверхностей детали и их взаимного расположения, точности и шероховатости поверхностей, реализации принятых схем базирования.

Исходя из характеристик среднесерийного типа производства следует применять универсальное оборудование, оснащенное CNC–системами, универсальные, стандартные и стандартизированные станочные приспособления, режущих инструментов и средств контроля. Применение специальных средств оснащения допустимо, если это позволяет устранить серьезные технические недостатки технологического процесса и повышает его экономическую эффективность.

Размеры поверхностей детали и их взаимное расположение позволяют

получать их при помощи стандартных средств технологического оснащения, что существенно снизит стоимость механической обработки.

Точность и шероховатость поверхностей могут быть получены без применения специального оборудования и средств технологического оснащения, что позволяет применять при проектировании стандартные и ранее применяемые технологические решения.

Реализация принятых схем базирования может быть осуществлена с применением стандартных станочных приспособлений.

Более подробно методика выбора оборудования и средств технологического оснащения приведены в литературе [14].

Модели оборудования, тип и параметры станочных приспособлений, наименование и типоразмеры режущего инструмента и контрольных инструментов и приспособлений, выбранные по справочным данным и каталогам [5], [10], [11], [17], [20], [22], приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Средства оснащения технологического процесса

Операция	Станки	Режущие инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
005 Токарная	токарно–винторезный 16К20Ф3	резец Т5К10 ГОСТ 18879–73, резец, Т5К10 специальный, резец Т5К10 ГОСТ 18879–73	штангенциркуль ГОСТ 166–89, нутромер ГОСТ 10–88	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675–80
010 Токарная	токарно–винторезный 16К20Ф3	резец Т5К10 ГОСТ 18879–73, резец Т5К10 специальный, резец Т5К10 ГОСТ 18879–73	штангенциркуль ГОСТ 166–89, нутромер ГОСТ 10–88	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675–80
015 Токарная	токарно–винторезный 16К20Ф3	резец Т30К4 ГОСТ 18879–73, резец Т30К4 специальный	штангенциркуль ГОСТ 166–89, шаблон	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675–80
020 Токарная	токарно–винторезный 16К20Ф3	резец Т30К4 ГОСТ 18879–73, резец Т30К4 специальный	штангенциркуль ГОСТ 166–89, нутромер	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675–80

Продолжение таблицы 2

Операция	Станки	Режущие инструменты	Средства контроля	Станочные приспособления
			ГОСТ 10–88, шаблон	
025 Зубофрезерная	зубофрезерный 5А32	фреза червячная Ø140 Р6М5 ГОСТ 9324–80	шаблон	оправка цанговая специальная
030 Зубодолбежная	зубодолбежный 5140	долбяк зуборезный Ø100 Р6М5 ГОСТ 9323–80	шаблон	оправка цанговая специальная
035 Сверлильная	вертикально–сверлильный с ЧПУ 2Н125Ф2	сверло Ø6 ГОСТ4010–77	нутромер ГОСТ 10–88	универсальная делительная головка УДГ–160 ГОСТ 8615–89
040 Слесарная	стол слесарный	–	–	–
045 Шевинговальная	зубошевинговальный 5715	шевер Р6М5 ГОСТ8570–80	шаблон	оправка цанговая специальная
050 Шевинговальная	зубошевинговальный 5715	шевер Р6М5 ГОСТ8570–80	шаблон	оправка цанговая специальная
055 Термическая	–	–	–	–
060 Плоскошлифовальная	плоскошлифовальный 3Е711	круг 1 – 500х40х127 23А46К5V ГОСТ52781–2007	скоба ГОСТ 11098–75	плита магнитная ГОСТ 17519–81
065 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3К228Б	круг 1–32х40х10 23А46N8V 30м/с1А ГОСТ52781–2007, круг 5–100х22х40 24А60К8V30м/с1А ГОСТ52781–2007	нутромер ГОСТ 10–88	патрон мембранный ГОСТ 16157–70
070 Внутришлифовальная	внутришлифовальный 3К228Б	круг 1–32х40х10 24А60М5V 30м/с1А ГОСТ52781–2007	нутромер ГОСТ 10–88	патрон мембранный ГОСТ 16157–70
075 Моечная	моечная машина	–	–	–
080 Контрольная	стол контрольный	–	штангенциркуль ГОСТ 166–89, нутромер ГОСТ 10–88, скоба ГОСТ 11098–75, шаблон	–

Приведенные в таблице 2 данные по средствам технологического оснащения используем для заполнения технологической документации, приведенной в приложении А, а также в графической части выпускной квалификационной работы.

Анализируя полученные данные по средствам технологического оснащения, приходим к следующим выводам.

Предлагаемые к использованию станки отвечают всем требованиям среднесерийного производства, при этом имеются станки оснащенные системами числового программного управления. Такое оборудование позволит обеспечить требуемую производительность и гибкость производства.

Предлагаемые к использованию станочные приспособления реализуют предполагаемые на операциях схемы базирования, являются универсальными, обладают необходимым быстродействием. Однако, следует отметить использование большого количества специальных приспособлений, что потребует их проектирования и изготовления. При этом необходимо предусмотреть возможность использования данных приспособлений для изготовления других деталей, входящих в номенклатуру производства.

Предлагаемые к использованию режущие инструменты отвечают требованиям среднесерийного типа производства, в большинстве своем являются универсальными. Однако, на ряде операций предусмотрено использование специального режущего инструмента, что потребует их проектирования и изготовления.

Предлагаемые к использованию средства контроля отвечают всем предъявляемым к ним требованиям. Для контроля большинства размеров используются универсальные средства контроля, что удешевляет оснащение технологического процесса необходимыми средствами контроля. Для нескольких операций предполагается использование шаблонов. Такое решение вызвано особенностью контролируемых параметров детали и, в данном случае, его можно считать обоснованным.

2.4 Проектирование технологических операций

Проектирование технологических операций выполняем согласно методике [18]. 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 [18], 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 [16].

«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» [16].

«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» [16].

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

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (19)» [16]$$

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

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n_3}, \quad (20)$$

где $T_{\text{шт}}$ – штучное время выполнения операции, мин;

$T_{\text{п-з}}$ – подготовительно–заключительное время выполнения операции, мин;

n_3 – размер партии деталей, шт» [16].

«Штучное время операции рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{п}} \quad (21)$$

где T_0 – основное время выполнения операции, мин;

$T_{\text{в}}$ – вспомогательное время выполнения операции, мин;

$T_{\text{обс}}$ – время на обслуживание, мин;

$T_{\text{п}}$ – время на личные потребности, мин» [16].

«Основное время определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S \cdot n}, \quad (22)$$

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

S – подача, мм/об» [16].

«Длина рабочего хода определяется по формуле:

$$L_{\text{р.х.}} = l_1 + l_{\text{рез}} + l_2, \quad (23)$$

где l_1 – длина врезания, мм.;

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

l_2 – длина перебега, мм» [16].

Остальные составляющие формулы (21) определяются по нормативным данным [16].

