

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных
производств

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс изготовления шестерни фрезерной головки

Студент(ка)	<u>А.Е. Ильин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>А.А. Козлов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Н.В. Зубкова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Ильин Александр Евгеньевич. Технологический процесс изготовления шестерни фрезерной головки. Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства». ТГУ. Тольятти. 2019 г.

Выпускная квалификационная работа посвящена проектированию технологического процесса изготовления шестерни фрезерной головки. В данной работе технологический процесс проектируется в несколько этапов. На первом этапе производится анализ исходных данных, и ставятся задачи работы. На втором этапе проектируется маршрутно-операционная технология. Для этого проектируется заготовка, составляется маршрут изготовления детали, определяются основные средства оснащения техпроцесса и рассчитываются его параметры. На третьем этапе подвергаются модернизации лимитирующие операции с целью увеличения их эффективности. На четвертом этапе рассматриваются вопросы безопасности проектируемого техпроцесса. На пятом этапе рассчитывается экономическая эффективность от предполагаемых мероприятий по модернизации, предложенных на третьем этапе.

Пояснительная записка содержит 67 страниц, 3 рисунка и 9 таблиц. Графическая часть содержит 7 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Служебное назначение детали.....	6
1.2 Технологичность детали.....	6
1.3 Анализ параметров техпроцесса.....	8
1.4 Задачи работы.....	9
2 Разработка технологической части работы.....	10
2.1 Обоснование выбора заготовки.....	10
2.2 Проектирование заготовки.....	13
2.3 Проектирование маршрута изготовления детали.....	18
2.4 Выбор средств оснащения техпроцесса.....	19
2.5 Определение режимов резания.....	21
3 Проектирование специальных средств оснащения.....	24
3.1 Проектирование станочного приспособления.....	24
3.2 Проектирование режущего инструмента.....	31
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	33
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	33
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	34
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	35
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	38
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	40
4.6 Заключение по разделу.....	42
5 Экономическая эффективность работы.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	48
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	52

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	61

ВВЕДЕНИЕ

Фрезерные головки применяются в составе агрегатных станков. Данный вид оборудования применяется в условиях крупносерийного производства и обеспечивает достаточную для данного типа производства гибкость. Фрезерные головки также могут применяться с целью увеличения технологических возможностей универсального технологического оборудования.

В любом случае головка должна отвечать ряду требований. В первую очередь это достаточная производительность, точность и надежность. Последнее из перечисленных требований обеспечивается не только конструкторскими решениями, но и технологией производства.

Как показывает практика, надежность всего узла зависит от каждого отдельно взятого элемента входящего в его состав. В связи с этим, основной целью работы будет создать такой технологический процесс изготовления шестерни, который обеспечит выполнение всех требований предъявляемых конструктором детали. Так же следует учесть, что проектируемый техпроцесс должен обеспечить выпуск всей производственной программы, которая составляет 5000 штук в год при условии обеспечения минимальных экономических затрат на производство.

1 Анализ исходных данных

1.1 Служебное назначение детали

Служебное назначение детали заключается в передаче крутящего момента и изменении частоты вращения. Для передачи крутящего момента шестерня имеет два основных элемента шпоночные пазы и зубчатый венец.

В механизме шестерня устанавливается на вал по посадке, что обеспечивает ее надежное крепление.

В процессе работы механизма возникают различные по величине и направлению нагрузки, что повлияло на выбор материала детали. В целом рабочую среду можно считать умеренно агрессивной, т.к. деталь установлена в закрытом корпусе и влияние внешней среды и технологических жидкостей исключено. Конструкцией узла обеспечиваются хорошие условия для смазки тех рабочих поверхностей детали, которые работают в условиях трения. Единственным агрессивным фактором можно считать наличие ударных нагрузок, которые неизбежно возникают в процессе фрезерования.

1.2 Технологичность детали

Оценку шестерни на технологичность проводим по методике [1]. В соответствии с которой необходимо оценить на технологичность материал детали, возможные методы получения заготовок, конструкцию детали, технологические базы и характеристики поверхностей детали.

Для оценки материала детали на технологичность необходимо оценить ее химический состав, физико-механические характеристики и обрабатываемость инструментальными материалами [2].

Химический состав стали 20Х по ГОСТ 4543-71 приведен на рисунке 1.1. Основанная физико-механическая характеристика предел прочности при растяжении данной стали в состоянии поставки $\sigma_B = 650$ МПа. Обрабатываемость инструментальным материалом, которая характеризуется коэффициентом обрабатываемости, для твердосплавного инструмента составляет $K_o = 0,95$, для быстрорежущего $K_o = 0,85$.

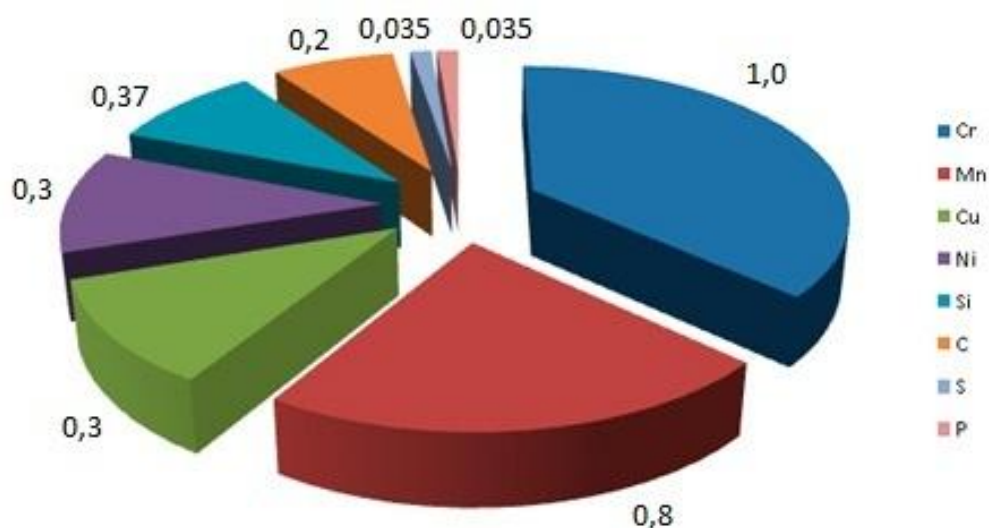


Рисунок 1.1 – Химический состав стали 20X

Данные характеристики материала детали обеспечивают все заданные конструктором требования и при этом обеспечивают хорошую обрабатываемость при механической обработке и прокаливаемость на термических операциях.

Заготовка шестерни технологична, что обусловлено простотой ее формы и возможностью использования различных методов ее получения. В данном случае наиболее целесообразно применять методы литья или штамповки [3]. Для окончательного выбора в пользу одного из методов необходим экономический анализ.

Оценка конструкции детали на технологичность заключается в оценке сложности выполнения ее конструктивных элементов и возможности использования того или иного типа средств оснащения. В данном случае конструкция детали достаточно сложная, но при этом отсутствуют сложные элементы и максимально использованы типовые элементы. Это позволит использовать типовые методы обработки, что позволит использовать универсальное оборудование, универсальную и стандартизированную оснастку, стандартный режущий инструмент и контрольные приспособления. Исходя из проведенного анализа, конструкцию детали можно считать технологичной.

Технологичность базирования можно оценить как хорошую, т.к. не требуется создания искусственных баз и введения дополнительных методов обработки для получения баз с необходимой точностью. За базы можно принять любые наружные и внутренние поверхности детали, что удобно с точки зрения теории базирования и обеспечения минимальных погрешностей обработки.

Характеристики поверхностей детали также можно считать технологичными. Для их обеспечения механической обработке нужно подвергнуть все поверхности, но при этом не требуется использования специальных методов обработки и специальных средств оснащения. Это позволит максимально снизить затраты на получение шестерни.

1.3 Анализ параметров техпроцесса

Параметры проектируемого технологического процесса зависят в первую очередь от типа производства, поэтому необходимо его определить. Для определения типа производства будем использовать упрощенную методику [4], согласно которой тип производства среднесерийный, т.к. масса детали составляет 0,39 кг, а годовая программа выпуска 5000 деталей в год.

Для технологического процесса в условиях среднесерийного типа производства согласно данным [5] характерны следующие параметры.

Проектирование техпроцесса производится на основе последовательной стратегии с включением циклических этапов с использованием типовых технологических процессов. Форма организации техпроцесса групповая с периодическим запуском деталей в производство. Результатом проектирования является маршрутная технология.

Для заготовительных операций характерно применение относительно простых методов литья или штамповки. При определении припусков используются статистические данные и расчетный метод, в зависимости от требуемой точности обработки поверхности и ее шероховатости. При формировании контура заготовки стремятся получить максимально простую

форму, что необходимо для сохранения относительно невысокой стоимости заготовок.