Результаты определения режимов резания и выполнения нормирования технологических операций приведены в таблице 3.

Таблица 3 – 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	0,7	165	250	76	0,44
	2	0,46	170	380	8	0,05
	3	0,18	187	380	55	0,81
010	1	0,7	165	250	80	0,46
	2	0,46	167	450	48	0,23
015	1	0,24	242	450	16	0,15
	2	0,2	257	630	8	0,06
020	1	0,24	249	380	50	0,55
	2	0,2	265	720	32	0,22
025	1	2,5	30	45	34	0,72
030	1	0,3	25	250	36	1,06
035	1	0,16	14	750	92	0,77
045	1	120	12	260	32	1,12
050	1	120	12	260	34	0,92
060	1	20	30	-	1260	3,2
065	1	0,009	26	300	31	1,25
	2	0,0017	30	300	15	1,04
070	1	0,003	30	300	31	2,72

Приведенные в таблице 3 данные по режимам резания нормированию технологических операций используем для формирования технологической документации, приведенной в таблице А.1 приложения А, а также в графической части выпускной квалификационной работы.

Анализируя полученные данные, приходим к выводу, что большинство технологических операций имеют хорошие показатели по основному времени обработки, отвечающие требованиям среднесерийного типа производства. Однако, ряд операций имеют время обработки превышающее остальные операции. Для таких операций следует предусмотреть технические или организационные мероприятия, направленные на снижение времени выполнения данных операций.

В ходе выполнения второго раздела спроектирован технологический процесс изготовления детали с учетом типовых технологических процессов, а также особенностей среднесерийного типа производства. Для этого выбран метод получения заготовки и проведено ее проектирование, определены припуски на обработку поверхностей, определен маршрут обработки поверхностей, выбраны схемы базирования, определены режимы резания, определены операционные технические требования, назначено оборудование и средства технологического оснащения, проведено нормирование технологических операций.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование цанговой оправки

В ходе анализа полученных данных по средствам технологического оснащения, было выявлено использование большого количества специальных приспособлений, в том числе и на зубодолбежной операции. Это объясняется отсутствием стандартных механизированных приспособлений, 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. Устраним данный недостаток путем проектирования механизированного приспособления с использованием методики и данных [9], [20]. При этом необходимо предусмотреть возможность использования данного патрона для изготовления других деталей, входящих в номенклатуру производства. Эскиз операции приведен на рисунке 2.

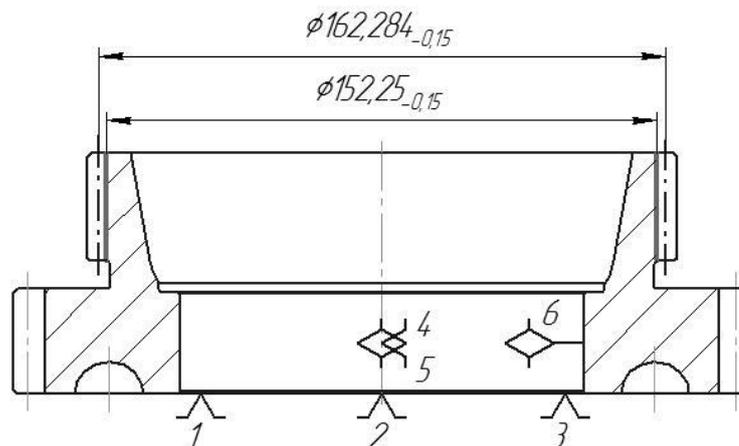


Рисунок 2 – Эскиз операции

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

Силовой расчет приспособления основан на обеспечении равновесия системы сил закрепления и резания.

«Из этого следует, что момент от составляющей силы резания P_Z определяется по формуле:

$$M_{P_Z} = P_Z \cdot \frac{d_1}{2}, \quad (24)$$

где d_1 – обрабатываемый диаметр, мм» [9].

«Для обеспечения его уравнивания необходимо создать момент силы зажима равный:

$$M_{3_{P_Z}} = \frac{W \cdot f \cdot d_2}{2}, \quad (25)$$

где W – сила зажима, Н;

f – коэффициент трения поверхностей заготовки и сменного кулачка;

d_2 – диаметр закрепления, мм» [9].

«Сила зажима, которую необходимо создать определяется из условия необходимости обеспечения равенства данных моментов и составит:

$$W = \frac{P_Z \cdot d_1}{f \cdot d_2} \cdot K, \quad (26)$$

где K – коэффициент запаса» [9].

Составляющая силы резания P_Z определяется по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (27)$$

где C_p , x , y , n – коэффициент и показатели степеней, характеризующие фактические условия выполнения операции;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

V – скорость резания, м/мин;

K_p – коэффициент условий обработки» [20].

Выполняем расчеты.

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 7,875^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 25^0 \cdot 1,05 = 6703 \text{ Н.}$$

$$W = \frac{6703 \cdot 168}{0,2 \cdot 115} \cdot 2,5 = 61201 \text{ Н.}$$

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

$$\langle Q = Q_1 + Q_2, \quad (28)$$

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

Q_2 – сила, создающая усилие зажима заготовки, Н» [9].

«Сила на сжатие лепестков до заготовки определяется по формуле:

$$Q_1 = R \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi), \quad (29)$$

где R – сила, сжатия лепестков, Н;

α – угол цанги, град;

φ – угол трения цанги, град» [9].

«Сила, сжатия лепестков определяется по формуле:

$$R = \frac{3E \cdot J \cdot f \cdot z}{l}, \quad (30)$$

где E – модуль упругости материала цанги, МПа;

J – момент инерции сектора цилиндрической части цанги в месте заделки лепестка, мм;

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

z – число лепестков цанги;

l – длина лепестка цанги от места заделки до середины конуса, мм»

[9].

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

$$J = \frac{D^3 \cdot h}{8} \cdot \left(\alpha_1 + \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 - \frac{2 \cdot \sin^2 \alpha_1}{\alpha_1} \right), \quad (31)$$

где D – наружный диаметр поверхности лепестка, мм;

h – толщина лепестка, мм;

α_1 – угол цанги, град» [9].

Выполняем расчеты.

$$J = \frac{53^3 \cdot 3}{8} \cdot \left(0,26 + \sin 15 \cdot \cos 15 - \frac{2 \cdot \sin^2 15}{0,26} \right) = 1,8 \text{ мм.}$$

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

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

Сила, создающая усилие зажима заготовки определяется по формуле:

$$Q_2 = W \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi). \quad (32)$$

Выполняем расчеты.

$$Q_2 = 61201 \cdot \text{tg}(15 + 6,59) = 24129 \text{ Н.}$$

$$Q = 13232 + 24129 = 37451 \text{ Н.}$$

В конструкции приспособления с целью обеспечения механизации процесса закрепления и создания расчетного усилия предлагается использовать мембранный пневматический цилиндр, характеристики которого принимаются по рекомендациям [9]. «Исходя из требуемого усилия, принимаем мембранный пневматический цилиндр с резиновой

мембраной диаметром 200 мм, развивающий усилие 40000 Н» [9].

Спроектированное приспособление должно отвечать требованиям по точности установки в нем заготовки. Для ее определения составим расчетную размерную схему, представленную на рисунке 3, и по ней выведем формулу для определения погрешности установки в приспособлении.

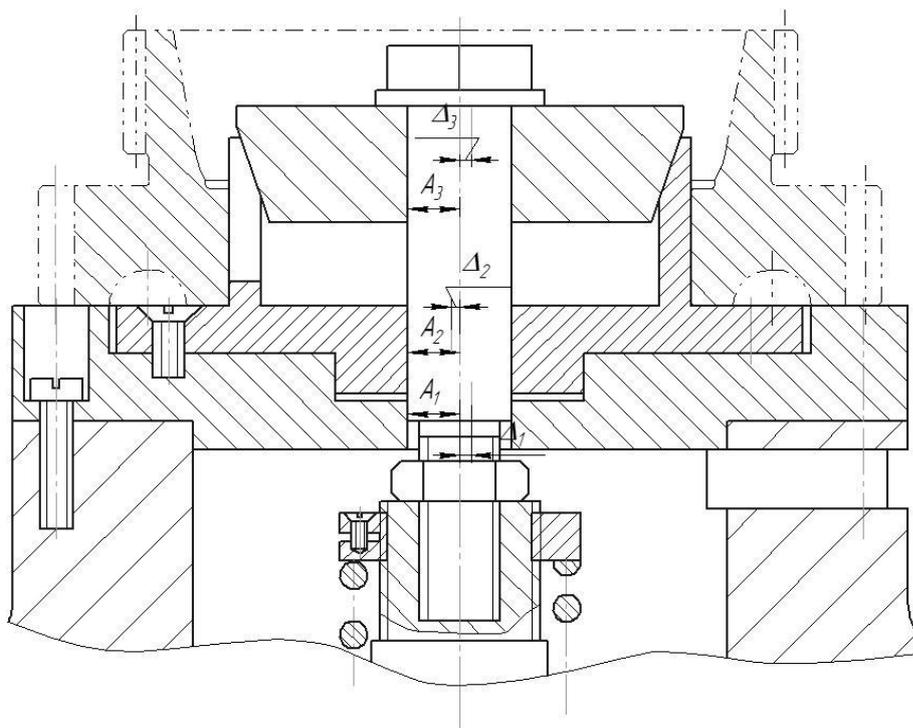


Рисунок 3 – Расчетная схема для определения погрешностей

«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 Δ_1 – погрешность сопряжения тяги и штока, мм;

Δ_2 – погрешность сопряжения тяги и направляющей, мм;

Δ_3 – погрешность сопряжения тяги и цанги, мм» [9].

Производим расчет погрешности установки в приспособлении.

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

«Расчетная точность установки заготовки в приспособлении не должна превышать допустимой точности установки, определяемой по формуле:

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot Td, \quad (34)$$

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

$$\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,15 = 0,045 \text{ мм.}$$

Расчеты показали, что спроектированное приспособление отвечает требуемой точности установки в нем заготовки.

Конструкция приспособления подробно представлена на листе графической части работы и в спецификациях таблицы Б.1 приложения Б.

Спроектированное приспособление позволяет решить проблему механизации процесса закрепления и раскрепления заготовок на зубодолбежной операции и, как следствие, сократить вспомогательное время выполнения.

3.2 Проектирование токарного резца

Токарные операции в данном технологическом процессе составляют значительную его часть. Анализ данных операций показал, что при использовании стандартных резцов наблюдается неудовлетворительное дробление и завивание стружки, что приводит к увеличению вспомогательного времени операций и снижению качества обработки. Устранение данного недостатка возможно путем изменения конструкции режущего инструмента и добавления в нее специальных элементов улучшающих дробление и завивание стружки. Традиционно данная задача решается применением накладных стружколомов или изменением конструкции режущей пластины. Первый подход в данном случае не

приемлем, так как он предполагает увеличение высоты резца, что может привести к увеличению минимально допустимого диаметра обработки на расточных переходах. Проектирование такого токарного резца проведем с использованием методики [1].

Материал режущей части пластины и форму режущей пластины оставляем неизменной. Принимаем трехгранную пластину из твердого сплава Т5К10.

«Согласно принятой методике проектирования конструктивные параметры резца определяются исходя из площади сечения срезаемого слоя по формуле:

$$F = t \cdot S, \quad (35)$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об» [1].

$$F = 2,9 \cdot 0,46 = 1,34 \text{ мм}^2.$$

«По данному значению площади сечения стружки подбираем все конструктивные параметры резца» [1]. Геометрию режущей части принимаем в соответствии с требованиями обработки и рекомендациям [1].

Крепление режущей пластины к державке предполагается осуществить при помощи винта.

«Минимально допустимый диаметр винта определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_1}{\pi \cdot \sigma_d}}, \quad (36)$$

где Q_1 – сила, действующая на штифт при работе инструмента, Н;

σ_d – допустимое материалом штифта напряжение, МПа» [1].

$$\ll Q_1 = \frac{P_{Zmax}}{0,7}, \quad (37)$$

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

Выполняем расчеты.

$$Q_1 = \frac{3563}{0,7} = 5090 \text{ Н.}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 5090}{\pi \cdot 690}} = 3,1 \text{ мм.}$$

С целью устранения дробления и завивания стружки предлагается выполнить на режущей пластине уступ, создающий дополнительную деформацию стружки при сходе по передней поверхности, в соответствии с рекомендациями [1].

Подробная конструкция резца приведена на чертеже листа графической части работы, а также в таблице Б.1 приложения Б.

В ходе выполнения третьего раздела проведено совершенствование спроектированного технологического процесса изготовления. Спроектировано механизированное приспособление на зубодолбежную операцию, что позволило сократить время ее выполнения. Также спроектирован резец с измененной конструкцией режущей пластины, позволяющей избежать получения сливной стружки, что позволило применять более интенсивные режимы резания.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

В качестве технического объекта рассматривается технологический процесс изготовления шестерни коробки скоростей универсально-фрезерного станка JET. Краткий перечень операций и используемых на них средств технологического оснащения приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Операции и средства технологического оснащения