Проектирование операций выполняется с учетом применения экстенсивной концентрации переходов и методов достижения точности обработкой на настроенном оборудовании и активного контроля для финишной обработки. На операциях должны соблюдаться принципы единства и постоянства баз. Режимы резания и нормирование на операциях производятся опытно-статистическим или расчетно-аналитическим методом с последующим уточнением при внедрении в производство.

Среднесерийный тип производства предполагает применение универсальных и оснащенных программным управлением станков. Приспособления, режущий инструмент и контрольные приспособления применяются в основном универсальные и стандартизированные. Применение специальных средств оснащения также допустимо, но только в случае если стандартные средства не позволяют добиться какого-либо из требуемых параметров техпроцесса.

1.4 Задачи работы

Сформулируем задачи выпускной квалификационной работы на основе проведенного анализа исходных данных.

В ходе выполнения работы в первую очередь необходимо выбрать метод получения заготовки, провести расчеты припусков на обработку, определить характеристики заготовки и провести ее проектирование.

Далее необходимо определить методы обработки поверхностей, сгенерировать маршрут обработки детали, выбрать оборудование и другие средства оснащения техпроцесса, произвести расчеты режимов резания и норм времени на выполнение технологических операций.

Затем необходимо спроектировать специальное приспособление и инструмент для операций, требующих технических изменений.

В заключительной части работы необходимо оценить безопасность полученного техпроцесса и экономические показатели от его внедрения.

2 Разработка технологической части работы

2.1 Обоснование выбора заготовки

Метод получения заготовки выбирается на основе анализа общих затрат C_i для возможных методов получения заготовки шестерни. В данном случае сравнивать будем литье в кокиль и горячую штамповку. Для проведения анализа используется методика и данные [6].

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

где C_{3i} – стоимость получения заготовки рассматриваемым методом, руб;

$C_{ОБР.i}$ – стоимость обработки заготовки, руб.

Определение C_{3i} производится по формуле:

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

где $Ц_M$ – стоимость тонны стали, руб;

M_3 – масса обрабатываемой заготовки, кг;

$K_{СП}$, K_T , $K_{СЛ}$ – коэффициенты, которые учитывают особенности заготовки.

Для определения проведения дальнейших расчетов необходимо определить массы заготовок полученных различными методами и массу детали.

$$M_0 = \frac{\pi}{4} (d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2 + d_3^2 l_3 - d_4^2 l_4 - d_5^2 l_5) \rho, \quad (2.3)$$

где d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 – диаметры цилиндрических поверхностей детали, мм;

l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 – длина цилиндрических поверхностей детали, мм;

ρ – плотность стали, кг/мм³.

$$M_o = \frac{\pi}{4} (6,117^2 \cdot 2,0 + 5,5^2 \cdot 2,5 + 5,0^2 \cdot 1,2 - 4,7^2 \cdot 2,95 - 3,6^2 \cdot 2,3) \times \\ \times 0,00786 = 0,39 \text{ кг.}$$

Для штамповки масса определяется по формуле:

$$M_{31} = \left(\frac{\pi}{2} R_1^2 \cdot l_1 + \frac{\pi}{3} \cdot (R_2^3 - R_3^3) \cdot \overline{l_2} - \frac{\pi}{3} \cdot (R_4^3 - R_5^3) \cdot \overline{l_2} - \frac{\pi}{3} \cdot (R_5^3 - R_6^3) \cdot \overline{l_4} - \frac{\pi}{2} R_7^2 \cdot l_5 \right) \times \\ \times K_{шт} \cdot \rho \quad (2.4)$$

где $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7$ – радиусы цилиндрических поверхностей штамповки, мм;

l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 – длина цилиндрических поверхностей штамповки, мм;

$K_{шт}$ – коэффициент, который учитывает особенности штамповки.

$$M_{31} = \left(\frac{\pi}{2} 3,15^2 \cdot 2,2 + \frac{\pi}{3} \cdot (3,15^3 - 2,75^3) \cdot \overline{33} - \frac{\pi}{3} \cdot (4,5^3 - 4,0^3) \cdot \overline{30} - \frac{\pi}{3} \cdot (3,4^3 - \right. \\ \left. - 3,0^3) \cdot 20 - \frac{\pi}{2} 3,0^2 \cdot 5,0 \right) \cdot 1,05 \cdot 0,00786 = 0,48 \text{ кг.}$$

Для отливки масса определяется по формуле:

$$M_{32} = \left(\frac{\pi}{4} (d_1^2 l_1 - d_3^2 l_3 - d_4^2 l_4) + \frac{\pi}{3} \left(\left(\frac{d_1}{2} \right)^3 - \left(\frac{d_2}{2} \right)^3 \right) l_2 \right) \rho, \quad (2.5)$$

где d_1, d_2, d_3, d_4 – диаметры цилиндрических поверхностей отливки, мм;

l_1, l_2, l_3, l_4 – длина цилиндрических поверхностей детали, мм;

$K_{кл}$ – коэффициент, который учитывает особенности отливки.

$$M_{32} = \left(\frac{\pi}{4} \cdot 6,317^2 \cdot 2,225 - 4,46^2 \cdot 30 - 33,6^2 \cdot 25 \right) + \frac{\pi}{3} \left(\left(\frac{6,317}{2} \right)^3 - \left(\frac{2,79}{2} \right)^3 \right) 2,6 \times$$

0,00786 = 0,52 кг.

$$C_{31} = \frac{20000 \cdot 0,48 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1}{1000} = 7,87 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = \frac{20000 \cdot 0,52 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1,2}{1000} = 8,53 \text{ руб.}$$

Стоимость обработки заготовки:

$$C_{\text{обп},i} = \frac{C_{\text{уд}} \left(\frac{1}{K_{\text{им},i}} - 1 \right) M_{\text{д}}}{K_{\text{о}}}, \quad (2.6)$$

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

$K_{\text{о}}$ – коэффициент обрабатываемости материала детали;

$K_{\text{им}}$ – коэффициент использования материала детали.

$$K_{\text{им},i} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}}. \quad (2.7)$$

$$K_{\text{им}1} = \frac{0,39}{0,48} = 0,82.$$

$$K_{\text{им}2} = \frac{0,39}{0,52} = 0,75.$$

$$C_{\text{обп}1} = \frac{4 \cdot \left(\frac{1}{0,82} - 1 \right) \cdot 0,48}{1,1} = 0,38 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{обп}2} = \frac{4 \cdot \left(\frac{1}{0,75} - 1 \right) \cdot 0,52}{1,1} = 0,63 \text{ руб.}$$

Далее рассчитываем общие затраты.

$$C_1 = 7,87 + 0,38 = 8,25 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 8,53 + 0,63 = 9,16 \text{ руб.}$$

Расчетным путем выявлено, что заготовка получаемая штамповкой экономически выгоднее. Дальнейшее проектирование заготовки проводим для этого метода ее получения.

2.2 Проектирование заготовки

Расчетами было установлено, что наиболее выгодным методом получения заготовки в данном случае будет штамповка. Для ее проектирования необходимо выбрать методы обработки поверхностей, определить для них припуски, напуски, отклонения формы и расположения поверхностей, плоскость разъема штампов и другие характеристики заготовки.

Определение маршрутов обработки поверхностей выполняется на основе данных об удельных затратах для каждого метода [7]. Суммируя их и сравнивая каждый возможный вариант, получаем наиболее рациональный вариант. Для удобства каждой поверхности присваиваем свой номер на эскизе детали (рисунок 2.1).

Получаем следующие результаты выбора методов обработки поверхностей.

Маршрут обработки поверхностей 1, 3 состоит из точения чернового и термической обработки.

Маршрут обработки поверхностей 2, 5, 6, 8, 11, 12, 14, 18, 19, 20, 22, 23, 24 состоит из точения чистового и термической обработки.

Маршрут обработки поверхности 4 состоит из зубодолбления, шевингования, термической обработки, зубошлифования чернового и зубошлифования чистового.

Маршрут обработки поверхностей 7, 17, 21 состоит из точения чернового, точения чистового, термической обработки, шлифования чернового и шлифования чистового.

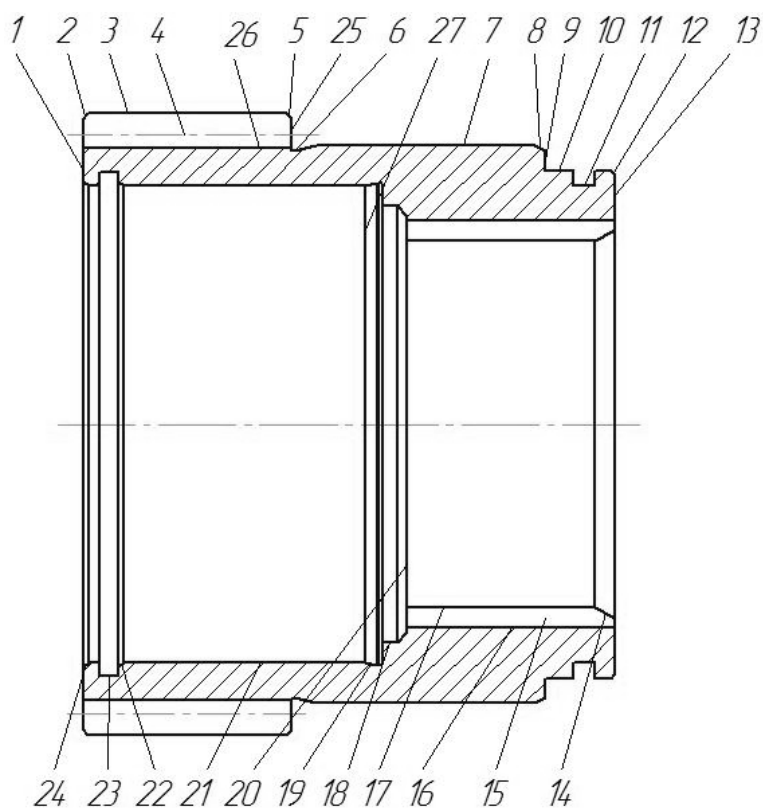


Рисунок 2.1 – Эскиз шестерни

Маршрут обработки поверхностей 8, 9, 10, 13, 25, 27 состоит из точения чернового, точения чистового и термической обработки.

Маршрут обработки поверхностей 15, 16 состоит из фрезерования и термической обработки.

Маршрут обработки поверхности 26 состоит из зубодолбления и термической обработки.

Определение припусков проводится расчетно-аналитическим методом [8] для точной поверхности $55k6\left(\begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0,002 \end{smallmatrix}\right)$, т.к. она имеет длинный маршрут обработки, и определение припусков с высокой точностью в данном случае позволит уменьшить общий припуск и сократить количество брака.

Определение минимального припуска производится на основании данных по глубине дефектного слоя a , погрешностей установки в приспособлениях \mathcal{E} и пространственных отклонений Δ :

$$z_{i\min} = a_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \mathcal{E}_i^2}. \quad (2.8)$$

$$z_{1\min} = a_0 + \sqrt{\Delta_0^2 + \varepsilon_1^2} = 0,3 + \sqrt{0,3^2 + 0,025^2} = 0,601 \text{ мм.}$$

$$z_{2\min} = a_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} = 0,2 + \sqrt{0,075^2 + 0,025^2} = 0,438 \text{ мм.}$$

$$z_{3\min} = a_{TO} + \sqrt{\Delta_{TO}^2 + \varepsilon_3^2} = 0,25 + \sqrt{0,03^2 + 0,012^2} = 0,282 \text{ мм.}$$

$$z_{4\min} = a_3 + \sqrt{\Delta_3^2 + \varepsilon_4^2} = 0,15 + \sqrt{0,012^2 + 0,012^2} = 0,167 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск зависит от допуска на выполнение размера на предыдущей Td_{i-1} и текущей Td_i операциях:

$$z_{i\max} = z_{i\min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_{i-1} + Td_i} \quad (2.9)$$

$$z_{1\max} = z_{1\min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_0 + Td_1} = 0,601 + 0,5 \cdot \sqrt{2 + 0,30} = 1,351 \text{ мм.}$$

$$z_{2\max} = z_{2\min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_1 + Td_2} = 0,438 + 0,5 \cdot \sqrt{0,30 + 0,12} = 0,648 \text{ мм.}$$

$$z_{3\max} = z_{3\min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_{TO} + Td_3} = 0,282 + 0,5 \cdot \sqrt{0,160 + 0,046} = 0,385 \text{ мм.}$$

$$z_{4\max} = z_{4\min} + 0,5 \cdot \sqrt{d_3 + Td_4} = 0,167 + 0,5 \cdot \sqrt{0,046 + 0,019} = 0,200 \text{ мм.}$$

Средний припуск будет равен:

$$z_{cpi} = \frac{z_{i\max} + z_{i\min}}{2} \quad (2.10)$$

$$z_{cp1} = \frac{z_{1\max} + z_{1\min}}{2} = \frac{0,601 + 1,351}{2} = 0,976 \text{ мм.}$$

$$z_{cp2} = \frac{z_{2\max} + z_{2\min}}{2} = \frac{0,438 + 0,648}{2} = 0,543 \text{ мм.}$$

$$z_{cp3} = \frac{z_{3\max} + z_{3\min}}{2} = \frac{0,282 + 0,385}{2} = 0,334 \text{ мм.}$$

$$z_{cp4} = \frac{z_{4\max} + z_{4\min}}{2} = \frac{0,167 + 0,200}{2} = 0,184 \text{ мм.}$$

Предельные размеры для каждого перехода рассчитываются:

$$d_{(i-1)\min} = d_{i\min} + 2 \cdot z_{i\min}, \quad (2.11)$$

$$d_{(i-1)\max} = d_{(i-1)\min} + Td_{i-1}. \quad (2.12)$$

Для термической операции следует учесть изменение размера при фазовом превращении аустенита в мартенсит:

$$d_{(TO-1)\min} = d_{(i-1)\min} \cdot 0,999. \quad (2.13)$$

$$d_{4\min} = 55,002 \text{ мм.}$$

$$d_{4\max} = 55,021 \text{ мм.}$$

$$d_{3\min} = d_{4\min} + 2 \cdot z_{4\min} = 55,002 + 2 \cdot 0,167 = 55,336 \text{ мм.}$$

$$d_{3\max} = d_{3\min} + Td_3 = 55,336 + 0,046 = 55,382 \text{ мм.}$$

$$d_{TO\min} = d_{3\min} + 2 \cdot z_{3\min} = 55,336 + 2 \cdot 0,282 = 55,9 \text{ мм.}$$

$$d_{TO\max} = d_{TO\min} + Td_{TO} = 55,9 + 0,160 = 56,06 \text{ мм.}$$

$$d_{2\min} = d_{TO\min} \cdot 0,999 = 56,06 \cdot 0,999 = 56,004 \text{ мм.}$$

$$d_{2\max} = d_{2\min} + Td_2 = 56,004 + 0,12 = 56,124 \text{ мм.}$$

$$d_{1\min} = d_{2\min} + 2 \cdot z_{2\min} = 56,004 + 2 \cdot 0,438 = 56,88 \text{ мм.}$$

$$d_{1\max} = d_{1\min} + Td_1 = 56,88 + 0,30 = 57,18 \text{ мм.}$$

$$d_{0\min} = d_{1\min} + 2 \cdot z_{1\min} = 56,88 + 2 \cdot 0,601 = 58,082 \text{ мм.}$$

$$d_{0\max} = d_{0\min} + Td_0 = 58,082 + 1,2 = 59,282 \text{ мм.}$$

Средние размеры для каждого перехода рассчитываются:

$$d_{icc} = \frac{d_{i\max} + d_{i\min}}{2}. \quad (2.14)$$

$$d_{cp0} = \frac{d_{0\max} + d_{0\min}}{2} = \frac{59,282 + 58,082}{2} = 58,682 \text{ мм.}$$

$$d_{cp1} = \frac{d_{1\max} + d_{1\min}}{2} = \frac{57,18 + 56,88}{2} = 57,03 \text{ мм.}$$

$$d_{cp2} = \frac{d_{2\max} + d_{2\min}}{2} = \frac{56,016 + 56,004}{2} = 56,01 \text{ мм.}$$

$$d_{cpTO} = \frac{d_{TO\max} + d_{TO\min}}{2} = \frac{56,06 + 55,9}{2} = 55,98 \text{ мм.}$$

$$d_{cp3} = \frac{d_{3\max} + d_{3\min}}{2} = \frac{55,382 + 55,336}{2} = 55,359 \text{ мм.}$$

$$d_{cp4} = \frac{d_{4\max} + d_{4\min}}{2} = \frac{55,021 + 55,002}{2} = 55,012 \text{ мм.}$$

Суммарные припуски для всего маршрута обработки поверхности равны:

$$2z_{\min} = d_{0\min} - d_{4\max}, \quad (2.13)$$

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + Td_0 + Td_4, \quad (2.14)$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (2z_{\min} + 2z_{\max}) \quad (2.15)$$

$$2z_{\min} = 58,082 - 55,021 = 3,061 \text{ мм.}$$

$$2z_{\max} = 3,061 + 1,2 + 0,019 = 4,28 \text{ мм.}$$

$$2z_{cp} = 0,5 \cdot (3,061 + 4,28) = 3,671 \text{ мм.}$$

Для остальных поверхностей припуски на обработку по переходам определяются опытно-статистическим методом [9]. Данный метод менее точный, чем предыдущий, но в условиях среднесерийного производства для относительно неточных поверхностей он является оптимальным.