Операция	Станок	Инструменты	Станочные приспособления
005 Токарная, 010 Токарная, 015 Токарная, 020 Токарная	токарно– винторезный 16К20Ф3	резец Т5К10 ГОСТ 18879–73, резец, Т5К10 специальный, резец Т5К10 ГОСТ 18879–73, резец Т30К4 ГОСТ 18879–73, резец Т30К4 специальный	патрон трехкулачковый ГОСТ 2675–80
025 Зубофрезерная	зубофрезерный 5А32	фреза червячная Ø140 Р6М5 ГОСТ 9324–80	оправка цанговая специальная
030 Зубодолбежная	зубодолбежный 5140	долбяк зуборезный Ø100 Р6М5 ГОСТ 9323–80	оправка цанговая специальная
035 Сверлильная	вертикально– сверлильный с ЧПУ 2Н125Ф2	сверло Ø6 ГОСТ4010–77	универсальная делительная головка УДГ–160 ГОСТ 8615–89
045 Шевинговальная, 045 Шевинговальная	зубошевингов альный 5715	шевер Р6М5 ГОСТ8570– 80	оправка цанговая специальная
060 Плоскошлифовальная	плоскошлифо вальный 3Е711	круг 1 – 500х40х127 23А46К5V ГОСТ52781– 2007	плита магнитная ГОСТ 17519–81
065 Внутришлифовальная, 070 Внутришлифовальная	внутришлифо вальный 3К228Б	круг 1–32х40х10 23А46N8V 30м/с1А ГОСТ52781–2007, круг 5– 100х22х40 24А60К8V30м/с1А ГОСТ52781–2007	патрон мембранный ГОСТ 16157–70

Исходя из применяемого оборудования работниками, выполняющими

технологический процесс, являются операторы станков с числовым программным управлением, зуборезчики, 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» [7].

Источниками рисков в данном случае являются технологическое оборудование, инструмент и станочные приспособления, приведенные в таблице 4.

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, характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации, монотонность

труда, тяжесть трудового процесса, производственные факторы, связанные с электрическим током, под действие которого попадает работающий» [7].

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» [7].

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» [7]. Методы и средства снижения профессиональных рисков: «использование современной высокопроизводительной техники; соблюдение эргономических характеристик рабочего места» [7]; «обеспечение безопасных условий труда» [7]; «соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения транспортных средств по территории работодателя; соблюдение скоростного режима» [7]; «применение исправных транспортных средств, подача звуковых сигналов при движении и своевременное применение систем торможения» [7]; «использование блокировочных устройств, применение средств индивидуальной защиты, специальных рабочих костюмов, халатов, исключающих попадание свисающих частей одежды на быстродвижущиеся элементы производственного оборудования» [7]; «допуск к работе работника, прошедшего обучение в области охраны труда» [7]; «устройство систем удаления вредных веществ, выделяющихся в технологическом процессе, на станки и инструменты» [7]; «организация первичного и периодического обучения и инструктажей работников безопасным методам и приемам

выполнения работ» [7]; «использование средств индивидуальной защиты, герметизация технологического оборудования» [7]; «применение закрытых систем для горячих сред, установка изоляции, разделяющих защитных устройств, уменьшение площади контакта, правильное применение средств индивидуальной защиты» [7]; «применение звукоизолирующих ограждений-кожухов, кабин управления технологическим процессом, устройство звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей шума, использование средств индивидуальной защиты» [7]; «своевременный ремонт машин и оборудования (с балансировкой движущихся частей), проверкой крепления агрегатов к полу, фундаменту, с последующим лабораторным контролем вибрационных характеристик» [7]; «установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты и поддерживающие конструкции зданий и сооружений, применение вибропоглощения и виброизоляции; проведение инструктажа на рабочем месте» [7]; «соблюдение основных требований эргономики, соблюдение режимов труда и отдыха» [7]; «организация рабочего места для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человека» [7]; «изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение средств индивидуальной защиты, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [7].

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» [7].

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» [7].

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» [7].

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).

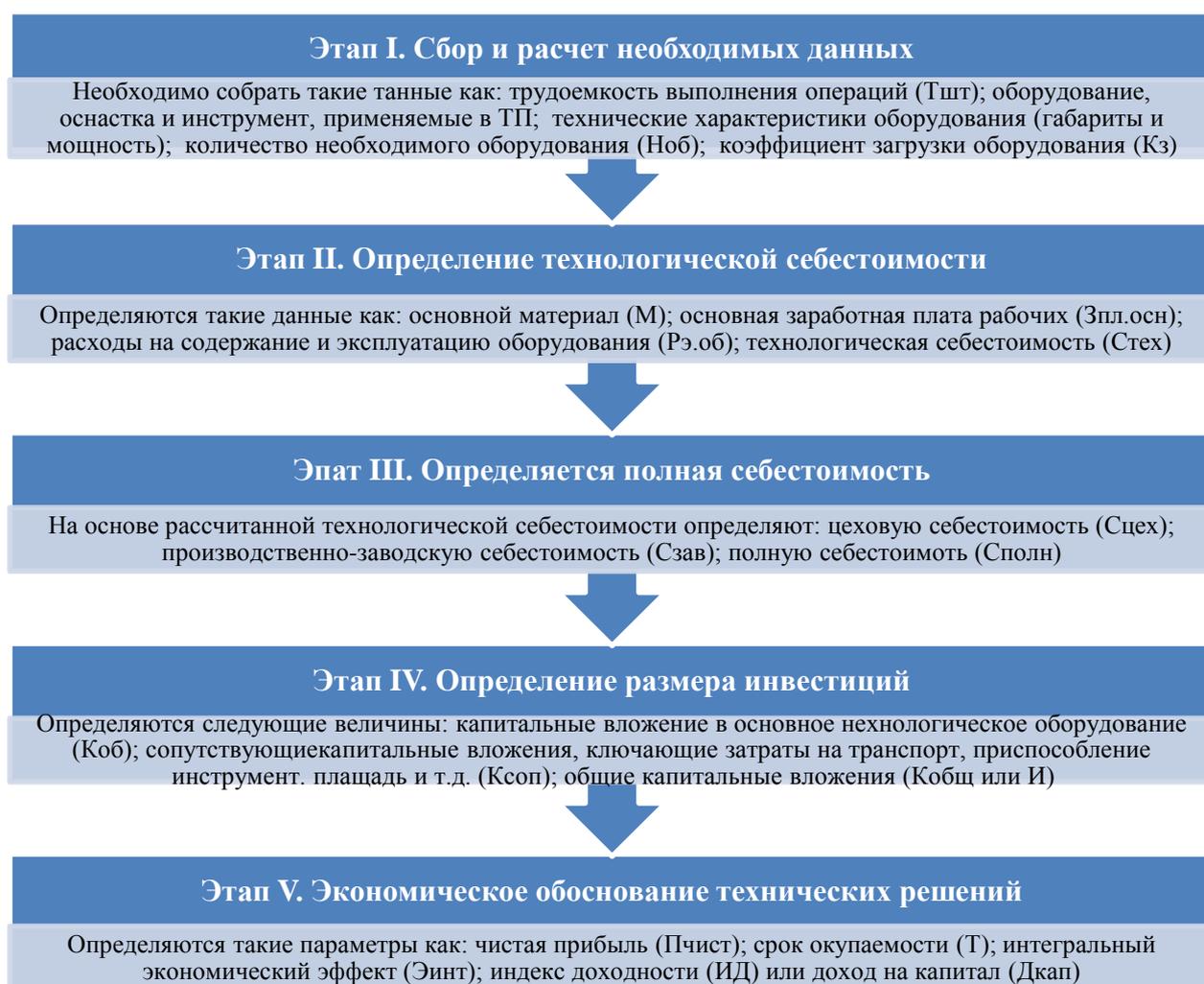


Рисунок 4 – Алгоритм определения экономической эффективности технологических решений

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 [13].