Припуски на обработку поверхностей 1, 13: переход 1 $Z_{\min} = 1,0$ мм, $Z_{\max} = 1,75$ мм; переход 2 $Z_{\min} = 0,25$ мм, $Z_{\max} = 0,46$ мм.

Припуски на обработку поверхности 3: переход 1 $Z_{\min} = 0,75$ мм, $Z_{\max} = 1,55$ мм; переход 2 $Z_{\min} = 0,23$ мм, $Z_{\max} = 0,44$ мм.

Припуски на обработку поверхности 4: переход 1 $Z_{\min} = 0,6$ мм, $Z_{\max} = 1,29$ мм; переход 2 $Z_{\min} = 0,3$ мм, $Z_{\max} = 0,44$ мм; переход 3 $Z_{\min} = 0,18$ мм, $Z_{\max} = 0,27$ мм; переход 4 $Z_{\min} = 0,08$ мм, $Z_{\max} = 0,17$ мм.

Припуски на обработку поверхности 10: переход 1 $Z_{\min} = 0,6$ мм, $Z_{\max} = 1,325$ мм; переход 2 $Z_{\min} = 0,1$ мм, $Z_{\max} = 0,275$ мм.

Припуски на обработку поверхности 17: переход 1 $Z_{\min} = 0,6$ мм, $Z_{\max} = 1,325$ мм; переход 2 $Z_{\min} = 0,1$ мм, $Z_{\max} = 0,275$ мм; переход 3 $Z_{\min} = 0,15$ мм, $Z_{\max} = 0,231$ мм.

Припуски на обработку поверхности 20: переход 1 $Z_{\min} = 0,5$ мм, $Z_{\max} = 1,205$ мм; переход 2 $Z_{\min} = 0,3$ мм, $Z_{\max} = 0,474$ мм.

Припуски на обработку поверхности 21: переход 1 $Z_{\min} = 0,55$ мм, $Z_{\max} = 0,725$ мм; переход 2 $Z_{\min} = 0,1$ мм, $Z_{\max} = 0,275$ мм; переход 3 $Z_{\min} = 0,125$ мм, $Z_{\max} = 0,195$ мм; переход 4 $Z_{\min} = 0,03$ мм, $Z_{\max} = 0,058$ мм.

Припуски на обработку поверхности 25: переход 1 $Z_{\min} = 1,0$ мм, $Z_{\max} = 1,705$ мм; переход 2 $Z_{\min} = 0,25$ мм, $Z_{\max} = 0,397$ мм.

После определения припуска на обработку для всех поверхностей определяем следующие параметры заготовки: класс точности, группу стали, степень сложности, исходный индекс, допуски, уклоны, радиусы закруглений, значение остаточного облоя, отклонения формы и расположения поверхностей. Все перечисленные параметры представлены на соответствующем листе графической части.

2.3 Проектирование маршрута изготовления детали

Формирование маршрута изготовления детали производится на основе выбранных ранее методов обработки поверхностей. При формировании технологического маршрута следует использовать типовые технологические маршруты [10], которые позволят наиболее оптимально сформировать операции. Также следует учитывать, что в среднесерийном производстве следует применять максимальную концентрацию переходов, соблюдать основные принципы базирования. Следует учесть наличие в технологическом маршруте термической операции, которую нужно поместить между операциями лезвийной и абразивной обработки.

Получим следующий технологический маршрут обработки шестерни:

- 1) операция 005 Токарная, обрабатываемые поверхности 1, 3, 7, 10, 13, 17, 18, 20, 21, 25;
- 2) операция 010 Токарная, обрабатываемые поверхности 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25;
- 3) операция 015 Долбежная, обрабатываемые поверхности 15, 16;
- 4) операция 020 Зубодолбежная, обрабатываемые поверхности 4, 26;
- 5) операция 025 Зубофасочная, обрабатываются боковые поверхности зубьев;
- 6) операция 030 Шевинговальная, обрабатываемая поверхность 4;
- 7) операция 035 Термическая, термической обработке подвергаются все поверхности;
- 8) операция 040 Круглошлифовальная, обрабатываемая поверхность 7;
- 9) операция 045 Внутришлифовальная, обрабатываемые поверхности 17, 21;
- 10) операция 050 Круглошлифовальная, обрабатываемая поверхность 7;
- 11) операция 055 Внутришлифовальная, обрабатываемая поверхность 21;
- 12) операция 060 Зубошлифовальная, обрабатываемая поверхность 4;
- 13) операция 065 Зубошлифовальная, обрабатываемая поверхность 4;
- 14) операция 070 Моечная, мойке подвергаются все поверхности;
- 15) операция 075 Контрольная, контролю подвергаются поверхности согласно карте контроля.

2.4 Выбор средств оснащения техпроцесса

Средства технологического оснащения выбираются исходя из серийности производства, конструктивных особенностей детали и маршрута изготовления детали. Каждый из этих факторов влияет на тип, габариты и конструктивные особенности средств оснащения. Выбор конкретных марок и моделей производится по соответствующим каталогам и справочникам [11, 12, 13, 14, 15].

Полученные результаты выбора средств оснащения для каждой операции представлены ниже.

Операция 005 Токарная: станок токарно-винторезный 16К20Ф3; технологическая оснастка патрон трехкулачковый ГОСТ2675-80; режущий инструмент резец контурный ГОСТ18879-73 Т5К10; мерительный инструмент 166-89.

Операция 010 Токарная: станок токарно-винторезный 16К20Ф3; технологическая оснастка патрон трехкулачковый ГОСТ2675-80; режущий инструмент резец контурный ГОСТ18879-73 Т30К4, резец канавочный ГОСТ 18879-73 Т5К10; мерительный инструмент микрометр МК-80 ГОСТ6507-90, нутромер НМ-50 ГОСТ10-88.

Операция 015 Долбежная: станок долбежный 7А412; технологическая ; режущий инструмент оснастка установочные штыри ГОСТ4743-83, приспособление специальное; режущий инструмент долбяк ГОСТ10046-82 Р6М5; мерительный инструмент шаблон.

Операция 020 Зубодолбежная: станок зубодолбежный 5140; технологическая оснастка установочные штыри ГОСТ4743-83, приспособление специальное; режущий инструмент долбяк зуборезный ГОСТ9323-80 Р18; мерительный инструмент шаблон.

Операция 025 Зубофасочная: станок зубофасочный ВС-320А; технологическая оснастка установочные штыри ГОСТ4743-83, патрон поводковый ГОСТ2571-71; режущий инструмент фреза специальная Р6М5; мерительный инструмент шаблон.

Операция 030 Шевинговальная: станок зубошевинговальный 5715; технологическая оснастка установочные штыри ГОСТ4743-83, патрон поводковый ГОСТ2571-71; режущий инструмент шевер дисковый Ø180 ГОСТ8570-75 Р18; мерительный инструмент шаблон.

Операция 040 Круглошлифовальная: станок круглошлифовальный 3А161; технологическая оснастка установочные штыри ГОСТ4743-83, патрон мембранный специальный; режущий инструмент круг шлифовальный 1-

500x45x305 23A46N8V 30м/с1А ГОСТ52781-2007; мерительный инструмент скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.

Операция 045 Внутришлифовальная: станок внутришлифовальный 3К228Б; технологическая оснастка установочные штыри ГОСТ4743-83, патрон мембранный специальный; режущий инструмент круг шлифовальный 1-32x40x10 23A46N8V 30м/с1А ГОСТ52781-2007; мерительный инструмент скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.

Операция 050 Круглошлифовальная: станок круглошлифовальный 3А161; технологическая оснастка установочные штыри ГОСТ4743-83, патрон мембранный специальный; режущий инструмент круг шлифовальный 1-500x45x305 24А60М5V 30м/с1А ГОСТ52781-2007; мерительный инструмент скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.

Операция 055 Внутришлифовальная: станок внутришлифовальный 3К228Б; технологическая оснастка установочные штыри ГОСТ4743-83, патрон мембранный специальный; режущий инструмент круг шлифовальный 1-32x40x10 24А60М5V 30м/с1А ГОСТ52781-2007; мерительный инструмент скоба рычажная СР ГОСТ11098-75.