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.

Базовый вариант технологического процесса 010 и 030 операций	Проектный вариант технологического процесса 010 и 030 операций
<p>• <u>Операция 010:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16К20Ф3 • <u>Оснастка</u> – 3-хкулачковый патрон • <u>Инструмент</u> – резец расточной Т5К10 • <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 2,7 мин, То = 1,3 мин <p>• <u>Операция 030:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Оборудование</u> – зубодолбежный станок, модель 5140 • <u>Оснастка</u> – оправка кулачковая с ручным зажимом • <u>Инструмент</u> – долбяк чашечный Ø100, Р6М5 • <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 2,32 мин, То = 1,06 мин 	<p>• <u>Операция 010:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Оборудование</u> – токарно-винторезный станок с ЧПУ, модель 16К20Ф3 • <u>Оснастка</u> – 3-хкулачковый патрон • <u>Инструмент</u> – резец расточной со стружколомающими канавками, Т5К10 • <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 2 мин, То = 1,3 мин <p>• <u>Операция 030:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Оборудование</u> – зубодолбежный станок, модель 5140 • <u>Оснастка</u> – оправка кулачковая механизированная • <u>Инструмент</u> – долбяк чашечный Ø100, Р6М5 • <u>Трудоемкость</u> – Тшт = 1,76 мин, То = 1,06 мин

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 21,2%.

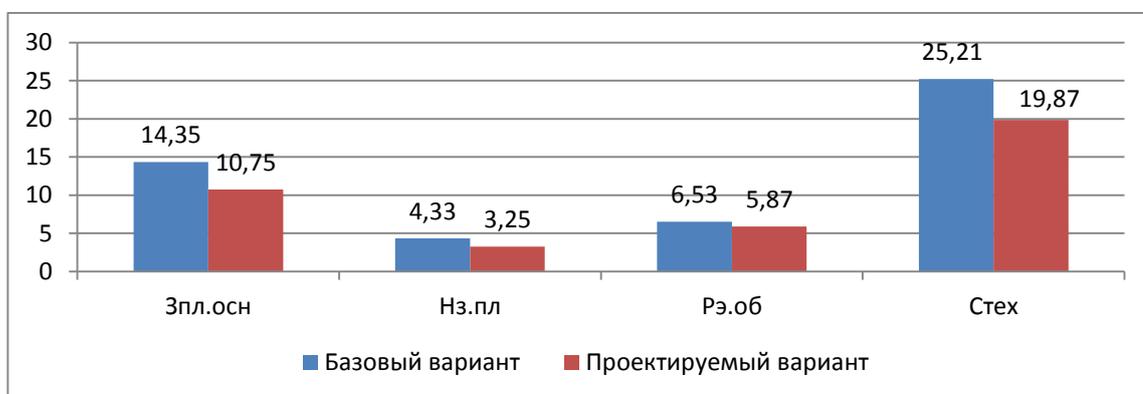


Рисунок 6 – Формирование технологической себестоимости 010 и 030 операций по вариантам, руб.

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.

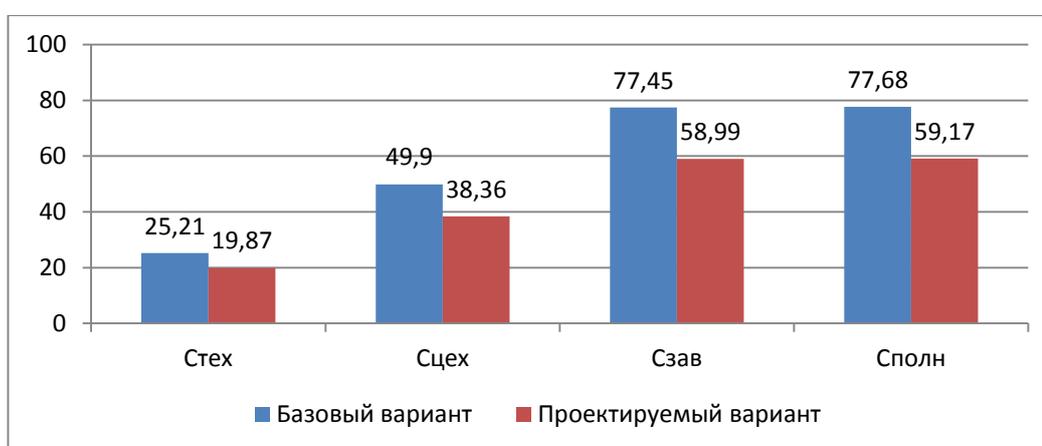


Рисунок 7 – Формирование полной себестоимости 010 и 030 операций по вариантам, руб.

Как видно из рисунка 7, все значения в проектируемом варианте, также имеют тенденцию к снижению. Так полная себестоимость 010 и 030 операций проектируемого процесса уменьшилась на 18,21 рубля, что составляет 23,8%.

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: проектирование ($Z_{ПР}$), приспособление ($K_{ПР}$), инструмент ($K_{И}$), корректировку управляющей программы (K_A) и незавершенное производство ($HЗП$). Учитывая размеры

перечисленных параметров, общий объем инвестиций (*И*) составит 52615,94 рублей.

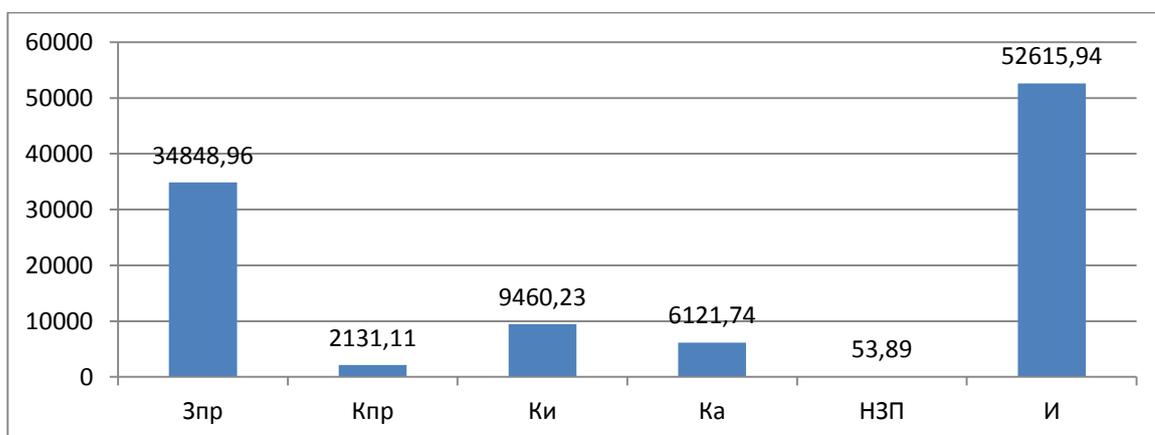


Рисунок 8 – Формирование размера инвестиций на выполнение измененных 010 и 030 операций, руб.

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 9084,06 рубля при сроке окупаемости инвестиций около 1 года. Данная величина является положительной, что подтверждает целесообразность финансовых вложений в предложенное техническое решение.

В данном разделе решена задача определения экономической эффективности. В результате подтверждена правильность принятых технических решений.

Заключение

В ходе выполнения работы достигнута ее цель, которая заключается в разработке технологии изготовления, обеспечивающей выпуск шестерни коробки скоростей универсально-фрезерного станка JET соответствующих заданным показателям качества изготовления для всей годовой программы выпуска, при условии обеспечения минимальной стоимости изготовления.

Достижение цели производится поэтапно, путем решения соответствующих задач, выявленных в ходе анализа исходных данных. Решение задачи проектирования технологического процесса изготовления 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.

Решение задачи совершенствования спроектированного технологического процесса включает в себя выявление лимитирующих операций, их критический анализ и совершенствование, путем проектирования станочного приспособления для зубодолбежной операции и расточного резца для токарной операции.

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

Решена задача определения экономической эффективности. В результате подтверждена правильность принятых технических решений.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы спроектирован технологический процесс изготовления шестерни, 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. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/28284> (дата обращения: 21.04.2022).
2. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2007. – 736 с.
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: 14.04.2022).
4. Богодухов, С.И. Основы проектирования заготовок в автоматизированном машиностроении: учебник/ С.И. Богодухов, А.Г. Схиртладзе, Р.М. Сулейманов, Е.С. Козик.. – М. : Машиностроение, 2009. – 432 с.
5. 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.
6. Воронов Д.Ю. Проектирование и производство заготовок изделий машиностроительного производства : учебно-методическое пособие / Д.Ю. Воронов, В.М. Боровков, И.В. Кузьмич. – Тольятти : ТГУ, 2018. –203 с. [Электронный ресурс]. –URL: <https://e.lanbook.com/book/140032> (дата обращения: 29.03.2022).
7. 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
8. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-01-07. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 83 с.

9. Зубарев Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 320 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/61360> (дата обращения: 29.04.2022).

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: 16.04.2022).

11. Клименков С.С. Обрабатывающий инструмент в машиностроении: учебник / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. – 459 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/435685> (дата обращения: 16.04.2022).

12. Клименков, С.С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум. – Минск : Новое знание, 2013. – 269 с.

13. Краснопевцева И.В. Экономика и управление машиностроительным производством: электрон. учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева, Н.В. Зубкова. – Тольятти. : ТГУ, 2014. – 183 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13> (дата обращения: 11.05.2022).

14. Маталин А. А. Технология машиностроения : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. 151001 напр. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. производств" / А. А. Маталин. - Изд. 3-е, стер. ; Гриф УМО. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. - 512 с.

15. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для во / А.А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 512 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 10.04.2022).

16. 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: 25.04.2022).

17. 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: 16.04.2022).

18. 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.

19. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления: электронное учеб.–метод. пособие / Д.А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин–т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр–ва". – ТГУ. – Тольятти. : ТГУ, 2017. – 34 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/6204> (дата обращения: 14.04.2022).

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. Схиртладзе А. Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в". Т. 2 / А.Г. Схиртладзе, С.Н. Григорьев, В.П. Борискин. - 4-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2016. – 517 с.

23. Химический состав и физико-механические свойства стали 20ХГТ [Электронный ресурс]. – https://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/25XGT? (дата обращения: 28.03.2022).

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт
T 19	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392101 Резец токарный контурный Т5К10 ГОСТ 18879-73;														
T 20	392152 Резец токарный расточной Т5К10 специальный; 392115 Резец токарный канавочный Т5К10														
T 21	ГОСТ 18879-73; 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 166-89; 394253 Нутромер НМ-200 ГОСТ 10-88.														
22															
A 23	XX XX XX 015 4110 Токарная														
Б 24	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1 1200 1 0,91														
О 25	Точить поверхности 1, 16, 17, 18, 21, 22 в размер 70,83 ^{+0,12} , 31,414 ^{+0,081} , 39,83 ^{+0,081} , 31,83 ^{+0,081} , 75,79 ^{+0,3} .														
О 26	1 _{0,1} х45°±15'														
T 27	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392101 Резец токарный контурный Т30К4 ГОСТ 18879-73;														
T 28	392152 Резец токарный расточной Т30К4 специальный; 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 166-89;														
T 29	393400 Шаблон.														
30															
A 31	XX XX XX 020 4110 Токарная														
Б 32	381101 Токарный 16К20Ф3 3 18217 312 1Р 1 1 1 1200 1 1,48														
О 33	Точить поверхности 11, 13, 14, 15 в размер $\phi 113,147^{+0,14}$, 69,62 ^{+0,12} , 1 _{0,1} х45°±15'.														
T 34	396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2675-80; 392101 Резец токарный контурный Т30К4 ГОСТ 18879-73;														
T 35	392152 Резец токарный расточной Т30К4 специальный; 393311 Штангенциркуль ШЦ-2 ГОСТ 166-89;														
T 36	393400 Шаблон.														
37															
A 38	XX XX XX 025 4153 Зубофрезерная														
Б 39	381572 Зубофрезерный 5А32 3 12287 312 1Р 1 1 1 1200 1 1,43														
О 40	Фрезеровать поверхности 8, 9 в размер 10-й степени точности.														
T 41	396171 Оправка цанговая специальная; 391810 Фреза червячная $\phi 14,0$ ГОСТ 9324-80 Р6М5; 393400 Шаблон.														
МК															

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа											
						Код, наименование оборудования	СМ	проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпоэ	Тшт
А 69	XX XX XX	030	4152	Зубодлбежная													
Б 70	381571	Зубодлбежный	5140	3	12287	312	1Р	1	1	1	1200	1					176
О 71	Долбить поверхности 3, 4 в размер 10-й степени точности.																
Т 72	3961710 Оправка цанговая специальная; 392410 Долбяк чашечный $\phi 100$ ГОСТ 9323-79 Р6М5; 393400																
Т 73	Шаблон.																
74																	
А 75	XX XX XX	035	4121	Сверлильная													
Б 76	381213	Вертикально-сверлильный	2Н125Ф2	3	15292	422	1Р	1	1	1	1200	1					147
О 77	Сверлить поверхность 2 в размер $\phi 6^{+0,12}$, $61,62_{-0,53}$, $53,62_{-0,53}$.																
Т 78	3396190 Универсальная делительная головка УДГ-160 ГОСТ 8615-89; 391290 Сверло $\phi 6$ ГОСТ 4010-77																
Т 79	Р6М5; 394235 Нутромер НМ-20 ГОСТ 10-88.																
80																	
А 81	XX XX XX	040		Слесарная													
82																	
А 83	XX XX XX	045	4157	Шевинговальная													
Б 84	381574	Зубошевинговальный	5715	3	12287	312	1Р	1	1	1	1200	1					182
О 85	Шевинговать поверхность 9 в размер 8-й степени точности.																
Т 86	3961710 Оправка цанговая специальная; 391810 Шейвер дисковый $\phi 180$ Р6М5 ГОСТ 8570-80; 393400 Шаблон.																
87																	
А 88	XX XX XX	050	4157	Шевинговальная													
Б 89	381574	Зубошевинговальный	5715	3	12287	312	1Р	1	1	1	1200	1					162
О 90	Шевинговать поверхность 4 в размер 8-й степени точности.																
Т 91	3961710 Оправка цанговая специальная; 391810 Шейвер дисковый $\phi 180$ Р6М5 ГОСТ 8570-80; 393400 Шаблон.																
МК																	