Операция 060 Зубошлифовальная: станок зубошлифовальный 5В832; технологическая оснастка установочные штыри ГОСТ4743-83, патрон мембранный специальный; режущий инструмент круг шлифовальный 3-80x10x20 24А80М5V 30м/с1А ГОСТ52781-2007; мерительный инструмент шаблон.

Операция 065 Зубошлифовальная: станок зубошлифовальный 5В832; технологическая оснастка установочные штыри ГОСТ4743-83, патрон мембранный специальный; режущий инструмент круг шлифовальный 3-80x10x20 25А90К5V 30м/с1А ГОСТ52781-2007; мерительный инструмент шаблон.

2.5 Определение режимов резания

Режимы выполнения операций технологического процесса определяются исходя из марки обрабатываемого материала, марки

инструментального материала и возможностей технологического оборудования. В данном случае воспользуемся рекомендациями по расчету режимов резания [16], а нормирование операций произведем с использованием данных [17].

Таблица 2.1 – Режимы резания и нормирование технологических операций

Переход	S_o , мм/об	V , м/мин	n , об/мин	L_{px} , мм	T_o , мин
1	2	3	4	5	6
Операция 005, установ А					
1	0,3	236	1250	65	0,17
2	0,3	236	1250	23	0,06
Операция 005, установ Б					
3	0,3	236	1250	52	0,14
4	0,3	236	1250	56	0,15
Операция 010, установ А					
1	0,1	301	1600	65	0,41
2	0,1	301	1600	5	0,04
3	0,1	301	1600	23	0,15
Операция 010, установ Б					
4	0,1	301	1600	52	0,33
5	0,1	301	1600	5	0,04
6	0,1	301	1600	56	0,34
Операция 015					
1	0,25	20	100	22	0,58
Операция 020					
1	0,3	25	250	22	0,8
Операция 025					
1	0,3	35	600	22	0,53
Операция 030					

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6
1	120	12	260	22	0,92
Операция 040					
1	0,013	26	368	25	0,65
Операция 045, установ А					
1	0,009	26	300	21	0,82
Операция 045, установ Б					
2	0,009	26	300	30	0,89
Операция 050					
1	0,008	30	368	22	0,87
Операция 055					
1	0,003	30	300	30	1,06
Операция 060					
1	0,01	250	1500	21	0,95
Операция 065					
1	0,008	250	1500	21	1,12

Результаты определения режимов резания представлены в технологической документации и технологических наладках.

3 Проектирование специальных средств оснащения

3.1 Проектирование станочного приспособления

В базовом технологическом процессе для операции окончательного наружного шлифования поверхности $55k6^{(+0,021/+0,002)}$ предполагается использовать станочное приспособление, которое не реализует теоретическую схему базирования, что приводит к появлению дополнительной погрешности при обработке и увеличению припусков на обработку. Трудность реализации принятой на операции схемы базирования заключается в необходимости произвести базирование и закрепление за эвольвентные поверхности зубьев. Реализация такой схемы возможна только при использовании в качестве установочных элементов роликов [18]. Расчет данного приспособления проводится с использованием методики проектирования и данных [19].

Эффективная мощность резания для операции шлифования:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q, \quad (3.1)$$

где C_N , r , x , y , q – показатели, характеризующие условия шлифования;

v_3 – скорость вращения обрабатываемой заготовки, м/мин;

t – глубина резания при шлифовании, мм;

S –подача мм/об;

d – диаметр обработки, мм.

$$N = 0,36 \cdot 30^{0,35} \cdot 0,01^{0,4} \cdot 1,0^{0,4} \cdot 55^{0,3} = 1,1 \text{ кВт.}$$

Силы, возникающие при шлифовании равны:

$$P_z = \frac{N \cdot 102 \cdot 60}{21} K_{Pz}, \quad (3.2)$$

где K_{PZ} - коэффициент, учитывающий влияние условий при шлифовании на составляющую силы резания P_z .

$$P_y = (3 \dots 1,8) \cdot P_z \cdot K_{PY}, \quad (3.3)$$

где K_{PY} - коэффициент, учитывающий влияние условий при шлифовании на составляющую силы резания P_y .

$$P_z = \frac{1,1 \cdot 102 \cdot 60}{21} \cdot 1,25 = 321 \text{ Н.}$$

$$P_y = (3 \dots 1,8) \cdot 321 \cdot 1,25 = 642 \text{ Н.}$$

Определяем параметры установочного ролика.

Диаметр:

$$d = 2 \cdot r_0 \cdot \tan(\gamma + \alpha_2) - r_2 \cdot \sin \alpha_2, \quad (3.4)$$

где r_0 – радиус основной окружности, мм;

γ – угол контакта, рад;

α_2 – угол смещения, рад;

r_2 – расстояние от оси до точки контакта, мм.

$$r_0 = r_g \cdot \cos \alpha_1, \quad (3.5)$$

где r_g – радиус делительной окружности, мм;

α_1 – угол зацепления, град.

$$r_0 = 28,5 \cdot \cos 20^\circ = 26,781 \text{ мм.}$$

$$r_2 = r_g - 0,3 \cdot m, \quad (3.6)$$

где r_e – радиус выступов, мм;

m – модуль, мм.

$$r_2 = 29,44 - 0,3 \cdot 1,5 = 28,99 \text{ мм.}$$

Угол α_2 определяется из соотношения:

$$\cos \alpha_2 = \frac{r_0}{r_2}. \quad (3.7)$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{26,781}{28,99} = 0,924; \quad \alpha_2 = 0,475 \text{ рад.}$$

Угол γ определяется из уравнения:

$$\gamma = \frac{\pi}{z} - \left(\frac{s}{2r_d} + \theta_1 \right) + \theta_2, \quad (3.8)$$

где z – число зубьев;

s – толщина зуба по дуге делительной окружности, мм;

θ_1, θ_2 – углы эвольвенты, рад.

$$\theta_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 - \alpha_1, \quad (3.9)$$

$$\theta_2 = \operatorname{tg} \alpha_2 - \alpha_2. \quad (3.10)$$

$$\theta_1 = \operatorname{tg} 0,349 - 0,349 = 0,0149 \text{ рад.}$$

$$\theta_2 = \operatorname{tg} 0,475 - 0,475 = 0,039196 \text{ рад.}$$

$$\gamma = \frac{\pi}{38} - \left(\frac{\pi \cdot 28,5}{2 \cdot 9,5 \cdot 28,5} + 0,0149 \right) + 0,039196 = 0,09259 \text{ рад.}$$

$$d = 2 \cdot \left[6,781 \cdot \operatorname{tg} 0,09259 + 0,4750 \right] - 28,99 \cdot \sin 0,475 = 9,87 \text{ мм.}$$

Принимаем ближайшее стандартное большее значение диаметра ролика равное 10 мм.

Выполним проверку на отсутствие кромочного касания.

Расстояние от оси ролика до оси патрона:

$$L = \frac{r_0}{\cos \alpha_3}, \quad (3.11)$$

где α_3 – угол между осью ролика и точкой контакта, рад.

Радиус точки контакта:

$$r_2 = \sqrt{\left(L \cdot \sin \alpha_3 - \frac{d}{2}\right)^2 + r_0^2}. \quad (3.12)$$

Угол α_3 определяется:

$$\alpha_3 = \frac{s}{2 \cdot r_0} + \theta_1 + \frac{d}{2 \cdot r_0} - \frac{\pi}{z}. \quad (3.13)$$

$$\alpha_3 = \frac{\pi \cdot 28,5}{2 \cdot 9,5 \cdot 28,5} + 0,0149 + \frac{10}{2 \cdot 26,781} - \frac{\pi}{38} = 0,069987 \text{ рад.}$$

$$L = \frac{26,781}{\cos 0,069987} = 29,77 \text{ мм.}$$

$$r_2 = \sqrt{\left(29,77 \cdot \sin 0,069987 - \frac{10}{2}\right)^2 + 26,781^2} = 28,91 \text{ мм.}$$

Расчетная величина радиуса точки контакта меньше, чем радиус выступов, это говорит об отсутствии кромочного контакта.

В качестве зажимного элемента используем мембрану.

Для ее расчета определим радиальную силу на кулачке:

$$Q = \frac{k \cdot M_p}{n \cdot f \cdot b}, \quad (3.14)$$

где M_p – момент, возникающий в процессе обработки, Н м;

n – число роликов;

f – коэффициент трения в месте контакта поверхностей заготовки с роликом;

k – коэффициент запаса.

$$Q = \frac{1,5 \cdot 6355}{3 \cdot 0,15 \cdot 3,6} = 5884 \text{ Н.}$$

Изгибающий момент на мембране:

$$M_{изг} = \frac{Q \cdot n \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot b}, \quad (3.15)$$

где l – расстояние от середины роликов до средней плоскости мембраны, мм.

$$M_{изг} = \frac{5884 \cdot 3 \cdot 50}{2 \cdot \pi \cdot 3,6} = 156 \text{ Н мм.}$$

Момент, создаваемый при закреплении, составляет 90,5 Н мм.