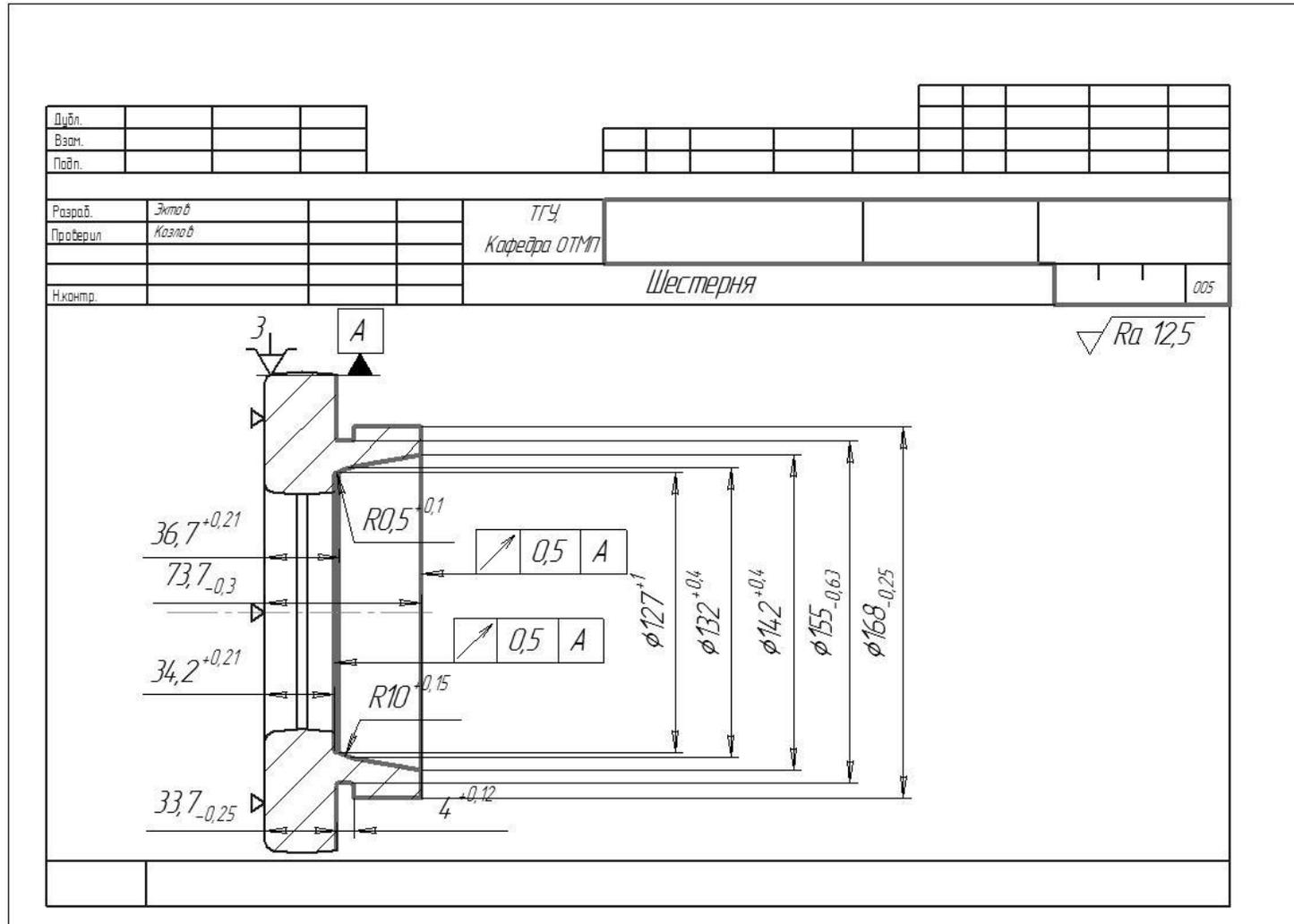
Продолжение Приложения А

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 94	XX XX XX			055	Термическая											
95																
А 96	XX XX XX			060	4133 Плоскошлифовальная.											
Б 97	381313				Плоскошлифовальный ЗЕ711	3	18873	422	1Р	1	1	1	1200	1		4,0
О 98	Шлифовать поверхность 11 в размер 69 _{0,02} .															
Т 99	396161 Плита магнитная ГОСТ 17519-81; 397712 Круг шлифовальный 1-500x40x127 23А46К5V															
Т 100	ГОСТ52781-2007; 393123 Скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.															
101																
А 102	XX XX XX			065	4132 Внутришлифовальная											
Б 103	381312				Внутришлифовальный ЗК228Б	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1		2,86
О 104	Шлифовать поверхность 13, 22 в размеры $\phi 114,023^{+0,054}$, 29 _{0,041} .															
Т 105	396190 Патрон мембранный ГОСТ16157-70; 397712 Круг шлифовальный 1-32x40x10 23А46N8V 30м/с1А															
Т 106	ГОСТ52781-2007; 397713 Круг шлифовальный 5-100x22x40 24А60К8V30м/с1А394235 Цитромер															
Т 107	НМ-150 ГОСТ10-88.															
108																
А 109	XX XX XX			070	4132 Внутришлифовальная											
Б 110	381312				Внутришлифовальный ЗК228Б	3	18873	312	1Р	1	1	1	1200	1		3,4
О 111	Шлифовать поверхность 13 в размеры $\phi 115^{+0,054}$.															
Т 112	396190 Патрон мембранный ГОСТ16157-70; 397712 Круг шлифовальный 1-32x40x10 24А60М5V 30м/с1А															
Т 113	ГОСТ52781-2007; 394235 Цитромер НМ-150 ГОСТ10-88.															
114																
А 115	XX XX XX			075	Моечная											
А 116	XX XX XX			080	Контрольная											
МК																

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



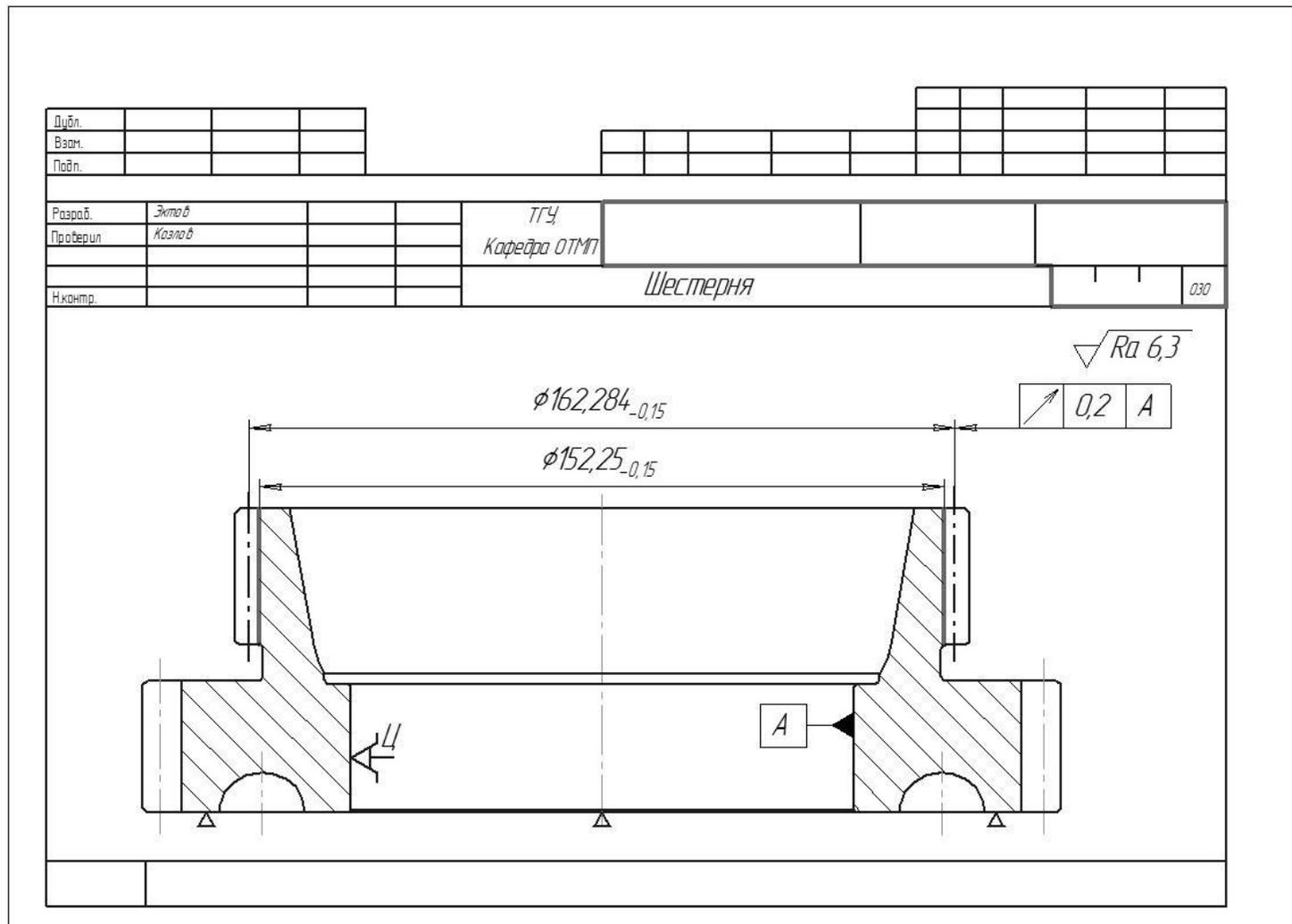
Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

ГОСТ 3.116-82										Форм 1		
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
Разраб.	<i>Этаб</i>			<i>ТГУ</i>								
Проверил	<i>Козлов</i>			<i>Кафедра ОТМТ</i>								
Н.контр.				<i>Шестерня</i>			Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	<i>005</i>	
Наименование операции		Материал		Твердость	EB	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД	
<i>Токарная</i>		<i>Сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71</i>		<i>HВ 220</i>	<i>166</i>	<i>6,4</i>	<i>φ215х74</i>			<i>10,71</i>	<i>1</i>	
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		Т _а	Т _б	Т _в	Т _{шт}	СОЖ				
<i>16К20Ф3</i>				<i>13</i>			<i>2,0</i>	<i>Ужидина-1</i>				
		пи	о или в	Л	т	и	с	п	V			
<i>01</i>	<i>1. Установить заготовку</i>											
<i>Т 02</i>	<i>396110 Патрон 3-х кулачковый ГОСТ 2875-80; 392101 Резец токарный контурный Т5К10 ГОСТ 18879-73;</i>											
<i>Т 03</i>	<i>392152 Резец токарный расточной Т5К10 специальный; 392115 Резец токарный канавочный Т5К10</i>											
<i>Т 04</i>	<i>ГОСТ 18879-73.</i>											
<i>0 05</i>	<i>2. Точить последовательно поверхности и торцы выдерживая размеры согласно эскиза</i>											
<i>Р 06</i>		<i>1</i>				<i>2,5</i>	<i>0,7</i>	<i>250</i>	<i>165</i>			
<i>Р 07</i>		<i>2</i>				<i>2,3</i>	<i>0,46</i>	<i>380</i>	<i>170</i>			
<i>Р 08</i>		<i>3</i>				<i>8,0</i>	<i>0,18</i>	<i>380</i>	<i>187</i>			
<i>09</i>	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.</i>											
<i>10</i>												

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1



Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

										ГОСТ 3.116-82		Форм 1		
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
Разраб.	<i>Этаб</i>			<i>ТГУ</i>										
Проверил	<i>Козлов</i>			<i>Кафедра ОТМТ</i>										
Н.контр.				<i>Шестерня</i>						Цех	Уч.	Р.М.	Опер.	<i>030</i>
Наименование операции		Материал			Твердость	EB	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
<i>Зубодолбежная</i>		<i>Сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71</i>			<i>HВ 220</i>	<i>166</i>	<i>6,4</i>	<i>φ215х74</i>			<i>10,71</i>	<i>1</i>		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы			То	ТЪ	ТЪВ	Тшт	Сож					
<i>5140</i>					<i>106</i>			<i>1,76</i>	<i>Украина-1</i>					
			пи	о или в	Л	т	і	s	п	v				
<i>01</i>	<i>1. Установить заготовку</i>													
<i>Т.оп</i>	<i>396171 Оправка цанговая специальная; 392410 Долбяк чашечный φ100 ГОСТ 9323-79 Р6М5.</i>													
<i>0.02</i>	<i>2. Долбить зыбчатый венец выдерживая размеры согласно эскиза</i>													
<i>Р.04</i>		<i>1</i>					<i>7,875</i>	<i>0,3</i>	<i>250</i>	<i>25</i>				
<i>05</i>	<i>3. Открепить, снять деталь с приспособления, уложить на тележку.</i>													
<i>06</i>														
<i>07</i>														
<i>08</i>														
<i>09</i>														
<i>10</i>														