Жесткость мембраны должна составлять:

$$D = \frac{E \cdot h}{12 \cdot \mu^2}, \quad (3.16)$$

где E – модуль упругости, МПа;

h – толщина мембраны, мм.

$$D = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,7}{12 \cdot 0,3^2} = 13462 \text{ Н мм.}$$

Ролики должны расходиться на угол:

$$\varphi = \frac{M_3 \cdot b}{D \cdot \left(+ \mu \right)}, \quad (3.17)$$

где b – радиус поверхности закрепления, мм.

$$\varphi = \frac{90,5 \cdot 3,6}{13462 \cdot \left(+ 0,3 \right)} = 0,0186 \text{ рад.}$$

Максимальный угол разжима:

$$\varphi' = \varphi + \frac{\delta}{2 \cdot l} + \frac{\Delta}{2 \cdot l}, \quad (3.18)$$

где δ – допуск базовой поверхности, мм;

Δ – зазор для вставки заготовки в ролики, мм.

$$\varphi' = 0,0186 + \frac{0,025}{2 \cdot 5} + \frac{0,35}{2 \cdot 5} = 0,0561 \text{ рад.}$$

Усилие, которое должно быть приложено к штоку для деформации мембраны:

$$P = \frac{4 \cdot \pi \cdot D \cdot \varphi'}{2,3 \cdot \lg \frac{a}{b}}, \quad (3.19)$$

где a – радиус мембраны, мм.

$$P = \frac{4 \cdot \pi \cdot 13462 \cdot 0,0561}{2,3 \cdot \lg \frac{1,1}{3,6}} = 8506 \text{ Н.}$$

Напряжение, возникающее в мембране:

$$\sigma_2 = \frac{3 \cdot P \cdot \left(+ \mu \right)}{2 \cdot \pi \cdot h^2} \cdot \left(\ln \frac{a}{r_0} + \frac{r_0^2}{4 \cdot a^2} \right). \quad (3.20)$$

$$\sigma_2 = \frac{3 \cdot 8506 \cdot \left(\frac{1}{0,3} + \frac{0,3^2}{4 \cdot 11^2} \right)}{2 \cdot \pi \cdot 0,7^2} = 10778 \text{ МПа.}$$

Исходя из этого напряжения, производим подбор материала мембраны.

Определим диаметр поршня пневмоцилиндра для создания необходимого усилия на штоке.

$$D_{пор} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (3.21)$$

где P – давление воздуха в системе, МПа.

$$D_{пор} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{5884}{0,4}} = 145 \text{ мм.}$$

Для определения точности приспособления воспользуемся формулой:

$$\varepsilon_{ПП} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} + \varepsilon_{н.з.}, \quad (3.22)$$

где ε_6 – погрешность от несовпадения баз, мм;

ε_3 – погрешность от сил закрепления, мм;

$\varepsilon_{н.з.}$ – погрешность закрепления, мм.

$$\varepsilon_{нз} = \sqrt{\varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{pn}^2}, \quad (3.23)$$

где $\varepsilon_{уст}$ – погрешность при установке патрона на выходном конце шпинделя, мм;

ε_{pn} – погрешность от биения ролика, мм.

$$\varepsilon_{нз} = \sqrt{0^2 + 0,003^2} = 0,003 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{ПП} = \sqrt{0^2 + 0^2} + 0,003 = 0,003 \text{ мм.}$$

Конструкция спроектированного мембранного патрона представлена на соответствующем листе графической части.

3.2 Проектирование режущего инструмента

В данном технологическом процессе на операции окончательного шлифования шейки диаметра $55k6^{(+0,021/+0,002)}$ с параметром шероховатости $Ra=0,8$ мкм используется шлифовальный круг 1-500x45x305 из электрокорунда 24А. Основным недостатком данного круга является высокая температура в зоне резания, что приводит к перегреву обрабатываемой поверхности и как следствие этого потере точности обработки, невыполнению параметра требуемой шероховатости, а в наиболее тяжелых случаях к появлению прижогов. Спроектируем круг, который позволит изменить температурный режим в зоне резания за счет изменения конструкции круга. Расчет круга проведем по методике [20].

Определяем объем связующего материала V_{CB} в структуре круга. Исходим из того, что структура круга на финишных операциях должна быть средней с объемом режущих зерен $V_{ЗЕР} = 46\%$.

$$V_{CB} = -11,5 + 1,5N + 2n, \quad (3.24)$$

где N – номер твердости;

n – номер структуры.

$$V_{CB} = -11,5 + 1,5 \cdot 6 + 2 \cdot 5 = 7,5\% .$$

Поры составят:

$$V_{ПОР} = 49,5 - 1,5 \cdot N, \quad (3.25)$$

$$V_{ПОР} = 49,5 - 1,5 \cdot 6 = 40,5\% .$$

В качестве материала связки выбираем плавящуюся керамическую связку на основе борного стекла. Такая связка наиболее эффективна в заданных условиях.

Получаем круг с характеристиками: 1-500x45x305 24A60M5V 30м/с1А.

Круг должен иметь напряжение на разрыв $\sigma_B = 5 - 25$ МПа, напряжение на изгиб $\sigma_{изг} = 10 - 35$ МПа, напряжение на сжатие $\sigma_{сж} = 25 - 110$ МПа. Для проверки круга на обеспечение запаса прочности в 2,25 раза его необходимо испытать на скорости в 1,5 раза большей, чем рабочая скорость.

Для улучшения температурного режима принимаем конструкцию круга по данным [21]. Принятая конструкция шлифовального круга сборная. Круг содержит план-шайбу, выполненную из мягкого материала с целью предотвращения разрушения абразивных сегментов при их присоединении. К план-шайбе крепятся абразивные сегменты из выбранного ранее материала. Закрепление производится при помощи винтов, в конструкции которых предусмотрены каналы для подвода смазочно-охлаждающей жидкости, что обеспечивает ее попадание непосредственно в зону резания.

Более подробно конструкция шлифовального круга представлена на соответствующем листе графической части.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

Для выполнения оценки безопасности и экологичности проектируемого технологического процесса изготовления шестерни фрезерной головки воспользуемся данными и методикой [22].

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

Основные характеристики технологического процесса изготовления шестерни фрезерной головки приведены в таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Технологический процесс изготовления шестерни фрезерной головки	Токарная операция	Оператор станков с числовым управлением	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3	Сталь 20Х ГОСТ 4543-71, смазочно-охлаждающая жидкость «Gazpromneft Cutfluid Synthetic», ветошь
	Шлифовальная операция	Шлифовщик	Станок внутришлифовальный 3К228Б	

4.2 Идентификация профессиональных рисков

В таблице 4.2 приведены результаты идентификации основных профессиональных рисков, действующих при изготовлении шестерни фрезерной головки.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
1	2	3
Токарная операция, шлифовальная операция	Движущиеся части технологического оборудования и средств оснащения, перемещаемые заготовки, отлетающая стружка	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К228Б, инструмент, приспособления
	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Заготовка, инструмент, приспособления
	Повышенный уровень вибрации	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К228Б, инструмент, приспособления, внутрицеховой транспорт
	Повышенный уровень шума	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
		внутришлифовальный 3К228Б, инструмент, приспособления, внутрицеховой транспорт
	Высокое напряжение электрического тока	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К228Б
	Повышенная температура поверхности оборудования, заготовки и материалов	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К228Б, инструмент, приспособления
	Пары и аэрозоли смазочно-охлаждающей жидкости	Смазочно-охлаждающая жидкость «Gazpromneft Cutfluid Synthetic»
	Монотонность труда	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный 3К228Б, инструмент, приспособления

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Методы и технические средства, направленные на снижение профессиональных рисков, возникающих в ходе выполнения технологического процесса изготовления шестерни сведены в таблицу 4.3.

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

Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и/или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работающего
1	2	3
Движущиеся части технологического оборудования и средств оснащения, перемещаемые заготовки, отлетающая стружка	Инструктаж и обучение по охране труда, применение защитных устройств в виде экранов, ограждений, и средств автоматического выключения	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из смесовых тканей, ботинки кожаные с жестким подноском, открытые защитные очки, перчатки трикотажные с полимерным покрытием
Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктаж и обучение по охране труда, скругление кромок и зачистка заусенцев слесарным инструментом	Перчатки трикотажные с полимерным покрытием
Повышенный уровень вибрации	Инструктаж и обучение по охране труда, применение виброгасящих опор для	Применение специальной виброгасящей

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
	установки оборудования	подкладки в обуви
Повышенный уровень шума	Инструктаж и обучение по охране труда, применение звукопоглощающих и звукоотражающих кожухов, глушителей, экранов	Вкладыши противошумные
Высокое напряжение электрического тока	Инструктаж и обучение по охране труда, заземление и зануление оборудования, изоляция токоведущих частей, автоматическое отключение оборудования	Диэлектрический коврик
Повышенная температура поверхности оборудования, заготовки и материалов	Инструктаж и обучение по охране труда, применение смазочно-охлаждающей жидкости	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из смесовых тканей, ботинки кожаные с жестким подноском, открытые защитные очки, перчатки трикотажные с полимерным покрытием
Пары и аэрозоли смазочно-охлаждающей жидкости	Инструктаж и обучение по охране труда, использование малотоксичных смазочно-охлаждающих жидкостей,	Костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3
	использование местной приточно-вытяжной вентиляции	воздействий из смесовых тканей, ботинки кожаные с жестким подноском, открытые защитные очки, перчатки трикотажные с полимерным покрытием
Монотонность труда	Инструктаж и обучение по охране труда, соблюдение режима труда и отдыха	

4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Класс пожара, возникновение которого возможно при изготовлении шестерни, а также возможные опасные факторы пожара и комплекс мероприятий по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблицах 4.4 – 4.6.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5
Участок изготовления шестерни фрезерной головки	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутришлифовальный	Пожары категории В, воспламенение и горение веществ в жидком состоянии и	Пламя, искры; тепловой поток; повышенная температура; высокая	Осколки и части от разрушения технологического оборудования; повреждение электроизоляции на оборудовании под

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
	ЗК228Б	твердых веществ способных плавиться	концентрация токсичных веществ в воздухе; низкая концентрация кислорода; ухудшение видимости	напряжением; воздействие средств тушения пожара; возможные взрывы

Таблица 4.5 – Технические средства пожарной безопасности

Первичные средства пожаротуше- ния	Мобильные средства пожаротуше- ния	Стационар- ные установки системы пожаротуш- ения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудован- ие	Средства индивидуаль- ной защиты и спасения людей при пожаре
Огнетушители, ящики с песком, пожарные щиты	Пожарные автомобили и лестницы	Система автоматического пенного пожаротушения	Технические средства оповещения и управления эвакуацией, приборы приемно-контрольные	Разветвленная для рукавов рукава, пожарные гидранты	Респираторы, пожарные веревки, противогазы

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

Наименование технологического процесса, используемого применяемого оборудования, в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Технологический процесс изготовления шестерни фрезерной головки	Организация пожарной охраны, разработка инструкций и обучение действиям персонала при пожаре, размещение средств противопожарной агитации	Использование пожарной сигнализации и пожарных извещателей, обеспечение средствами пожаротушения, обеспечение безопасности проведения огневых работ

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Для оценки экологической безопасности проектируемого технологического процесса изготовления шестерни проводим анализ экологических факторов и разработку мероприятий по снижению воздействия технологического процесса на окружающую среду. Результаты представлены в таблицах 4.7, 4.8.

Таблица 4.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производствен но- технологическ ого техпроцесса	Структурные составляющие объекта производственно- технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образование сточных вод, забор воды из источников водоснабжения)	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра), образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Технологический процесс изготовления шестерни фрезерной головки	Станок токарно-винторезный 16К20Ф3, станок внутрифовальный 3К228Б	Взвешенные частицы металлической пыли, аэрозоль смазочно-охлаждающей жидкости	Нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость, стружка и другие твердые вещества	Металлолом, стружка, ветошь, нефтепродукты, смазочно-охлаждающая жидкость

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

Наименование технического объекта	Технологический процесс изготовления шестерни фрезерной головки
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Использование модульной фильтрации воздуха перед выбросом в атмосферу
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Использование ступенчатой системы очистки воды
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Соблюдение регламентированных процедур, связанных с обращением с отходами производства.

4.6 Заключение по разделу

Выполнение раздела позволило провести анализ опасных и вредных факторов, возникающих на участке по изготовлению шестерни фрезерной головки, разработать комплекс мер по снижению и исключению выявленных факторов на работников производства. Так же проведены анализ и разработаны меры по снижению пожарной опасности на участке по изготовлению шестерни и меры по сохранению экологии и окружающей среды.

5 Экономическая эффективность работы

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

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

- 005 токарной, здесь заменили резец контурный, Т5К10 на резец контурный со стружколомом, Т5К10. Данное совершенствование привело к уменьшению основного времени примерно на 37%;
- 025 зубодолбежной, здесь заменили оправку с ручным зажимом на оправку цанговую с механическим зажимом. Данное совершенствование привело к уменьшению вспомогательного времени примерно на 58%.

Учитывая описанные изменения, по методике «Расчета капитальных вложений в основное технологическое оборудование» [23], определим капитальные вложения в проектируемый вариант технологического процесса, которые будут учитывать:

- затраты на проектирование совершенствований технологического процесса,
- затраты на инструменты для операции 005,
- затраты на приспособление для операции 025,
- и объем незавершенного производства, т.к. на операциях применяется оборудование с числовым программным управлением.

Сложив полученные величины, будут определены общие капитальные вложения, равные сумме 59310,85 рублей, которые предназначены только для выполнения заданной программы выпуска детали «Шестерня» в объеме 5000 штук.

Для проведения экономического сравнения описанных вариантов, также, необходимо определить себестоимость изготовления детали

«Шестерня» по описанным операциям, с применением методики «Расчет технологической себестоимости изменяющихся по вариантам операций» [23]. Обычно технологическая себестоимость складывается из четырех показателей:

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

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

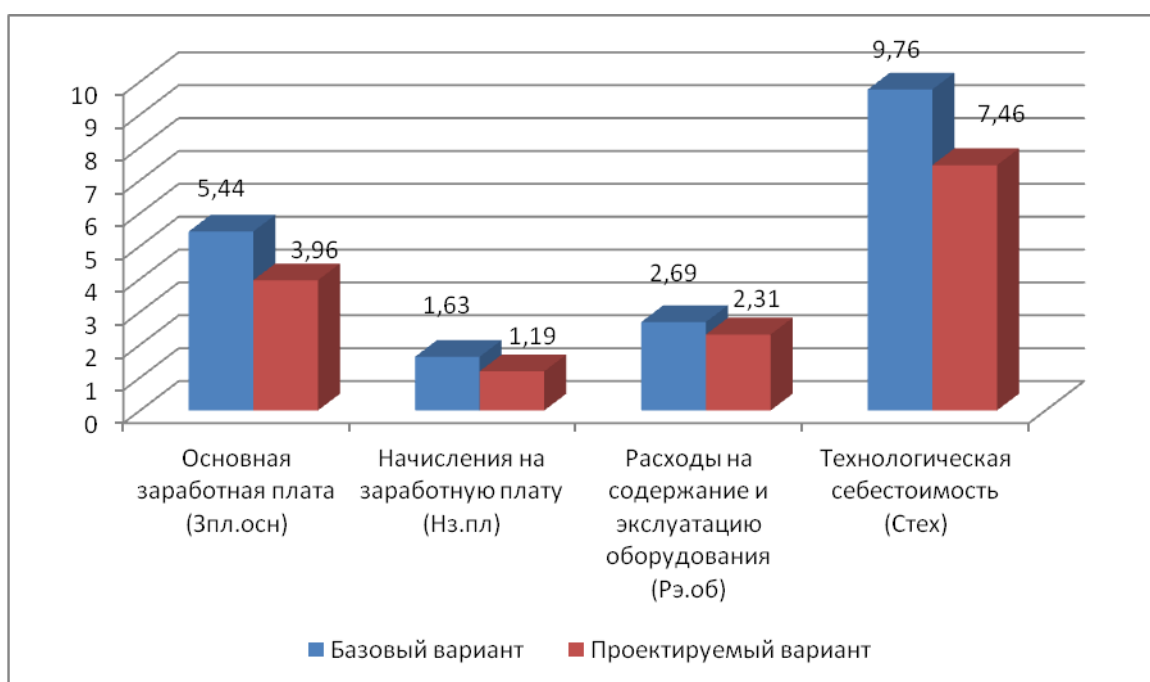


Рисунок 5.1 – Технологическая себестоимость детали «Шестерня», по изменяющимся операциям, и ее составные элементы, руб.

Анализируя представленные значения, можно сделать вывод о том, что по всем параметрам в проектируемом варианте произошло уменьшение, в

среднем примерно на 22,8%. Эти изменения привели к снижению всей технологической себестоимости на 2,29 рублей, что составило 23,5%.

Знание величины технологической себестоимости, необходимо для определения величин:

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

Для определения всех указанных величин используется методика «Калькуляция себестоимости обработки» [23], благодаря которой полная себестоимость ($C_{полн}$) по базовому варианту составляет 29,65 рублей, а по проектируемому – 21,95 рублей. Полученные значения, также свидетельствуют о снижении рассчитываемых величин. Разница между сравниваемыми вариантами составляет 7,69 рублей с единицы изделия или 25%. Однако при сравнении изменений величин технологической и полной себестоимости, изменение последней увеличилось, это может быть связано с тем, что на определенном этапе произошло уменьшение управленческих расходов.

Далее, учитывая методику «Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта» [23], рассчитаем ряд основополагающих экономических показателей, таких как:

- чистая прибыль ($P_{чист}$), которая составит 30800 рублей;
- срок окупаемости ($T_{ок}$), который составит 3 года;
- чистый дисконтируемый доход ($ЧДД$), величина которого равна 11036,35 рублей.

Последний из представленных показателей, позволяет сделать окончательное заключение об экономической целесообразности проектируемого варианта технологического процесса. Если $ЧДД > 0$, то проект считается эффективным и его рекомендуется внедрять, если $ЧДД < 0$, то проект не эффективен и деньги рекомендуют вкладывать в банк.

Предложенные совершенствования технологического процесса изготовления детали «Шестерня» позволяют получить положительную величину чистого дисконтируемого дохода, что делает его экономически эффективным, поэтому после вложения денежных средств в совершенствование технологического процесса, предприятие получит прибыль в размере 1,19 рублей на каждый вложенный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы выбран метод получения заготовки, проведены расчеты припусков на обработку, определены характеристики заготовки и проведено ее проектирование.

Далее были определены методы обработки поверхностей, сгенерирован маршрут обработки детали, выбраны оборудование и другие средства оснащения техпроцесса, произведены расчеты режимов резания и норм времени на выполнение технологических операций. На основании этих данных была получена технологическая документация.

Для операции финишного шлифования шейки шестерни спроектированы специальные приспособление, которое позволило реализовать теоретическую схему базирования и инструмент, улучшающий температурный режим обработки. Эти технические решения позволили сократить количество брака на данной операции и уменьшить время ее выполнения, что по расчетам позволило получить экономический эффект.

В заключительной части работы оценена безопасность выполнения предлагаемого техпроцесса изготовления шестерни фрезерной головки и экономические показатели от его внедрения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология машиностроения: учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / Л.В. Лебедев [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. ; гриф УМО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. - 620 с.

2. Химический состав и физико-механические свойства стали 20Х [Электронный ресурс]. – URL: http://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/20X (дата обращения: 03.05.2019).

3. Схиртладзе, А.Г. Проектирование и производство заготовок : учеб. для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин, А.В. Макаров. – 3-е изд., перераб. и доп. ; Гриф УМО. – Старый Оскол. : ТНТ, 2009. – 447 с.

4. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков [и др.]. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. - 387 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/545572> (дата обращения: 16.05.2019).

5. Меринов, В.П. Технология изготовления деталей: курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности "Технология машиностроения" направления подготовки "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" / В.П. Меринов, А.М. Козлов, А.Г. Схиртладзе ; 4-е изд., перераб. и доп. - гриф МО. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. - 263 с.

6. Клименков, С.С. Проектирование заготовок в машиностроении: практикум: учеб. пособие / С.С. Клименков. – Москва. : ИНФРА-М, 2013. - 269 с. [Электронный ресурс] – URL: <https://e.lanbook.com/book/37101> (дата обращения: 16.05.2019).

7. Технология машиностроения: курсов. проектирование и диплом. проектирование: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности 15.05.01 "Проектирование технол. машин и комплексов" и направлению подготовки 15.03.05 "Конструкторско-технол. обеспечение машиностр. пр-в" (бакалавриат) / М. Ф. Пашкевич [и др.]. - Старый Оскол. : ТНТ, 2015. - 443 с.

8. 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.

9. 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.

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

11. 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.

12. Мещерякова, В.Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В.Б. Мещерякова, В.С. Стародубов. – Москва. : ИНФРА-М, 2017. – 336 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/881108> (дата обращения: 26.05.2019).

13. Иванов, В. П. Оборудование и оснастка промышленного предприятия: учеб. для студентов вузов по специальности "Оборудование и технологии высокоэффектив. процессов обработки материалов" / В.П. Иванов, А.В. Крыленко. – Минск. : Новое знание, 2016. – 234 с.

14. 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.

15. 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: 26.05.2019).

16. 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. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/60989> (дата обращения: 29.05.2019).

17. Расторгуев, Д.А. Проектирование технологических операций: электрон. учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти. : ТГУ, 2015. - 140 с. [Электронный ресурс] – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/76> (дата обращения: 29.05.2019).

18. Расчет и конструирование станочных приспособлений: учеб. пособие для вузов / А.В. Бобровский [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва. : Славян. шк., 2003. – 200 с.

19. Схиртладзе, А.Г. Станочные приспособления: учеб. пособие для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков. - Гриф МО. – Москва. : Высш. шк., 2001. - 110 с.

20. Солоненко, В.Г. Резание металлов и режущие инструменты: учеб. пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. – Москва. : ИНФРА-М, 2016. - 416 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/549074> (дата обращения: 30.05.2019).

21. 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: 30.05.2019).

22. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти. : Изд-во ТГУ, 2018. – 41 с. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8767> (дата обращения: 02.06.2019).

23. 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: 09.06.2019).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификации к сборочным чертежам

Перв. примен.		Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
									Справ. №
						<u>Документация</u>			
		A1			19.БР.ОТМП.650.65.00.000СБ	Сборочный чертеж			
						<u>Детали</u>			
		A4	1		19.БР.ОТМП.650.65.00.001	Корпус	1		
		A4	2		19.БР.ОТМП.650.65.00.002	Корпус	1		
		A4	3		19.БР.ОТМП.650.65.00.003	Корпус мембраны	1		
		A4	4		19.БР.ОТМП.650.65.00.004	Крышка	1		
		A4	5		19.БР.ОТМП.650.65.00.005	Крышка торцовая	1		
		A4	6		19.БР.ОТМП.650.65.00.006	Крышка цилиндра	1		
		A4	7		19.БР.ОТМП.650.65.00.007	Кулачок	3		
		A4	8		19.БР.ОТМП.650.65.00.008	Мембрана	1		
		A4	9		19.БР.ОТМП.650.65.00.009	Муфта	1		
		A4	10		19.БР.ОТМП.650.65.00.010	Поршень	1		
		A4	11		19.БР.ОТМП.650.65.00.011	Толкатель	1		
		A4	12		19.БР.ОТМП.650.65.00.012	Упор	1		
		A4	13		19.БР.ОТМП.650.65.00.013	Шток	1		
						<u>Стандартные изделия</u>			
			14			Ввертышь ГОСТ11058-72	2		
			15			Ввертышь ГОСТ11058-72	1		
			16			Винт М6х25	4		
						ГОСТ 11871-78			
			17			Винт М6х25	4		
						ГОСТ 11871-69			
						19.БР.ОТМП.650.65.00.000			
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разрад.	Ильин				Лит.	Лист	Листов
		Пров.	Козлов					1	2
		Н.контр.	Егоров				ТГУ, ИМ, зр. МСБЗ-1404		
		Утв.	Логинов				Формат А4		

Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата	
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание					
				<u>Документация</u>							
A1			19.БР.ОТМП.650.70.00.000СБ	Сборочный чертеж							
				<u>Детали</u>							
A4		1	19.БР.ОТМП.650.70.00.001	Абразивный сегмент	12						
A4		2	19.БР.ОТМП.650.70.00.002	Винт специальный	12						
A4		3	19.БР.ОТМП.650.70.00.003	План-шайба	1						
A4		4	19.БР.ОТМП.650.70.00.004	Шайба специальная	12						
			19.БР.ОТМП.650.70.00.000								
Изм. / лист		№ докум.		Подп.		Дата					
Разрад.		Ильин						Лит.		Лист	
Пров.		Козлов								Листов	
										1	
Н.контр.		Егоров						ТГУ, ИМ, гр. МСДЗ-1404			
Утв.		Логинов									
Инв. № подл.								Шлифовальный круг			
								Копировал			
								Формат А4			

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Маршрутные карты

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Операционные карты

